
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

STRATEJİK YÖNETİM İÇİN BULANIK RİSK DEĞERLENDİRME MODELLERİ VE KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Rabia ARIKAN

DOKTORA TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAZİRAN 2014

Rabia ARIKAN tarafından hazırlanan "STRATEJİK YÖNETİM İÇİN BULANIK RİSK DEĞERLENDİRME MODELLERİ VE KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Metin DAĞDEVİREN

Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum. ……

Başkan: Prof. Dr. Mustafa KURT

Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum. ……

Üye: Doç. Dr. Ergün ERASLAN

Endüstri Mühendisliği, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum. ……

Üye: Doç. Dr. Feyzan ARIKAN

Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum. ……

Üye: Doç. Dr. Mehmet KABAK

Endüstri Mühendisliği, Kara Harp Okulu

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum. ……

Tez Savunma Tarihi: 05/06/2014

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

……..

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Rabia ARIKAN

19/06//2014

STRATEJİK YÖNETİM İÇİN BULANIK RİSK DEĞERLENDİRME MODELLERİ VE KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

(Doktora Tezi)

Rabia ARIKAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2014

ÖZET

Son yıllarda stratejik yönetim, iç kontrol, risk yönetimi gibi modern yönetim yaklaşımları, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de önem kazanmıştır. Türkiye'de kamu yönetimi kapsamında bu yeni yaklaşımlarla ilgili en önemli adım Kamu Mali Yönetim ve Kontrol Kanunu ile atılmıştır. Söz konusu Kanun'la genel yönetim çatısı altındaki kurum ve kuruluşlar için risk yönetimini de içeren iç kontrol sisteminin kurulması zorunlu kılınmıştır. Türkiye'deki kamu kurumlarının yeni yasal düzenleme çerçevesinde, uygulamaya geçiş aşamasında bulunduğu risk yönetimi ve değerlendirmesi alanındaki en önemli eksikliklerden biri "standart bir risk değerlendirme metodolojisi olmaması"dır. Bu çalışmanın amacı; standart bir risk değerlendirme metodolojisi olmaması problemine yönelik olarak, stratejik yönetim uygulayan kuruluşlarda uygulanabilecek alternatif risk değerlendirme yöntemlerinin önerilmesi, uygulanması ve sonuçlarının karşılaştırılmasıdır. Çalışmanın amacı doğrultusunda; risk yönetimi ve risk değerlendirme alanında ilgili mevzuat ve literatür taranmış, uluslararası düzeyde kabul gören modeller, standartlar ve dokümanlar incelenmiş, iyi uygulama örnekleri araştırılmıştır. Risk yönetimi ve risk değerlendirme süreçlerinde olası çözüm önerileri tartışılmış ve metot önerileri sunulmuştur. Bu çalışmada önerilen çok ölçütlü karar verme teknikleri ve bulanık teknikler; karmaşık risk değerlendirme probleminin yapısındaki tüm ilişkilerin göz önünde bulundurulması, risklerin ve risklere karşı uygulanacak kontrol faaliyetlerinin belirlenmesi ve bunlara kaynak tahsisi yapılması aşamasında rasyonel kararlar alınabilmesi amacıyla tercih edilmiştir. Bu çerçevede geleneksel risk değerlendirme yöntemine alternatif olarak önerilen analitik ağ süreci, bulanık analitik hiyerarşi prosesi, bulanık analitik ağ süreci ve bulanık kural tabanı yöntemleri ile örnek problem üzerinden risk değerlendirmesi yapılmış, elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Sonuç olarak, söz konusu yöntemlerin risk değerlendirme problemi için güçlü ve zayıf yönleri ortaya konmuş, farklı problem yapıları açısından etkinlikleri değerlendirilmiştir. Bu çalışmada önerilen risk değerlendirme metotlarının, karşılaştırmalı analizlerin ve değerlendirme sonuçlarının; idarelerin risk yönetim sistemi uygulamalarına geçiş sürecinde faydalı olacağı, özellikle mevzuatla netleştirilmeyen boşlukların genel idari teamüller yerine nicel tekniklerle doldurulması açısından katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bilim Kodu : 906.1.121
Anahtar Kelimeler : risk yönetimi, risk değerlendirme, bulanık AHP, bulanık AAS, bulanık kural tabanı
Sayfa Adedi : 123
Danışman : Doç. Dr. Metin DAĞDEVİREN

FUZZY RISK ASSESSMENT MODELS AND COMPARATIVE ANALYSIS FOR STRATEGIC MANAGEMENT

(Ph. D. Thesis)

Rabia ARIKAN

GAZI UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2014

ABSTRACT

In recent years, modern management approaches, such as strategic management, internal control and risk management, have gained importance in Turkey just as in the World. The most important step in the scope of general administration in Turkey regarding those new approaches was The Law of Public Financial Management and Control. By the mentioned law, enforcing internal control system which includes risk management was required for the general administration. One of the most important problems which faced in transition process of risk management and risk assessment for Turkish public sector within the scope of new legislation is “lack of standard risk assessment methodology”. Regarding lack of standard risk assessment methodology; the main purpose of this study is proposing, applying and comparing of alternative risk assessment methods. Within the purpose of the study, literature review has been carried out and international models, standards, documents and best practices have been examined about “risk management” and “risk assessment” terms. Probable solution techniques and alternative methods in risk management and risk assessment process have been presented. Proposed multi-attribute decision making techniques and fuzzy techniques were preferred because of the ability of evaluating all relations in the complex structure of risk assessment problem. Hence, the control activities to be used against the risks would provide a more accurate and cost-effective planning. Within this context, the application of the analytic network process, fuzzy analytic hierarchy process, fuzzy analytic network process and fuzzy rule base techniques on selected problem have been executed respectively and the results have been analyzed comparatively. As conclusion, strengths and weaknesses of mentioned techniques have been stated for risk assessment problem and efficiency of these techniques have been evaluated for different problem structures. Proposed risk assessment methods, comparative analysis and evaluation of results in this study are expected to be useful in the transition process of the risk management system and to contribute in terms of filling the legislation gaps with rather quantitative techniques than general administrative practices.

Science Code : 906.1.121
Key Words : risk management, risk assessment, fuzzy AHP, fuzzy ANP, fuzzy rule base
Page Number : 123
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Metin DAĞDEVİREN

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danışmanım Doç. Dr. Metin DAĞDEVİREN'e, kıymetli tecrübelerinden faydalandığım değerli hocam Prof. Dr. Mustafa KURT'a, burslarıyla beni onurlandıran TÜBİTAK Bilim ve İnsanı Destekleme Daire Başkanlığına, iş hayatıyla eğitimimi bir arada sürdürmemde kolaylık sağlayan yöneticilerime, gösterdikleri iyi niyet ve destekleri için Hazine Müsteşarlığı Strateji Geliştirme Dairesi Eski Başkanı Sn. Mustafa AKMAZ'a, sevgileri ve manevi destekleriyle beni güçlü kılan aileme ve arkadaşlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ x

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xii

RESİMLERİN LİSTESİ xiii

SİMGELER VE KISALTMALAR xiv

1. GİRİŞ 1

2. RİSK YÖNETİMİ VE RİSK DEĞERLENDİRME 5

2.1. Risk 5

2.1.1. Risk nedir? 5

2.1.2. Riske ilişkin kavramlar 6

2.1.3. Risk türleri 7

2.1.4. Risk hiyerarşisi 8

2.2. Risk Yönetimi 8

2.2.1. Risk yönetimi nedir? 8

2.2.2. Riske yönetiminin amacı 10

2.3. Kurumsal Risk Yönetimi 11

2.3.1. Kurumsal risk yönetimi nedir? 11

2.3.2. Kurumsal risk yönetimi modelleri/standartları 12

2.3.3. Kurumsal risk yönetimi süreci 14

2.4. Risk Değerlendirme Teknikleri 17

Sayfa

2.5. Risk Yönetiminin Tarihçesi 20

2.6. Literatür Taraması 21

2.7. Türkiye'de Risk Yönetimi 26

3. YÖNTEMLER 29

3.1. Geleneksel Risk Değerlendirme Yöntemi (Risk Matrisi) 29

3.2. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Analitik Ağ Süreci (AAS) 32

3.3. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) ve Karar Verme 39

3.3.1. Bulanık kümeler ve üyelik fonksiyonları 39

3.4. Bulanık AHP ve Bulanık AAS 42

3.4.1. Bulanık AHP 44

3.4.2. Bulanık AAS 48

3.5. Bulanık Kural Tabanı (Fuzzy Rule Base) 54

3.5.1. Bulanık kural tabanlı sistemlerin temel yapısı 54

3.5.2. Çıkarım mekanizması 55

3.5.3. Bulanık kural tabanlı model ile risk değerlendirme algoritması 57

4. UYGULAMA 61

4.1. Problem 61

4.1.1. Örnek uygulamaya ilişkin risklerin tespit edilmesi 61

4.1.2. Kriter ve alt kriterlerin tespit edilmesi 61

4.2. Geleneksel Risk Değerlendirme Yöntemi (Risk Matrisi) ile Risklerin Değerlendirilmesi 63

4.3. Analitik Analitik Ağ Süreci (AAS) ile Risklerin Değerlendirilmesi 64

4.4. Bulanık AHP ile Risklerin Değerlendirilmesi 69

4.5. Bulanık AAS ile Risklerin Değerlendirilmesi 79

Sayfa

4.5.1. Chang'in derece analizi metodu ile risklerin değerlendirilmesi 79

4.5.2. Mikhailov'un yaklaşımı ile risklerin değerlendirilmesi 85

4.6. Entegre Risk Değerlendirme Metodu Önerisi 90

4.7. Bulanık Kural Tabanı ile Risklerin Değerlendirilmesi 91

5. KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ 101

5.1. Çok Ölçütlü Karar Verme Tekniklerinin Geleneksel Yönteme Üstünlüğü 105

5.2. Bulanık Tekniklerin Kullanımı 106

5.3. Entegre Metot Önerisi 108

5.4. Değişken Sayıları ve Kompleksite 109

5.5. Senaryo Analizi ve Tekrarlanabilirlik 109

6. SONUÇ VE ÖNERİLER 111

KAYNAKLAR 113

ÖZGEÇMİŞ 125

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge		Sayfa
Çizelge 2.1.	Risk Sınıflandırması	7
Çizelge 2.2.	Kurumsal risk yönetimi yaklaşımı ile klasik risk yönetiminin karşılaştırılması	11
Çizelge 2.3.	Nicel ve nitel risk değerlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması	19
Çizelge 3.1.a.	Olasılık değerlendirme tablosu	30
Çizelge 3.1.b.	Etki değerlendirme tablosu	30
Çizelge 3.2.	10x10'luk risk matrisi	31
Çizelge 3.3.	AAS'de kullanılan derecelendirmeler	36
Çizelge 3.4.	Göreceli ağırlık vektörü hesaplama örnek tablosu	36
Çizelge 3.5.	Dilsel değişkenler	59
Çizelge 4.1.	Kriterler ve alt kriterler	62
Çizelge 4.2.	Risk kaydı	63
Çizelge 4.3.	AAS modelinde yer alan alt kriterlerin etkileşim tablosu	66
Çizelge 4.4.	Bulanık AHP modelinde kullanılan kriterler ve alt kriterler	70
Çizelge 4.5.	Önem derecelerinin dilsel skalası	72
Çizelge 4.6.	Stratejik hedeflere ait ikili karşılaştırma matrisi	72
Çizelge 4.7.	Faaliyetlerin stratejik hedefler açısından ikili karşılaştırılması	73
Çizelge 4.8.	Faaliyetlerin yerel ve global ağırlıkları	75
Çizelge 4.9.	Risklerin faaliyetler açısından ikili karşılaştırması	76
Çizelge 4.10.	Risklerin yerel ve global bulanık ağırlıkları	78
Çizelge 4.11.	Kriterlerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi	80
Çizelge 4.12.a.	Stratejik amaçların ikili karşılaştırma matrisi	80
Çizelge 4.12.b.	Stratejik hedeflerin ikili karşılaştırma matrisi	81

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 4.12.c. Faaliyetlerin ikili karşılaştırma matrisi 81

Çizelge 4.12.d. Risklerin ikili karşılaştırma matrisi 82

Çizelge 4.13. İç bağımlılık matrisleri 83

Çizelge 4.14. Alt kriterlerin global ağırlıkları 84

Çizelge 4.15. Doğrusal olmayan model 85

Çizelge 4.16. Kriterlerin ikili karşılaştırması ve yerel ağırlıkları 86

Çizelge 4.17.a. SA kümesi alt kriterlerinin ikili karşılaştırması ve yerel ağırlıkları ... 86

Çizelge 4.17.b. SA kümesi alt kriterlerinin ikili karşılaştırması ve yerel ağırlıkları ... 86

Çizelge 4.17.c. Faaliyetler kümesi alt kriterlerinin ikili karşılaştırması ve yerel ağırlıkları 86

Çizelge 4.17.d. Riskler kümesi kriterlerinin ikili karşılaştırması ve yerel ağırlıkları . 87

Çizelge 4.18. Kriterlerin bağımlılık matrisi 88

Çizelge 4.19. Alt kriterlerin global ağırlıkları 89

Çizelge 4.20. Entegre risk değerleri 90

Çizelge 4.21. Alt kriterler etkileşim tablosu 91

Çizelge 4.22. Bulanık denetleyiciler (Fuzzy controllers) 94

Çizelge 4.23. FCa için bulanık kural tabanı 98

Çizelge 4.24. Risklere ait uzman değerlendirmeleri ve temsili değerleri 98

Çizelge 4.25. Bulanık kural tabanlı model sonuç tablosu 99

Çizelge 5.1. Sonuç ve karşılaştırma 101

Çizelge 5.2. Wang bulanık AHP sonuç çizelgesi 102

Çizelge 5.1. Bulanık kural tabanlı sistem girdi ve sonuç değerleri 102

Çizelge 5.2. Entegre metot karşılaştırma çizelgesi 108

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.1. Risk yönetim prensipleri, çerçevesi ve süreci arasındaki ilişki..... 15

Şekil 2.2. Kurumsal risk yönetiminin aşamaları 14

Şekil 2.3. ISO 31010'da yer alan risk değerlendirme teknikleri 18

Şekil 3.1. Karşılaştırmalı matris yapısı 37

Şekil 3.2. Ağırlıklandırılmamış süpermatris yapısı 38

Şekil 3.3. Bir $\tilde{A}$ üçgensel bulanık sayısı 41

Şekil 3.4. M_1 ve M_2 arasındaki kesişim noktası 50

Şekil 3.5. Bulanık kural tabanlı sistem elemanları..... 54

Şekil 3.6. Mamdani kural yapısı 56

Şekil 3.7. Sugeno kural yapısı 57

Şekil 4.1. Risk değerlendirme için önerilen AAS modeli..... 65

Şekil 4.2. AHP modeli 71

Şekil 4.3. Göreli önem derecelerinin dilsel skalası 72

Şekil 4.4. Riskler ile stratejik plan öğeleri arasındaki ilişki yapıları..... 92

Şekil 5.1. Riskler ile stratejik plan kriterleri arasındaki ilişki yapıları..... 107

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim		Sayfa
Resim 2.1.	Kriterlerin bağımlılık matrisi	8
Resim 3.1.	Bulanık Denetleyici	55
Resim 3.2.	Gauss üyelik fonksiyonu	58
Resim 4.1.a.	‘Stratejik hedefler’ kümesi alt kriterlerinin “SA 2” üzerindeki etkileri	67
Resim 4.1.b.	‘Faaliyetler’ kümesi alt kriterlerinin “SA2” üzerindeki etkileri	67
Resim 4.2.	Küme ağırlıkları matrisi	68
Resim 4.3.	AAS yöntemi ile yapılan risk değerlendirme çalışmasının sonuçları	69
Resim 4.4.	Risklerin global bulanık ağırlıkları	79
Resim 4.5.	Bulanık kural tabanlı risk değerlendirme modeli	93
Resim 4.6.	Fuzzy Controller a Yapısı	96
Resim 4.7.	Fuzzy Controller h Yapısı	97
Resim 4.8.	Bulanık kural tabanlı risk değerlendirme modelinin çözümü (Sonuç)	100

KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
AAIRM	AIRMIC, ALARM, IRM Standardı
AAS	Analitik Ağ Süreci
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
AIRMIC	Association of Insurance and Risk Managers
ALARM	National Forum for Risk Management in the Public Sector
AS/NZ	Australia/New Zealand Standard - Avustralya/Yeni Zelanda Standardı
BDDK	Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu
COSO	Committee on Sponsoring Organizations of The Treadway Commission
EKK	En Küçük Kareler
FC	Fuzzy Controller - Bulanık Denetleyici
HTEA	Hata Türü ve Etkileri Analizi
IRM	Institute for Risk Management - Risk Yönetim Enstitüsü
ISO	International Organization for Standardization
IEC	International Electrotechnical Commission
KRY	Kurumsal Risk Yönetimi
TÜSİAD	Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği

1. GİRİŞ

1970'li yıllardan itibaren dünyada yaşanan hızlı değişim ve küreselleşme süreci; ekonomik, sosyal, siyasal, teknolojik, yönetsel ve kültürel boyutlar başta olmak üzere hemen her alanda etkisini göstermiştir. Bu süreçte; dinamik uluslararası sermayenin yarattığı küresel rekabet, organizasyonların başarılı bir şekilde yönetilmelerini ve gelişmelere ayak uydurmalarını, varoluşları için zaruri kılmıştır. Bu kapsamda; organizasyonların geleceğe hazırlanmasında ortaya çıkan temel yaklaşımlar; *risk yönetimi,* stratejik yönetim ve performans yönetimi sistemleridir (Fıkırkoca, 2003: 48).

1980'li yıllarda kamu kuruluşlarının özel sektördeki gelişmelerden ve yönetim anlayışından etkilenmesi sonrasında yeni kamu yönetimi yaklaşımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Yeni kamu yönetimi yaklaşımının Türk kamu yönetimine yansıması olan kamu mali yönetimi reformları çerçevesinde; kamu idarelerinin planlı hizmet sunmaları, politika geliştirmeleri, politikaları somut iş programlarına ve bütçelere dayandırmaları, uygulamayı izlemeleri ve değerlendirmelerini sağlamak amaçlanmıştır. Bu amaçların gerçekleştirilmesine yönelik araç olarak ise stratejik planlama yaklaşımı benimsenmiştir. Türk kamu yönetimindeki anılan değişimin temel yapı taşı, 2003 yılında kanunlaşan ve 2006 yılında yürürlüğe giren, 5018 sayılı Kamu Mali Yönetimi ve Kontrol Kanunu olmuştur. Kanun ile yeni kamu yönetimi anlayışının temel ilkelerinden olan orta vadeli harcama sistemi, çok yıllı bütçeleme, stratejik planlama, performans esaslı bütçeleme, iç kontrol, *risk yönetimi*, saydamlık, hesap verebilirlik, gibi hususlar Türk kamu yönetimine taşınmıştır.

5018 sayılı Kanun kapsamında kamu kurum ve kuruluşlarında iç kontrol sisteminin kurulması zorunlu kılınmıştır. Bu çerçevede, idarenin amaçlarına uygun olarak organizasyon, yöntem ve süreçlerinin oluşturulması ve denetlenmesi gereklidir. İç kontrol sisteminin dördüncü bileşeni olan *"Risk Değerlendirmesi"* aşaması idarenin hedeflerinin gerçekleşmesini engelleyecek risklerin tanımlanması, analiz edilmesi ve gerekli önlemlerin belirlenmesi sürecidir.

Stratejik yönetim ve planlama ilkeleri çerçevesinde yönetilen kurumlarda, risk değerlendirme sistemlerinin sağlıklı işleyişinin sağlanarak, stratejik planlama

faaliyetlerinin bu eksende sürdürülmesi ve operasyonların risk seviyelerine göre farklı stratejilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu çerçevede; yukarıda bahsedilen kavramların ilişkilendirilmesinde, risk yönetimi, risk değerlendirme ve risk seviyelerine göre strateji geliştirme aşamalarında Endüstri Mühendisliği tekniklerinin kullanılabileceği düşünülmektedir.

Stratejik yönetim, iç kontrol ve risk değerlendirme kavramları henüz Türkiye'deki kamu kurumlarınca istenilen seviyede benimsenememiş ve uygulaması yaygınlaştırılamamıştır (Canbolat, 2011).

Bu çalışmanın amacı; Türkiye'deki kamu kurumlarının yeni Kamu Mali Yönetimi ve Kontrol Kanunu çerçevesinde uygulamaya geçiş aşamasında bulunduğu risk yönetimi ve değerlendirmesi uygulamasında oldukça önemli bir eksiklik olan "*standart bir risk değerlendirme metodolojisi olmaması*" problemine yönelik olarak stratejik yönetim uygulayan kamu kurumlarında uygulanabilecek alternatif risk değerlendirme yöntemlerinin önerilmesi, uygulanması ve sonuçlarının karşılaştırılmasıdır.

Çalışmanın amacı doğrultusunda; risk yönetimi ve risk değerlendirme alanında uluslararası düzeyde kabul gören modeller, standartlar ve dokümanlar incelenmiş, ilgili mevzuat ve literatür taranmış, iyi uygulama örnekleri ile karşılaştırmalar yapılmış ve bunların uygulanabilirlikleri araştırılmıştır. Risk yönetimi ve risk değerlendirme süreçlerinde olası çözüm önerileri tartışılmış ve metot önerileri sunulmuştur. Bu amaçla önerilen çok ölçütlü karar verme teknikleri ve bulanık teknikler; birbirini çok yönlü etkileyen stratejik yönetim, iç kontrol ve risk değerlendirme yapısında tüm ilişkilerin göz önünde bulundurulması, risklerin ve risklere karşı uygulanacak kontrol faaliyetlerinin belirlenmesi ve bunlara kaynak tahsisi yapılması aşamasında rasyonel kararlar alınabilmesi amacıyla tercih edilmiştir.

Bu çalışmada, risk yönetimi ve risk değerlendirme konularında hem teorik olarak hem de kamu idarelerindeki olası uygulamalar bakımından kapsamlı bilgi sunulmaktadır. Her iki hususla ilgili olarak yapılan incelemelerin, geliştirilen sistem önerilerinin, değerlendirme sonuçlarının ve önerilen risk değerlendirme metodlarının; idarelerin yöneticileri, risk yönetimi sistemi içinde yer alan tüm aktörleri (risk analistleri, risk sorumluları, risk koordinatörleri, vb.) ve çalışanları için risk yönetim sistemi uygulamalarına geçiş sürecinde

faydalı olacağı, özellikle mevzuatla netleştirilmeyen boşlukların genel idari teamüller yerine nicel tekniklerle doldurulması açısından katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın bundan sonraki bölümleri şu şekilde düzenlemiştir. İkinci bölümde; risk ve riske ilişkin kavramlar, risk yönetiminin tanımı ve amacı anlatılmış, kurumsal risk yönetimi modellerinden bahsedilmiş ve risk değerlendirme teknikleri hakkında bilgi verilmiştir. Bu bölümde; risk yönetiminin tarihçesine ve son yıllarda risk değerlendirme, risk değerlerinin tespiti, analizi ve önceliklendirilmesi için farklı yaklaşımlarla yöntem ve uygulama açısından yenilik getiren, literatüre katkı sağlayan çalışmalara yer verilmiştir. İlave olarak, Türkiye'deki risk yönetim sistemi uygulamalarına ilişkin kısa bir değerlendirme yapılmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, risk değerlendirme probleminin çözümünde kullanılan yöntemler anlatılmıştır. Öncelikle geleneksel risk değerlendirme yöntemi olarak anılan Risk Matrisine, ikinci olarak alternatif çözümde kullanılan Analitik Ağ Süreci yöntemine yer verilmiştir. İlerleyen bölümlerde kullanılan bulanık tekniklerin daha iyi anlaşılması amacıyla bulanık mantık, bulanık kümeler ve üyelik fonksiyonları hakkında genel bilgiler hatırlatılmıştır. Son olarak bulanık modellerin çözümünde kullanılan Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi, Bulanık Analitik Ağ Süreci yaklaşımları ve Bulanık Kural Tabanlı Sistemden bahsedilmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde, Hazine Müsteşarlığı Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığında seçilen bir süreçte örnek problem tanımlanmış ve üçüncü bölümde bahsedilen yöntemler ile önerilen yeni bir entegre metod önerisi örnek problem üzerinde uygulanmıştır.

Beşinci bölümde, dördüncü bölümde yapılan çözümler ışığında risk değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlerin karşılaştırmalı analizlerine ve örnek problem üzerinden yapılan değerlendirmelere yer verilmiş, elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

Çalışmanın altıncı ve son bölümünde ise çözümler ve analizler ışığında ulaşılan sonuçlar değerlendirilerek, risk değerlendirme probleminde söz konusu yöntemlerin kullanımıyla ilgili önerilerde bulunulmuştur.

2. RİSK YÖNETİMİ VE RİSK DEĞERLENDİRME

Bu bölümde; risk ve riske ilişkin kavramlar, risk türleri, risk hiyerarşisi, risk yönetiminin tanımı ve amacı anlatılmıştır. Sonrasında, kurumsal risk yönetimi modellerinden bahsedilmiş ve kurumsal risk yönetimi aşamaları detaylı olarak anlatılmıştır. Bölümün sonunda ise risk değerlendirme teknikleri hakkında bilgi verilmiştir.

2.1 Risk

2.1.1. Risk nedir?

Risk kelimesinin etimolojik kökeni, Fransızca '*risque'* ve İtalyanca '*risicare'* kelimelerine dayanmaktadır. *Risicare,* İtalyanca'da cüret etmek, cesaret etmek anlamına gelir. Günlük yaşamımızda sık kullandığımız "risk" kavramı, istenmeyen sonuçlarla karşılaşma ihtimali ya da tehlike anlamını ifade etmektedir (Poyraz, 2010). Risk genel olarak bir olayın olma olasılığı ile bu olay sonucunda ortaya çıkabilecek olumlu veya olumsuz etkilerin bir birleşimi olarak tanımlanabilir.

Bir başka ifadeyle risk, gerçekleşmesi beklenen en muhtemel sonuç ile gerçekleşen fiili sonuç arasındaki sapmadır. Risk hakkındaki süregelen görüşler risk kavramına; olumsuzluk, kayıp, tehlike, zarar ve kötü sonuçlar gibi anlamlar yüklemektedir. Bu durum, kelimenin geleneksel anlamlarından, sözlüklerdeki ya da teknik tanımlamalardan ve risk hakkındaki mevcut araçların da sadece riskin olumsuz yönlerine dikkat çekmesinden kaynaklanmaktadır (Poyraz, 2010). Ancak, riskin tehlikelerle birlikte ortaya çıkardığı fırsatlara da odaklanmak gerekmektedir.

Literatürde yer alan bazı risk tanımları şu şekildedir:

- Risk, bir işleme ilişkin bir parasal kaybın ortaya çıkması veya bir giderin ya da zararın vuku bulması nedeniyle ekonomik faydanın azalması ihtimalidir (BDDK, 2001).
- Risk, eylemler veya olayların, olumlu fırsatlar veya olumsuz tehditler şeklinde karşımıza çıkabilecek sonuçlarının belirsizliği olarak tanımlanır. Risk, bir şeyin olma

olasılığına göre ve olması halinde yapacağı etki esas alınarak değerlendirilmesidir (Orange Book, 2004).

- Risk, belirsizliklerin hedefler üzerindeki etkisidir (ISO 31000, 2009).
- Risk, hedeflere ulaşmamıza etkisi olabilecek durumları ifade eder ve olasılığı ile sonuçlarına bağlı olarak ölçülebilir (AS/NZ 4360, 2004).
- Risk, meydana geldiğinde organizasyonun hedeflerine ulaşması üzerinde negatif etki yaratacak olan olayların ortaya çıkma olasılığıdır (Vose, 2008: 135).
- Risk; kayıp, felaket veya istenmeyen bir olayın olasılığı ve şiddetidir (Hubbard, 2009: 24).
- Risk; bir faaliyetin veya olayın istenmeyen olası kötü sonuçları olarak tanımlanabilir (Rowe, 1977: 9).
- Risk, belirli bir zaman aralığında, hedeflenen bir sonuca ulaşamama, kayba ya da zarara uğrama olasılığıdır (Fıkırkoca, 2003: 24).

2.1.2. Riske ilişkin kavramlar

Riske ilişkin bazı önemli kavramlar ve bunlara ilişkin açıklamalar ise aşağıda yer almaktadır (Orange Book, 2004):

- Doğal Risk: Yönetilmesi için herhangi bir adım atılmadan, belirli bir riskin gerçekleşmesi sonucu, yaşanabilecek etki ve olasılığın kombinasyonundan oluşan sonuçlardır.
- Kalıntı Risk: Yönetilmesi için adım atıldıktan ve bu adımın etkili olacağı varsayımı yapıldıktan sonra belirli bir riskin gerçekleşmesi sonucu, yaşanabilecek etki ve olasılığın kombinasyonundan oluşan sonuçlardır.
- Risk İştahı: Bir kurumun herhangi bir zaman diliminde kabul etmeye, tolere etmeye veya maruz kalmaya hazır olduğu risk miktarıdır. Riskin ne derece tolere edilebilir ve gerekçelendirilebilir olduğunu gösterir.

Riskin şiddetini ise iki temel kavram açıklar (Orange Book, 2004):

- Olasılık: Hedeflenen amaca/amaçlara ulaşamama ihtimali ya da istenmeyen bir olayın oluşma olasılığıdır.
- Etki: Riske konu olan durumun oluşması sonucu hedeflenen amaçtan/amaçlardan ortaya çıkan sapmalardır.

2.1.3. Risk türleri

Literatürde riskler pek çok farklı şekilde sınıflandırılmıştır. En sık kullanılan temel risk türleri şöyle sıralanabilir:

- Finansal riskler
- Operasyonel riskler
- Stratejik riskler
- Yasal riskler
- Çevresel riskler
- Teknolojik riskler
- Hukuki riskler
- Sosyal riskler
- İtibar riskleri

Finger (2001: 75), riskleri sosyolojik, bilimsel ve teknolojik, hukuksal ve itibara zarar veren riskler olmak üzere dörde ayırmaktadır. Bunun dışında; stratejik, finansal, operasyonel ve dış riskler olarak sınıflandırma yapmak da mümkündür (Saka, 2006). Risklerle ilgili başka bir sınıflandırma da şu şekildedir (Fıkırkoca, 2003: 44):

- Stratejik/pazar, teknoloji, paydaşlar grubu riskler
- Yönetim/organizasyon, yönetim sistemi ve felsefesi, süreçler, bilgi yönetim sistemi, altyapı grubu riskler
- İşletme/kaynaklar, müşterileri maliyet, çizelge, kalite, veri, bilgi grubu riskler.

Risk yönetimi konusunda önemli çalışmaları bulunan TÜSİAD tarafından ise Çizelge 2.1'deki gibi bir risk sınıflandırması yapılmıştır.

Çizelge 2.1. Risk sınıflandırması (TÜSİAD, 2006)

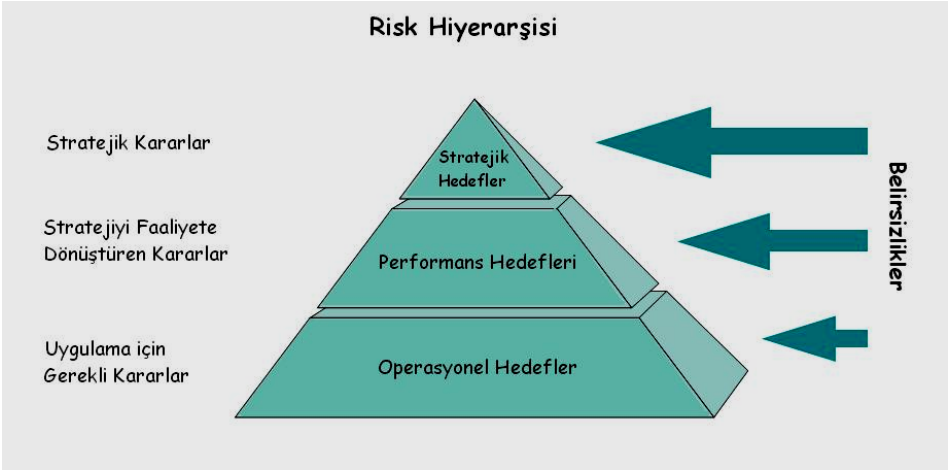
Finansal Riskler	Operasyonel Riskler		Dış Çevre Riskleri
Kur	Müşteri Memnuniyeti	Hukuki Sorunlar	Rakip
Faiz Oranı	İnsan Kaynakları	Bilgi Teknolojileri	Yasa ve Düzenlemeler
Likidite	Ürün Hizmet Geliştirme	Bilgi Güvenliği	Hissedar
Kredi	Verimlilik	Ürün Hizmet	Politik
Finansal Enstrümanlar	Kapasite	Fiyatlandırma	Ekonomik
Yatırım Portföyü	Süreç Yönetimi	Çalışan Bağlılığı	Müşteri Trendleri
Sigorta	Ortaklık	Vergi	Değişim Yönetimi
Hisse Değeri	Konsantrasyon	Yetki ve Limit	Doğal Afet
Emtia Değeri	İş Durması	Tedarik	Sektör
	Ürün Hizmet Kalitesi	Performans yönetimi	
	Çevre Sağlığı	İletişim	
	Çalışan Sağlığı ve Güvenliği	Marka yönetimi	
	Stratejik Riskler		
	Yatırım Değerlendirme	Bütçe ve Planlama	
	İş Modeli	Organizasyonel Yapı	
	İş Portföyü		

2.1.4. Risk hiyerarşisi

Risk yönetimi seviyeleri; stratejik (kurumsal) düzeyde, program düzeyinde ve işlevsel (operasyonel) düzeyde incelenebilmektedir (Resim 1.1).

Stratejik düzeyde risk yönetiminin amacı, organizasyonun stratejilerine ilişkin riskleri anlamak ve onları desteklemek olup stratejilerin planlanmasında ve belirlenmesinde risk yönetimi vasıtasıyla elde edilen veriler çok önemli yer tutmaktadır (Fıkırkoca, 2003: 60).

Program düzeyinde risk yönetimi, stratejik işlerin gerçekleştirilmesine yönelik risklerin yönetimini kapsamaktadır. Operasyonel düzeyde risk yönetimi ise proje, program ve faaliyetlere ilişkin risklerin yönetilmesini kapsamaktadır.



Resim 2.1. Risk hiyerarşisi (Orange Book, 2004)

2.2. Risk Yönetimi

2.2.1. Risk yönetimi nedir?

Risk yönetiminin esas gelişmesi İkinci Dünya Savaşı sonrası Amerika Birleşik Devletleri'nde başlamıştır. Risk yönetiminin başlangıç noktasını, sahip olunan değerleri sigortalamak oluşturmuştur. Dolayısıyla, risk yönetiminin ilk uygulamaları sigortacılık sektöründe yapılmıştır. Büyük işletmelerde sigorta işlemlerini yürütecek kişiler istihdam edilmiş, sonra bu kişiler sigorta yöneticisine dönüşmüş, daha sonra ise risk yöneticisi olarak şirketlerde önemli roller üstlenmişlerdir. Fakat günümüzde sigorta yaptırmak, risk

yönetiminin sadece küçük bir faaliyeti durumundadır. Bu yüzden kurumların olaya daha geniş bir açı ile bakmaları ve olayları daha bütünsel bir bakış açısıyla ele almaları gerekmektedir (Üzümcü, 2007).

Risk yönetiminde temel yaklaşım, belirsizliklerin olumsuz etkilerini en aza indirirken, olumlu etkilerini arttırmaya çalışmak ve gelecekteki muhtemel olumsuz olaylar gerçekleştiğinde bunlara ani ve planlanmamış tepkiler vermek yerine, bu olaylar olmadan gerekli tedbirleri alarak kurumu daha ileriye götürmektir (Üzümcü, 2007). Böyle bir yaklaşımla önceden planlama yapılarak alternatif eylem planları oluşturulacak ve beklenen hedeflere ulaşmak için bu planlardan yararlanılarak en uygun faaliyetleri gerçekleştirmek mümkün olabilecektir. Bu bakımdan risk yönetiminin amacı, yanlış giden işlerin olumsuz sonuçlarını ve olasılıklarını azaltıcı planlama yaparak ve giderilemeyen risklerle ilgili sorumlulukların belirlenmesini sağlayarak; işlerin zamanında, istenen kalitede, öngörülen bütçe sınırları içinde gerçekleştirilmesi ihtimalini arttırmaktır (Fıkırkoca, 2003: 13).

Sonuç olarak risk yönetimi; ne zaman ve nasıl ortaya çıkacağı belirsiz risklerin olumsuz etkilerini en aza indirmek ve bu riskler içerisindeki potansiyel fırsatları en etkili biçimde kullanabilmek için kaynak ve süreçlerin en etkin şekilde planlanmasını, organize edilmesini, yönetilmesini ve kontrolünü sağlayan faaliyetler bütünü olarak tanımlanabilir (Poyraz, 2010).

Risk yönetimiyle ilgili yapılan tanımlardan bazıları şunlardır:

- Risk yönetimi, potansiyel fırsatları ve olumsuz etkileri yönetmede kullanılan kültür, süreç ve altyapıyı ifade eder (AS/NZ 4360, 2004).
- Risk yönetimi, bir organizasyonu risk açısından yönlendirmek ve kontrol etmek için yapılan faaliyetlerdir. Yönetim politikaları, prosedürleri, iletişim faaliyetleri uygulamaları, danışmanlık, çevrenin tespiti ve tanımlanması, analiz, değerlendirme, iyileştirme, izleme ve gözden geçirme faaliyetlerinin sistematik olarak uygulanmasını kapsar (ISO 31000, 2009).
- Risk yönetimi; bir kurumun yönetim kurulu, yöneticileri ve tüm çalışanlarından etkilenen, gerçekleşme olasılığı olan olaylara ve kurumun risk iştahına göre belirlenen bir strateji doğrultusunda risklerini yönetmesine yardımcı olan ve kurumun hedeflerini başarması için makul güvence sağlayan bir süreçtir (COSO, 2004).

- Risk yönetimi; risklerin tespit edilmesinde, değerlendirilmesinde, hükme bağlanmasında, riskleri düşürmek veya tahmin etmek için gerçekleştirilen eylemlerde, risklerin izlenmesi ve gözden geçirilmesinde kullanılan süreçlerin tamamıdır (Orange Book, 2004).
- Risk yönetimi; risk-kazanç dengesinin şirket üst yönetiminin risk alma profiline uygun olarak oluşturulmasıdır (TÜSİAD, 2006).
- Risk yönetimi; belirsizlikleri ve belirsizliğin yaratacağı olumsuz etkileri daha kabul edilebilir bir düzeye indirgemeyi sağlayan disiplindir (Fıkırkoca, 2003: 1).
- Risk yönetimi; istenmeyen olayların etki/olasılığını kontrol altına almak, izlemek ve en aza indirmek için kaynakların koordineli ve ekonomik uygulanabilmesi amacıyla risklerin tespiti, değerlendirilmesi ve önceliklendirilmesidir (Hubbard, 2009: 26).
- Risk yönetimi, organizasyonun risklerini tanımlamayı, değerlendirmeyi, planlamayı ve yönetmeyi içeren bir süreçtir (Merna ve Al-Thani, 2005: 13).
- Risk yönetimi; risklerin tanınması, değerlendirilmesi ve ölçülmesi neticesinde riski yönetmek için alınacak kararlar bütünüdür (Hitt, 1999: 6).

2.2.2. Risk yönetiminin amacı

Risk yönetiminin temel amacı, belirsizliklerin yönetimini iyileştirmektir (Leitch, 2004). Risk yönetimi; organizasyonun risklerini belirlemeyi, risklerin nesnel analizini yapmayı ve risklere uygun ve etkin bir biçimde karşılık vermeyi amaçlar (Merna ve Al-Thani, 2005: 14). Bu kapsamda, dikkat edilmesi gereken hususlar, riskin kaçınılmaz olduğu ve risk yönetiminin amacının riskleri ortadan kaldırmak olmadığıdır (Cokins, 2005).

Bir organizasyonun risk yönetimine olan ihtiyacı, aynı zamanda, risk yönetiminin sağlayacağı faydaları da açıklamaktadır. Bununla birlikte, risk yönetimi şu hususlarda da yarar sağlayacaktır (Fıkırkoca, 2003: 13):

- Problemlerin oluşmadan önlenmesi veya olumsuz etkilerinin azaltılması
- Performans, maliyet ve çizelgeler için belirlenmiş olan hedeflere ulaşılması
- Büyük risklerin nedenlerinin belirlenmesi ile önlenmesine yönelik çalışmalar yapılması ve kazanç sağlanması.

Diğer taraftan, risk yönetimi yaklaşımını benimsemeyen ve uygulamayan bir organizasyon, amaç ve hedeflerine ulaşılması yolunda önemli engellerle karşılaşabilecektir. Dolayısıyla, organizasyonun sürdürülebilirliği ancak etkin bir risk yönetimi yaklaşımı ile mümkündür (TÜSİAD, 2006).

2.3. Kurumsal Risk Yönetimi

2.3.1. Kurumsal Risk Yönetimi (KRY) nedir?

Riskler, bütünsel bir risk politikasının parçası olarak analiz ve kontrol edilmelidir. Kurumsal veya stratejik risk yönetimi olarak bilinen yaklaşımlar, fonksiyonlar ya da birimler bazında değerlendirme yapmanın, amaçlara ulaşmada engelleyici olabileceğini savunmaktadır. Risk kavramının herkesin sorumluluğu olduğu ve kurum genelinde bir risk kültürü geliştirmenin gerekliliği vurgulanmaktadır.

KRY; kurumu etkileyebilecek potansiyel olayları tanımlamak, riskleri kurumun risk alma profiline uygun olarak yönetmek ve kurumun hedeflerine ulaşması ile ilgili olarak makul bir derecede güvence sağlamak amacı ile oluşturulmuş ve kurumun tümünde uygulanan sistematik bir süreçtir (TÜSİAD, 2006). KRY yaklaşımının risk yönetiminden farkı Çizelge 2.2'de özetlenmektedir.

Çizelge 2.2. Kurumsal risk yönetimi yaklaşımı ile klasik risk yönetiminin karşılaştırılması (Saka ve Uğural, 2010)

Klasik risk yönetimi	Kurumsal risk yönetimi
▪ Risklerin bağımsız analizi ve takibi ▪ Sistematik olmayan risk değerlendirme süreçleri ▪ Yalnızca mali hususlara odaklanılması ▪ Stratejik ve operasyonel kararlarda risklerin kullanılmaması	▪ Sistematik, sürekli, kurumsal yaklaşım ▪ Risk portföyü yaklaşımı ▪ Ortak risk tanımı ▪ Risk - getiri değerlendirmesi ▪ Riske dayalı performans yönetimi ▪ Risk yönetim maliyetinin optimizasyonu ▪ Stratejik ve operasyonel kararlarda risklerin kullanımı ▪ Sistem yaklaşımı

KRY ile risk yönetimi kavramına "kurum içerisinde birbirinden bağımsız şekilde işleyen farklı risk yönetim sistemlerinin riskleri bir bütün olarak görmeleri" hususu eklenmiş ve böylece daha etkin ve entegre risk yönetim çözümlerinin geliştirilmesine temel oluşturulmuştur (TÜSİAD, 2006). Kısaca, KRY, bir organizasyonun risklerinin bir bütün olarak yönetilmesine odaklanmaktadır.

2.3.2. Kurumsal risk yönetimi modelleri/standartları

Kurumsal risk yönetimi modelleri/standartları kapsamında; COSO Risk Yönetimi Modeli, Birleşik Krallık Hazine Risk Yönetimi Yaklaşımı, AAIRM Standardı, Avustralya/Yeni Zelanda Risk Yönetimi Standardı, Birleşik Krallık Ticaret Ofisi Risk Yönetimi Modeli ve ISO Standartları ele alınmıştır.

COSO ERM Modeli

COSO Risk Yönetimini, "bir kurumun yöneticileri ve tüm çalışanlarından etkilenen gerçekleşme olasılığı olan olaylara ve kurumun risk iştahına göre belirlenen bir strateji doğrultusunda risklerini yönetmesine yardımcı olan ve kurumun hedeflerini başarması için makul güvence sağlayan bir süreç" şeklinde tanımlamaktadır (COSO, 2004).

Turuncu Kitap (The Orange Book)

Birleşik Krallık Hazinesi 2001 yılında, Turuncu Kitap olarak bilinen "Risk Yönetimi: Stratejik Genel Bakış" isimli belgeyi yayımlamıştır. Bu yayın risk yönetimi kavramlarına temel bir giriş sunmuş olup devlet kurumlarında risk yönetimi süreçlerinin geliştirilmesi ve uygulanmasında yaygın olarak başvurulan bir kaynak olmuştur. 2004 yılında ise "Risk Yönetimi: Esaslar ve Kavramlar" dokümanı yayımlanmıştır. "Turuncu Kitap"ın devamı niteliğinde olan bu doküman, risk yönetimine ilişkin hem iç süreçler hem de kurumun risk yönetiminin, içinde bulunduğu daha geniş ortama kıyasla değerlendirilmesi konularına odaklanmıştır.

AAIRM (AIRMIC, ALARM, IRM Standardı):

AAIRM, 2002 yılında Birleşik Krallık'ta bulunan önemli risk yönetim organizasyonları olan;

- Sigorta ve Risk Yöneticileri Derneği (Association of Insurance and Risk Managers - AIRMIC)
- Kamuda Risk Yönetimi Ulusal Forumu (National Forum for Risk Management in the Public Sector -ALARM)
- Risk Yönetim Enstitüsü (Institute for Risk Management - IRM)

tarafından müştereken hazırlanmıştır. ISO/IEC Guide 73 Risk Yönetimi Kılavuzu esas alınmış ve ana hatlarıyla risk yönetimi, risk değerlendirme, risk analizi, raporlama, iletişim, iyileştirme, izleme ve risk organizasyonu yapısı hususları açıklanmıştır.

Avustralya/Yeni Zelanda (AS/NZ) Risk Yönetimi Standardı 4360:2004

En bilinen AS/NZ standardı olan 4360, AAIRM standardından biraz daha detaylıdır. AS/NZ 4360:2004, AAIRM tarafından önerilen modele benzer bir temel izler. Doküman; iletişim ve danışmanlık görevi için bazı yeni referanslar eklese de rolleri ve sorumlulukları belirleme konusunda AAIRM'de verilen referanslardan yoksundur (Ramirez, 2008).

M_o_R Rehberi

Birleşik Krallık Ticaret Ofisi tarafından hazırlanan modeldir. 2002'de yazılmış, 2007'de güncellenerek yeni versiyonu yayımlanmıştır. AAIRM ve AS/NZ 4360'tan daha detaylı bir rehberdir. M_o_R, aşağıdaki dört temel alanı kapsar:

- Kurumsal yönetişim temelinde, risk yönetiminin kilit bir iç kontrol olduğu anlayışına dayanan prensipler,
- Risk yönetim modelinin başarıyla uygulanması için gerekli öğeleri içeren yaklaşım,
- Risk yönetimindeki kritik süreçler,
- Prensiplerin ve prosedürlerin uygun şekilde uygulandığından emin olunmasını sağlayan bütünleşme ve gözden geçirme.

ISO Standartları

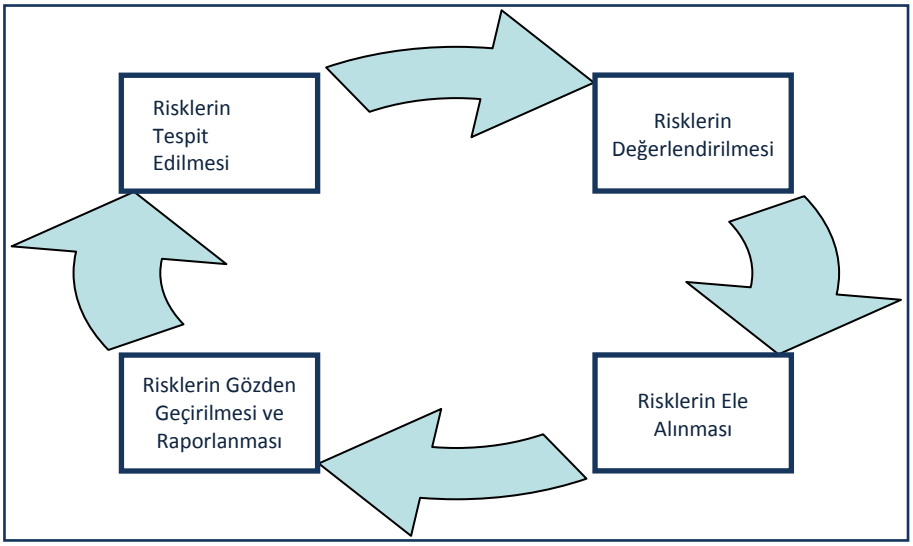
ISO Guide 73:2009 Risk Yönetimi - Terim ve Tarifler standardı risk yönetimiyle ilgili temel terimlerin tanımlarını verir. Amacı, risk yönetimi ile ilgili faaliyetler ve risk yönetimi süreçleri ile ilgili tutarlı bir yaklaşım ve ortak terminoloji kullanımını teşvik etmektir.

ISO 31000:2009 Risk Yönetimi - Prensipler ve Rehberler standardı, risk yönetimi konusunda her tür organizasyon için uygulanabilecek prensipler ve yönlendirmeler sunmaktadır. Dokümanda; risk yönetiminin 11 adet prensibi ile birlikte risk yönetim çerçevesi ve süreçleri yer almaktadır (Şekil 2.1). Standart, yönetim sistemi formatında yayımlanmadığı için belgelenebilir durumda olmayıp sadece iyi uygulama standardıdır.

ISO/IEC 31010:2009 Risk Yönetimi - Risk Değerlendirme Teknikleri, ISO 31000'e destek olarak, risk değerlendirmesi için sistematik tekniklerin uygulanması konusunda rehber mahiyetinde yayımlanmıştır.

2.3.3. Kurumsal risk yönetimi süreci

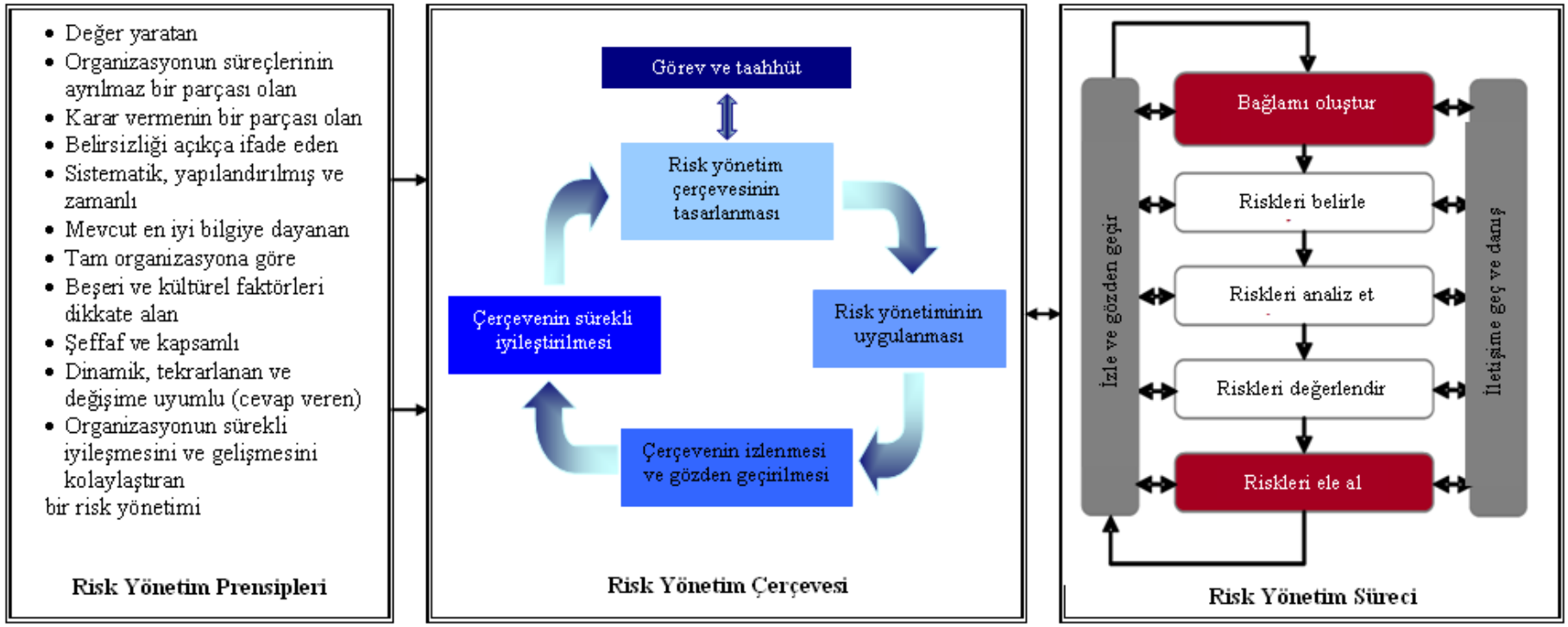
Kurumsal risk yönetimi genelde dört aşamalı olarak tanımlanır. Bunlar; Şekil 2.2'de görüldüğü gibi, risklerin tespit edilmesi, risklerin değerlendirilmesi, risklerin ele alınması, risklerin gözden geçirilmesi ve raporlanmasıdır (Orange Book, 2004).



Şekil 2.2. Kurumsal risk yönetiminin aşamaları

Risklerin Tespit Edilmesi

Risklerin tespit edilmesi, risk profilinin oluşturulmasında atılacak ilk adımdır. Riskler yalnızca hedeflere göre değerlendirilebilir ve önceliklendirilebilir. Kurumsal hedefler üzerinde etki edecek ancak hemen akla gelmeyen genel risklerin tespitinde özel dikkat gösterilmelidir. Tespit edilen bir risk, birden fazla kurum hedefi ile ilgili olabilir ve potansiyel etkisi de hedeflere göre farklılık gösterebilir (Orange Book, 2004).



Şekil 2.1. Risk yönetim prensipleri, çerçevesi ve süreci arasındaki ilişki (ISO 31000, 2009; Türkçeleştirilmiş versiyon Çatak, 2010)

Risklerin Değerlendirilmesi

Risklerin değerlendirilmesinde üç önemli ilke mevcuttur. Bunlar:

- her risk için olasılık ve etkilerin dikkate alındığı açıkça yapılandırılmış bir yöntemin/ metodun bulunması,
- risk değerlendirmesinin, risk önceliklerinin izlenmesi ve tespit edilmesine imkan tanıyacak şekilde kayda geçirilmesi,
- doğal risk ile kalıntı risk arasındaki farkın açık olmasıdır.

Bazı risk çeşitleri (örneğin mali riskler) sayısal tanı koymaya açıktır. Bazı riskler ise (örneğin saygınlığa veya itibara ilişkin riskler) söz konusu olduğunda, çok daha öznel bakış açıları kullanmak mümkündür. Bu açıdan bakıldığında risk değerlendirme aşaması sübjektiftir. Ancak yine de riskler değerlendirilirken bir çerçeve çizilmesi gerekmektedir. Değerlendirme, mümkün olduğunca çok sayıda tarafsız ve bağımsız kanıt göstermeli, riskten etkilenen tüm paydaşların bakış açılarını dikkate almalıdır (Orange Book, 2004).

Risklerin Ele Alınması (Risklere Cevap Verilmesi)

Riskleri ele almanın amacı, tehditlerin sınırlandırılması ve fırsatların değerlendirilmesi yoluyla belirsizliği kurumun lehine çevirmektir. Risklere cevap vermede beş kilit yöntem mevcuttur (Orange Book, 2004):

- Tolere Et: Bazen riske maruz kalma durumu, herhangi bir adım atılmasına gerek kalmaksızın tolere edilebilir. Bazı riskler konusunda ise harekete geçme yetkinliği sınırlı olabilir veya atılacak adımın maliyeti, kazanılacak potansiyel fayda ile orantılı olmayabilir. Bu durumlarda verilecek cevap riskin mevcut seviyesini tolere etmektir, riskin gerçekleşmesi halinde ortaya çıkacak etkiyle başa çıkmak adına acil durum planları yapmak suretiyle desteklenebilir.
- Yönet (Kontrol Et): Risklerin büyük çoğunluğu, bu yöntem kullanılarak ele alınır. Amacı, riske neden olan eylem devam ederken, riskin kabul edilebilir bir seviyede tutulması için kontrollerle harekete geçilmesidir. Kontrol faaliyetleri uygulanırken dikkat etmesi gereken en önemli nokta, riskleri en aza indirmek için yapılan bu kontrol faaliyetlerinin aşırıya kaçmasını önlemektir. Her kontrol faaliyetinin bir maliyeti vardır, önemli olan kontrol faaliyetinin ilgili olduğu risk açısından "paranın

karşılığı" bir değer sunuyor olmasıdır. Genel anlamda kontrolün amacı riski yok etmekten ziyade sınırlandırmaktır.

- Devret: Bazı risklere verilecek en uygun cevap, onların başka taraflara devredilmesidir. Bu da bilindik sigorta yöntemi kullanılarak veya riski ele alması için üçüncü bir tarafa para ödemek suretiyle yapılabilir. Bu, özellikle mali riskleri veya varlıklar üzerindeki riskleri azaltmada iyi bir seçenektir.
- Yok Et: Bazı riskler, yalnızca riske yol açan faaliyet sona erdiği takdirde yönetilebilir veya kabul edilebilir seviyede olurlar. "Yok et" seçeneği, öngörülen maliyet/fayda ilişkisi tehlikeye girdiği zaman, özellikle proje yönetiminde önemli olabilir.
- Fırsatı Değerlendir: Bu seçenek, yukarıda sayılanların bir alternatifi olmaktan ziyade onlarla birlikte dikkate alınması gereken bir husustur. Burada iki bakış açısı mevcuttur. Birincisi, olumlu etkiden yararlanma fırsatının, tehditlerin azaltılması ile aynı anda gerçekleşip gerçekleşmediğidir. Örneğin, büyük bir projede, büyük miktarda sermaye riske atılacağı takdirde, ilgili kontrollerin, daha büyük avantajlar elde etmek için yeterli olup olmadığı sorgulanabilir. İkincisi ise ortaya çıkan koşulların, tehdit ortaya çıkarmadan olumlu fırsatlar sunup sunmadığıdır. Örneğin, malların veya hizmetlerin maliyetinin düşmesi, kaynakların başka yerlerde kullanılmasına imkan tanır (Orange Book, 2004).

Risklerin Gözden Geçirilmesi ve Raporlanması

Risk yönetimi, risk profilinin değişip değişmediğini izlemek, risk yönetiminin etkili olduğuna dair güvence elde etmek ve ne zaman başka adımlar atılması gerektiğini tespit etmek amacıyla gözden geçirilmeli ve raporlanmalıdır (Orange Book, 2004).

2.4. Risk Değerlendirme Teknikleri

Risklerin tespiti ve değerlendirilmesi; literatürde ve uygulamada en sık ele alınan, çok sayıda yöntem ve tekniğin geliştirildiği, dolayısıyla en karmaşık safhadır. Risklerin tespit edilmesi, analizi ve değerlendirmesi aşamalarında pek çok teknik ve araçtan faydalanılabilir. ISO 31010: Risk Değerlendirme Teknikleri standardında yer verilen başlıca teknikler Şekil 2.3'te gösterilmiştir. Söz konusu tekniklerden nicel olanlar somut bilgiye dayalı olup rasyonel değerlendirme imkanı sunmakla beraber çok fazla veri ve



Şekil 2.3. ISO 31010'da yer alan risk değerlendirme teknikleri (Canbolat, 2011)

zaman gerektirmektedir. Nitel teknikler ise daha kolay ve hızlı olmakla beraber, genellikle tecrübe ve kişisel yargılara dayandığından sübjektiflik riski taşımaktadır. Nicel ve nitel risk değerlendirme yöntemlerinin karşılaştırması (avantajları-dezavantajları) Çizelge 2.3.'te sunulmuştur. Çizelgede de görüleceği üzere, esnek yöntemler olması, farklı analitik tekniklerin birlikte kullanılabilmelerini sağlaması ve değerlendirenlerin, karar verme sürecinde etkin olmalarını sağlaması bakımından nitel yöntemler risk değerlendirmelerinde analistlere kolaylıklar sağlamaktadır. Değerlendirenlerden bağımsız olmaları nedeni ile objektiflik düzeylerinin yüksek olması ve istatistiki sorgulamaya uygun yapısı ile nicel yöntemler de risk değerlendirmelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Çizelge 2.3. Nicel ve nitel risk değerlendirme yöntemlerinin karşılaştırılması (Kuleyin, 2005)

Risk Değerlendirme Yöntemleri		
	Nitel Yöntemler	Nicel Yöntemler
Avantajları	Esnek yöntemlerdir. (Yetersiz veri/kaynak, yüksek karmaşa düzeyi, deneysel veri elde etmede etik sınırlamalar, sayısal analize imkan vermeme vb. durumlarda kullanılabilir.)	Objektiflik düzeyleri yüksektir.
	Farklı analitik tekniklerin birlikte kullanılabilmelerini sağlarlar.	Değerlendirenlerden bağımsızdırlar.
	Değerlendirenlerin, karar verme sürecinde etkin olmalarını sağlarlar.	İstatistiki sorgulamaya uygundur.
	Olumsuz etkilerin tespit edilmesindeki deneyimsizlikler açısından yararlıdır.	Karşılaştırmalara izin verirler.
Dezavantajları	Karmaşaya açık yöntemlerdir.	Sayısal verilere dayandığı için eksik yada kalitesiz verilerle kullanılmaları zordur.
	Değerlendirmeler, değerlendirme yapanların görüş farklılıklarına göre değişiklik gösterebilir.	Basitleştirilmiş varsayımlar içermeyen karmaşık durumlara başvurulması halinde yetersizlikler doğabilir.
	Taraflı bakış açılarına, subjektifliğe açık yöntemlerdir.	Etkilerin ciddi ancak kanıtların dolaylı yada yetersiz olduğu durumlarda, doğrulukları tartışılır.

Literatürde sık kullanılan nitel teknikler arasında; risk matrisi, kontrol listesi, birincil tehlike analizi (primary hazard analysis), tehlike ve çalışılabilirlik analizi (hazard and operability studies-HAZOP), yapısal "Olursa ne Olur?" analizi (Structure "What if?" - SWIFT) yöntemleri sayılabilir. En sık kullanılan nicel teknikler ise çok ölçütlü karar verme teknikleri, Bayes teoremi ve Monte Carlo simülasyonudur. Ayrıca, hem nitel hem nicel özellik taşıyan; HTEA, hata ağacı analizi, olay ağacı analizi, papyon (bow tie) analizi ve neden-sonuç analizi gibi teknikler de risk değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında; risk matrisi, çok ölçütlü karar verme teknikleri ve bulanık mantıkla risk değerlendirme kullanılacağından yukarıda sayılan risk değerlendirme tekniklerinin detaylarına girilmemiştir.

2.5. Risk Yönetiminin Tarihçesi

Organizasyonel risk yönetiminin ortaya çıkışı tarihte bir kralın surları güçlendirmeye, güvenlik anlaşması yapmaya veya kıtlık durumunda kuralları değiştirmeye karar vermesine kadar dayanır. Babil'de ilk tüccarlar mallarını uzaktan getiren taşıyıcılara, sadece sağlam ulaşan yük için para ödeyerek risklerini yönetmişlerdir. Hammurabi Yasalarında, bir Babil Kralı'nın yazdırdığı, sel veya haydut saldırıları durumunda bazı tazminatların ödenmesine ilişkin hükümler mevcuttur. İnsanlık tarihi boyunca risk yönetimi probleminin çok küçük bir kısmıyla ilgilenilmiştir. Babil'den Orta Çağ'a kadar, risk yönetimi risklerin güdümsüz olarak azaltılması şeklinde algılanmıştır. Aydınlanma Çağı'nın başlamasıyla birlikte, risk analizine daha sistematik bir yaklaşım getirilmiştir. 17. yy'da olasılık teorisi ve istatistiğin gelişmesi ile riskler anlamlı bir şekilde sayısal olarak değerlendirilmeye başlamıştır. Fakat bu güçlü araç ve teknikler, sadece belli sektör ve uygulamalarla sınırlı kalmıştır. 18. yy.'dan 20. yy'a kadar sayısal risk değerlendirmesi sigorta, bankacılık, finans sektörleri ve halk sağlığıyla ilgilenen kamu kurumlarıyla sınırlı kalmıştır. 1940'larda yeni risk değerlendirme teknikleri uygulanmaya başlanmıştır. Bilgisayarların ortaya çıkışı, sayısal modellerde binlerce olası senaryonun test edilebilmesine imkan tanımıştır. Fakat 20. yy'ın sonlarına gelindiğinde risk yönetimi hala pek çok organizasyonun odağına yerleşememiştir (Hubbard, 2009: 25).

2000'li yıllara gelindiğinde ise risk yönetiminin aktörleri değişmiştir. Risk yönetiminin trend olarak dünyada hızla yayılması sonucu; tüm sektör ve kesimlerin üzerinde resmi olarak risk yönetim metodları benimsemeye yönelik baskılar oluşmuştur. Bu dönemde

kaydedilen en önemli gelişme ise çok çeşitli standart organizasyonlarının ortaya çıkması ve firmalar tarafından risk yönetimine ilişkin standart, çözüm, araç, yöntem, metot ve bilgi sistemleri geliştirilmesidir.

Yeni teknolojilere yapılan yatırımların getirilerinin yarattığı hayal kırıklığı, küresel ortakların operasyonlarının dağılımı, bazı büyük şirketlerin başarısızlıkları, 11 Eylül olayı ve genel ekonomik huzursuzluk; kurulları ve yönetimleri riskleri ele almaya yönlendirmiştir. Sarbanes-Oxley, SEC'in (Security and Exchange Commission) oluşturulmasından sonra yapılan en önemli reformdur. Basel II, bankacılık alanında yeni ulusal standartları ve risk yönetimi gereksinimi düzenlemelerini oluşturmuştur. Şirketler söz konusu yasal düzenlemelerden doğrudan etkilenmemekle birlikte 'risk kültürü' farkındalığının artması açısından yol kat etmişlerdir. Bazı uluslararası danışmanlık firmaları ve organizasyonları, çok çeşitli risk yönetim metodolojileri üretmişlerdir. Pek çok firma ise kendi risk yönetimi yaklaşımını oluşturmuştur. Fakat, en sofistike risk yönetimi metodları, 2008, 2009 ve öncesinde yaşanan birkaç krizde çatlakları ortaya çıkan finans sektöründe görülmüştür (Hubbard, 2009: 22). Bu çerçevede, risk yönetimi, analizi ve değerlendirmesi konusunda pek çok standart ve politika belgesinde önerilerde bulunulmuş, farklı yöntem ve yaklaşımlar geliştirilmiştir.

2.6. Literatür Taraması

Son yıllarda, risk değerlendirme, risk değerlerinin bulunması, analizi ve önceliklendirilmesi için farklı yaklaşımların kullanımını içeren çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar taranarak, yöntem ve uygulama açısından yenilik getiren, literatüre katkı sağlayan çalışmalara aşağıda yer verilmiştir.

- Bonvicini; Lionelli ve Spadoni (1998), zararlı materyallerin taşınmasında risk analizi sürecinde bulanık mantık yaklaşımıyla belirsizlik değerlendirmesi yapmışlardır.
- Price (1998), Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA)'daki hataların mümkün bütün olasılıklarının benzetim yardımıyla göz önüne alınması ve önemli olanlarının otomatik seçilmesi konusunda çalışmıştır.
- Frantzich (1998), monte carlo simülasyonu ve olay ağacı yöntemini kullanarak yangın güvenliği ve risk analizi çalışması yapmıştır.

- Davidson ve Labib (2003), Concord uçak kazalarının önlenmesi çalışmasında modifiye edilmiş risk analizi modeli geliştirmişler ve uygun iyileştirmeler yapabilmek, uygun tasarım politikalarını seçmek için Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)'den yararlanmışlardır.
- Pillay ve Wang (2003), hata şiddeti, bulunabilirliği ve olasılığı tablolarının oluşturulması ile ilgili çalışmalar yapmışlardır. Çalışma sonucunda risk değerlendirilmesinde de kullanılan skalalar oluşturularak, uygulamaya elverişli hale getirilmiştir.
- Bailer, Noble ve Wheeler (2005), deneysel çalışmalarda kuantal yanıt için belirsizlik modeli ve risk tahmini üzerinde çalışmış ve Bayes model ortalamasını kullanmışlardır.
- Garcia, Schirru ve Frutuosa (2005), bulanık veri zarflama analizi yaklaşımını risk değerlendirmede uygulamışlardır.
- Sikder, Sanchiata ve Tarun (2006), saldırı türleri için risk sınıflarını kümelendirerek belirsizlik altında bilgi temelli risk değerlendirmesi yapmışlardır.
- Miller (2007), yaban hayatı koruma programları çerçevesinde hastalık riskini ele almış, karar ağacı ve STELLA isimli yazılım aracılığıyla risk değerlendirmesi yapmıştır
- McGill, Ayyub ve Kaminskiy (2007), "Kritik Varlıkların Korunmasında Risk Analizi" adlı çalışmalarında, kritik altyapı ve stratejik varlık düzeyinde kaynak tahsisine karar verme ve önemli kaynakların korunmasını destekleyen bir nicel risk değerlendirmesi ve yönetimi çerçevesi önermişlerdir.
- Wormuth, Demou, Scheringer ve Hungerb (2007), insanların doğrudan maruz kaldıkları risklerin değerlendirilmesinde senaryo bazlı bir analiz çalışması yapmışlardır.
- Marhavilas ve Koulouriotis (2008), alüminyum ekstrüzyon sektöründe kantitatif risk değerlendirme tekniklerini kullanarak bir risk tahmin metodoloji çerçevesi geliştirmişlerdir.
- Schulz ve diğerleri (2009), "Almanya'da Coğrafi Tabanlı Olasılıklı Risk Değerlendirmesi ve Pestisit Yönetimi" isimli çalışmaları ile olasılıklı risk değerlendirme tekniği çerçevesinde maruz kalınan coğrafi risklerin azaltılması üzerine yoğunlaşmışlardır.

- Sun, Huang, Chen ve Li (2008), gayrimenkul projelerinde bulanık küme bazlı bir risk değerlendirme metodolojisi kullanmışlardır.
- Kahraman ve Kaya (2009), Türkiye'deki kuraklık riskinin bulanık doğruluk endeksi ile değerlendirilmesini yapmışlardır.
- Zhang, Kluck ve Achon (2009), kirli sahaların sıralanmasında fuzzy PROMETHEE kullanarak risk değerlendirmesi bazlı karşılaştırmalı bir yaklaşım geliştirmişlerdir.
- Leeuwen ve diğerleri (2009), analitik doğrulama elemanı olarak risk analizinde HTEA'yı kullanmışlardır.
- Aven ve Heide (2009), risk analizinin güvenilirliği ve geçerliliği üzerine çalışmışlar, terörizm risklerinin değerlendirilmesinde nicel tekniklerden, nitel belirsizlik değerlendirme ve senaryo analizi araçlarından faydalanmışlardır.
- Brito ve Almeida (2009), doğalgaz hatlarında risk sıralaması için çok ölçütlü bir risk değerlendirme modeli sunmuşlardır.
- Kelly ve Smith (2009), olasılıklı risk değerlendirmesinde, Bayes çıkarımını kullanmıştır. Markov zinciri, Monte Carlo (MCMC) olasılıklı risk analizi üzerinden Bayes çıkarımı ile pratik uygulama yapmışlardır.
- Zhoua, Jiangb ve Shi (2010), en yakın altuzay yöntemini kullanarak kredi riski değerlendirmesi yamışlardır.
- Chen and Lee (2010), geleneksel HTEA'da risk çarpanları arasındaki karşılıklı ilişkilerin göz önüne alınmadığını vurgulayarak, analitik ağ süreci yönteminden yararlanan hata nedenleri ve mevcut kontrol yöntemleri arasındaki karşılıklı ilişkiyi değerlendiren bir model önermişlerdir.
- Sriastava ve Gupta (2010), petrol ve gaz endüstrisinin yanı sıra diğer kimyasal proses endüstrilerinde güvenlik riskini değerlendirmek için Güvenlik Risk Faktörü Tablosu (SRFT) ve Kademeli Matrix Prosedürünü (SMP) geliştirmişlerdir.
- Han ve Eng (2010), doğal gaz boru hattı şebekesi için entegre bir nicel risk değerlendirme yöntemi önermişler ve bu çalışmada kazaların olasılık değerlendirmesi ile sonuçlarının analizi yöntemlerini kullanmışlardır.
- Nordgard ve Sand (2010), elektrik dağıtım sistemlerinin yalıtımlı çalışma anahtarı risk analizinde Bayes ağlarını kullanmışlardır.
- Dash (2010), yazılım geliştirme süreçlerinde kullanılan risk değerlendirme tekniklerini ele almıştır.

- Syachrani, Hyung, Vajra ve Tom (2010), ”Menfez Rehabilitasyonunun Kazısız Teknolojilerinde Güvenlik Değerlendirmesi İçin Bir Risk Yönetimi Yaklaşımı” isimli çalışmalarında risklerin tespiti ve değerlendirilmesinde matris yöntemini kullanmışlardır.
- Kannadhasan (2010), stratejik yatırım kararlarında risk analiz tekniklerinin kullanımını ele almıştır.
- Catrinu ve Nordgard (2011), elektrik dağıtım sisteminin varlık yönetiminde risk analizi ve belirsizlik altında çok kriterli karar destek sistemini entegre kullanmışlardır.
- Lin, Lin ve Tyan (2011), bulanık mantık ve bulanık kural tabanlı çıkarım diyagramlarını kullanarak majör inşaat kazalarının risklerini değerlendirmek için entegre bir nitel risk analiz metodu önermişlerdir.
- Mousavi, Tavakkoli, Azaron, Mojtahedi ve Hashemi (2011), otoyol projelerinde jacknife tekniğini kullanarak risk değerlendirmesi yapmışlardır.
- Pinto, Nunes ve Ribeira (2011), inşaat sektöründeki iş risklerini bulanık kümelerle analiz etmiştir.
- Ouédraogo, Groso ve Meyer (2011), risk analizinde laboratuvar değerlendirmesi amaçlı olarak ağırlıklandırmada AHP kullanarak bir “Lab Criticity Index” gelştirilmesine çalışmışlardır.
- Milazzo ve Aven (2012), kimya tesisleri için bir risk değerlendirme yaklaşımı önermişler ve boru yırtılmaları konusunda uygulamalı çalışma yapmışlardır.
- Khakzad, Khan ve Amyotte (2012,2013), papyon analizi yöntemini kullanarak kazalar için dinamik risk analizi konusunda çalışmışlardır.
- Tofilo ve diğerleri (2013), yangın güvenlik analizi ve risk değerlendirmesinde uzman sistemleri kullanmışlardır.
- Huang, Lyamin, griffiths, Krabbenhaft ve Sloan (2013), birden fazla hata türü olan sistemlerde kullanılmak üzere yeni bir nicel risk değerlendirme yaklaşımı geliştirerek, heyelanlar için sınır ve risk analizinde kullanmışlar ve her hata türü için ayrı değerlendirme yapılmasını sağlamışlardır.
- Ma, Li, Liang, Li ve Chen (2013), boru hatlarının risk değerlendirmesinde kullanılmak üzere, aralık farkına ve boruların kritik uzunluk hesabına dayalı yeni bir nicel risk değerlendirme metodu geliştirmişlerdir.

Bu çalışmalara ek olarak son yıllarda literatürde, risk önceliklerinin belirlenmesi ile ilgili eleştirileri ortadan kaldırmak amacıyla çeşitli yaklaşımların geliştirildiği, risk analizi, değerlendirmesi, yönetimi vb. konularda bulanık mantığın kullanıldığı çok sayıda çalışmanın yer aldığı görülmektedir:

- Chen (2001), "Yazılım Geliştirmede Birleştirici Risk Oranını Değerlendirmek İçin Bulanık Grup Kararı" isimli çalışmasında bulanık küme teorisini kullanarak yeni bir algoritma geliştirmiştir.
- Cho, Choi ve Kim (2002), belirsizlikler için bulanık üyelik eğrilerini kullanarak yeni bir risk değerlendirmesi metodolojisi önermişlerdir.
- Endo ve Horiuchi (2004), çalışmalarında fonksiyonel analiz bazlı bulanık haritalama kavramına göre belirsiz bulanık kontrol sistemlerini analiz etmek için temel bir yöntem önermişlerdir.
- Lee ve Chen (2008), değişik şekil ve sapmalardaki bulanık sayıları baz alan yeni bir bulanık risk analiz metodunun kullanımını önermişlerdir.
- Chen ve Chen (2008), aralık-değerli bulanık sayılar arasındaki benzerlik ölçüsünü; Chen ve Chen(2009), aralık-değerli bulanık sayılar ile aralık-değerli bulanık sayı aritmetik operatörlerinin benzerlik ölçüsünü; Wei ve Chen (2009) ise genelleştirilmiş bulanık sayıların benzerlik ölçüsünü baz alan bulanık risk analiz metodları üzerinde çalışmışlardır.
- Chen ve Chen (2009), farklı yükseklik ve dağılımdaki genelleştirilmiş bulanık sayıların benzerlik ölçüsünü baz alan bulanık risk analiz metodu önermişlerdir.
- Liu ve Lai (2009), çevresel etkilerin değerlendirmesinde karar destek sistemi olarak bulanık mantık ve bulanık AAS'yi kapsayan hibrit bir yaklaşım geliştirmişlerdir.
- Wang, Chin, Poon ve Yang (2009), HTEA'da bulanık ağırlıklı geometrik ortalama kullanarak risk değerlendirmesi yapmışlardır.
- Xu, Shang, Qian ve Shu (2010), trapez bulanık sayılar benzerliğine dayanan bir bulanız risk analiz metodu önermişlerdir.
- Xiang, Liu, Zhang ve Wu (2010), batık yüzer tünel yönetimi ve risk analizinde bulanık AHP metodunun kullanımını önermişler, uygulamasını yapmışlardır.
- Wang, Chan, Yee ve Diaz (2012), moda endüstrisinde yeşil girimlerin uygulanması amacıyla iki aşamalı bulanık-AHP metodu geliştirmişler ve bulanık mantık ile birlikte kullanmışlardır.

- Hejazi, Doostparast ve Hosseini (2011), genelleştirilmiş bulanık sayıların yeni bir benzerlik ölçüsünü baz alan bulanık risk analiz metodu geliştirmişlerdir.
- Hung (2011), riskli küresel çevrede rekabet avantajı sağlamak için faaliyet tabanlı farklı tedarik zincirleri planlamada bir DEMATEL-ANP (decision making trial and evaluation laboratory – analytic network process) bulanık hedef programlama yaklaşımı kullanmışlardır.
- Li, Zhou, Liu ve Jiang (2012), değişken bulanık kümeler ve bilgi difüzyon yöntemi ile taşkın risk analizi için bir model çalışması yapmışlardır.
- Liu ve Tsai (2012); kalite fonksiyon yayılımı, bulanık AAS ve bulanık HTEA kullanarak bir bulanık risk değerlendirme yöntemi geliştirmiştir. Uzmanların sübjektif ve muğlak yorum ve değerlendirmelerini elimine etmek için geliştirilen bu yöntem inşaat sektöründeki tehlikelerin nedenlerini belirleme çalışmasında kullanılmıştır.
- Hu, Wen, Li, Wang ve Li (2013), kirlenmiş sitelerin yönetimi için dinamik bir bulanık stokastik entegre çevresel risk değerlendirmesi yaklaşımı geliştirmişlerdir.

2.7. Türkiye'de Risk Yönetimi

Türkiye'de 'risk yönetimi', oldukça yeni bir kavramdır. Yönetim süreçlerine yeni dahil olan 'risk yönetimi' kavramı ile ilgili yasal düzenlemeler henüz net olmamakla birlikte, özellikle özel sektörde şirketlerin kendi yapılarına uygun olarak hazırladıkları risk yönetimi modelleri ile sıkça karşılaşılmaktadır.

Bu alanda yapılan yasal düzenlemelere bankacılık sektörü öncülük yapmıştır. Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurulu tarafından hazırlanan "Bankaların İç Denetim ve Risk Yönetimi Sistemleri Hakkında Yönetmelik" ile bankaların bünyelerinde etkin bir risk yönetimi sistemi oluşturmalarına ilişkin usul ve esaslar belirlenmiştir. Ayrıca, sigortacılık ve bireysel emeklilik sektörüne yönelik olarak Hazine Müsteşarlığı tarafından hazırlanan "Sigorta ve Reasürans ile Emeklilik Şirketlerinin İç Sistemlerine İlişkin Yönetmelik" ile bahse konu şirketlerin risk yönetim sistemlerine ilişkin usul ve esaslar düzenlenmiştir. Diğer taraftan, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu tarafından yapılan düzenlemelerden sadece birkaçında riske ve risk değerlendirmesine yer verildiği görülmektedir (Çatak, 2010).

Genel yönetim kapsamındaki kamu idareleri ele alındığında ise risk yönetiminin, iç kontrolle birlikte gündeme gelen ve entegre sistemlerle oluşturulmaya çalışılan bir yapı olduğu söylenebilir. İç kontrolün 'risk değerlendirme' bileşenine odaklanarak başlanan çalışmalar, kamu idarelerinde risk yönetim sistemi kurulması ve risk yönetimi organizasyon yapılarının teşkili çalışmalarını da beraberinde getirmiştir. Yasal düzenleme, uygulama, tecrübe vb. eksiklikler bulunmakla birlikte Türkiye'deki kamu kurumlarının henüz başlangıç aşamasında bulunduğu risk yönetimine geçiş süreci devam etmektedir.

Geçiş sürecinde en çok problem yaşanan aşama risk değerlendirme aşamasıdır. Çok sayıda ve çeşitli yöntem alternatifinin bulunduğu ve tek bir doğru veya geçerli yöntemin olmadığı risk değerlendirme alanında karşılaşılan sorunların başında yöntem seçimi gelmektedir. Risk değerlendirme süreciyle ilgili olarak mevzuatla tanımlanmış veya diğer düzenlemelerle önerilmiş bir metodoloji bulunmamaktadır. Bu alanda kaynak doküman olan 'ISO 31010: Risk Değerlendirme Teknikleri' sadece yöntemleri anlatmakla yetinmiştir. Dolayısıyla; risk yönetimi kavramı ile yeni tanışan Türk kamu sektöründe idareler, hangi yöntemin, hangi şartlar altında, hangi süreçlerde ve hangi destek metotlarla birlikte uygulanması gerektiği konusunda rehberliğe ihtiyaç duymaktadır (Canbolat, 2011).

İdarelerin söz konusu risk değerlendirme yöntemleri arasından seçim yaparken gözönünde bulundurması gereken faktörler şunlardır:

- Stratejik plan öğeleri:
  - Stratejik amaç ve hedeflerinin sayısı
  - Amaç ve hedeflerin birbirine bağımlı olup/olmadığı
  - Amaç ve hedefler arasında karşılıklı etkileşimlerin bulunup bulunmadığı
- Sayısal ölçüm ve değerlendirme skalalarının ihtiyaçlarına uygunluğu
- Karar vericilerin çeşitliliği
- İnsan faktörü (risk analistinin/karar vericinin yargılarının belirsiz olması ve kesinliği/doğruluğu tam olarak bilinemeyen veriler bulunması)

Yukarıda sayılan faktörler göz önünde bulundurulduğunda, tüm kurumlardaki süreçler ve karar vericiler için tek bir sistemin önerilmesi zor gibi görünse de kurumlarda risk terminolojisi ve değerlendirilmesinde dil birliğinin sağlanması ve etkin bir risk yönetim

sistemi için standart tekniklerin kullanılması büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle idarelerde; stratejik amaç ve hedeflerin gerçekleştirilmesine yönelik risklerin ve operasyonel risklerin belirlenmesi ve risklerin gerçekleşme olasılığı ile muhtemel etkilerinin analiz edilmesi süreçlerinde kullanılmak üzere standart, tüm personel tarafından bilinen ve anlaşılan, kullanımı kolay ve diğer sistemlerle entegre yöntemlere/modellere ihtiyaç vardır (Canbolat, 2011).

3. YÖNTEMLER

Bu bölümde; risk değerlendirme için önerilen modellerde kullanılan yöntemler anlatılmıştır. Öncelikle geleneksel risk değerlendirme yöntemi olarak anılan risk matrisine ve analitik ağ sürecine yer verilmiştir. Daha sonra kullanılan bulanık tekniklerin daha iyi anlaşılması amacıyla bulanık mantık, bulanık kümeler ve üyelik fonksiyonları hakkında genel bilgilere yer verilmiştir. Son olarak çözümde kullanılan Chang'in derece analizi metodu, Mikhailov'un bulanık analitik ağ süreci yaklaşımı, Wang'ın modifiye bulanık logaritmik en küçük kareler metodu ve bulanık kural tabanlı sistemlerden bahsedilmiştir.

3.1. Geleneksel Risk Değerlendirme Yöntemi (Risk Matrisi)

Literatürde en sık karşılaşılan ve bu çalışmada "geleneksel yöntem" olarak ifade edilen yöntem, Risk Matrisi'dir. Bu yöntem, Amerika Birleşik Devletleri Askeri standardı MIL_STD_882-D olarak da bilinen sistemin güvenlik gereksinimini karşılamak amacı ile geliştirilmiş bir yöntem olup daha sonra pek çok endüstride uygulanır hale gelmiştir. Bu yöntemle yapılan risk değerlendirmesinde, matris şeklinde oluşturulan tablolar yardımı ile iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişki analiz edilebilir ve buna bağlı değerlendirmeler yapılabilir (Kontovas, 2005; DNV, 2001).

Risk Matrisleri, özellikle neden-sonuç ilişkilerinin değerlendirilmesi amacı ile kullanılır. Kullanım kolaylığı ve basit yapısı açısından ekip kurmak zorunda olmaksızın tek bir analist tarafından da uygulanabilen bir yöntem olmasına karşın, karmaşık yapıdaki süreç ya da sistemlerin analiz edilmesi aşamasında tek analist yeterli olmayabilir. Bu yöntem yardımı ile herhangi bir olayın gerçekleşme olasılığı ve bu olayın gerçekleşmesi durumunda sonucunun/etkisinin derecelendirilmesi ve ölçümü yapılır (Stoneburner, Goguen ve Feringa, 2002).

Bu yöntem, riskin iki temel özelliği olan "etki" ve "olasılık" elemanlarının, risk analistleri tarafından belirlenen skalada değerlendirilmesi esasına dayanır. Olasılık, bir olayın belirli bir dönemde gerçekleşme ihtimalini; etki ise bu olay meydana gelirse doğuracağı sonuç veya yaratacağı etkiyi ifade eder (Canbolat, 2011).

Risklerin olasılık ve etkilerini gösteren rakamların tespiti için farklı puan tabloları kullanılabilmektedir. Bunun nedeni; farklı organizasyonların geliştirdikleri puan tabloları veya firmaların geçmiş verilere dayanarak oluşturdukları puan tabloları gibi farklılaşmaların bulunmasıdır. Bu çalışma kapsamında, risklerin ayrıştırılmasında kolaylık sağlaması açısından 1-10 skalası tercih edilmiştir. Olasılık için 1 rakamı, bir riskin gerçekleşme ihtimalinin neredeyse olmadığı; 10 rakamı ise riskin gerçekleşmesinin neredeyse kesin olduğu anlamına gelir (Çizelge 3.1.a).

Çizelge 3.1.a. Olasılık değerlendirme tablosu

Derece		Olasılık
Yüksek	10	Mutlaka ortaya çıkan
	9	Sürekli ortaya çıkan
	8	Çok sık ortaya çıkan
	7	Sık ortaya çıkan
Orta	6	Genellikle ortaya çıkan
	5	Zaman zaman ortaya çıkan
	4	Nadiren ortaya çıkan
Düşük	3	Düşük olasılıkla ortaya çıkan
	2	Çok düşük olasılıkla ortaya çıkan
	1	Ortaya çıkma olasılığı olmayan

Etki açısından ise 1 rakamı riskin gerçekleşmesinin doğuracağı sonucun etkisinin yok denecek kadar az olduğu; 10 rakamı ise bu sonucun çok önemli olduğu anlamına gelir (Çizelge 3.1.b).

Çizelge 3.1.b. Etki değerlendirme tablosu

Derece		Etki
Yüksek	10	Kesin
	9	Oldukça yüksek
	8	Çok yüksek
	7	Yüksek
Orta	6	Yükseğe yakın orta
	5	Orta
	4	Düşüğe yakın orta
Düşük	3	Düşük
	2	Çok düşük
	1	Etkisi neredeyse yok

Risklere olasılık ve etki açısından Çizelge 3.1.a ve Çizelge 3.1.b'den seçilen 1 ila 10 arasında bir değer atanır. Burada değerlendirme tamamen karar vericinin/risk analistinin kişisel yargılarına dayandığından subjektivite söz konusudur. Bu nedenle geleneksel yöntemin uygulanmasında karar vericinin/risk analistinin bilgi düzeyi, konuya hakimiyeti, deneyimi, tutarlılığı ve rasyonel karar alma yetisi önem arz eder (Canbolat, 2011).

Verilen olasılık puanı ile etki puanının çarpımı risk öncelik sayısını verir. Yukarıdaki tablolarda yer alan olasılık ve etki değerleri çerçevesinde, risk puanı 1-100 arasında bir değer alacaktır. Her risk için; "Risk Skoru = Olasılık x Etki" formülü ile risk skoru belirlenerek, matristeki yerine yazılır (Özkılıç, 2005).

Çizelge 3.2'deki matriste yer alan gösterimde, kırmızı renk ile tanımlanan riskler, öncelikli olarak ortadan kaldırılması ve kaldırılmadığı taktirde sürece/sisteme zarar vermesi olası olan risklerdir. Kırmızı renkten sarı ve yeşil renge doğru gidildikçe risklerin önem değeri ve etkilerinin/sonuçlarının olumsuzluk yaratma olasılıkları azalmaktadır. Çizelge 3.2'de yer alan örnekte 10*10'luk bir matris örneği verilirken literatürde, 5*5'lik, 4*4'lük ve 3*3'lük matrisler de kullanılmaktadır (Ashcroft, Daniels ve Hort, 2002).

Çizelge 3.2. 10x10'luk risk matrisi

Etki \ Olasılık	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
9	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90
8	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
7	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
6	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
4	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
3	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Analistlere nitel bir değerlendirme olanağı sunan risk matrisi yöntemi, risk faktörlerinin tanımlanması mantığına dayandığından dolayı tanımlayıcı özelliktedir. Yöntemin dezavantajı ise risklerin tekil değerlendirilmesini amaçlamasıdır. Risk yapısı, kullanıcı tarafından herhangi bir destek yöntem kullanılmaksızın bütün olarak değerlendirilir ve nihai bir risk değerine ulaşılır.

3.2. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Analitik Ağ Süreci (AAS)

Karar verme, mevcut tüm alternatifler arasından amaç veya amaçlara en uygun ve mümkün olanlardan bir veya birkaçını seçme sürecidir (Hwang ve Masud, 1979). Karar verme tüm yönetim fonksiyonlarının özünü oluşturur. Planlama, organize etme, uygulama ve kontrol etme gibi diğer yönetim fonksiyonları da yoğun olarak karar vermeye dayanır (Kuruüzüm ve Atsan, 2001).

Modern karar destek yöntemlerini kullanan işletmeler, globalleşen iş ilişkilerine öncülük etmekte ve bu ilişkiler ağını yönetmekte rekabetçi avantaj sahibi olabilmektedirler (Kuruüzüm ve Atsan, 2001). Modern karar destek yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Analitik Ağ Süreci (AAS) Prof. Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiştir.

AHP, karar vericilerin birden çok kriter içeren karmaşık problemleri, problemin ana hedefi, kriterleri, alt kriterleri ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi gösteren hiyerarşik bir yapıda modellemelerine olanak verir. AHP'nin en önemli özelliği karar vericinin hem objektif hem de sübjektif düşüncelerini karar sürecine dahil edebilmesidir. AHP çok geniş bir uygulama alanına sahiptir ve pek çok karar probleminde etkin olarak kullanılmaktadır (Kuruüzüm ve Atsan, 2001; Saaty, 2001: 43).

AHP, karar verme problemlerini hiyerarşik bir yapıda tek yönlü olarak modellemekte ve en iyi kararın verilmesine etki eden faktörleri sistematik bir şekilde değerlendirerek faktörlere ilişkin öncelik sıralarını belirlemektedir. AHP'nin en önemli varsayımlarından biri; aynı seviyede bulunan faktörlerin birbirinden bağımsız olması ve faktörlerin birbirine olan etkilerinin dikkate alınmamasıdır. Oysa gerçek hayatta karar verme problemlerini etkileyen birçok faktör birbiriyle etkileşim halinde bulunmakta ve en iyi kararın verilmesi faktörler arasındaki bu ilişkilerin dikkate alınmasını gerektirmektedir. AHP çeşitli faktörlerin kendi arasındaki etkilerini hesaba katmadığından sonuçlarda belirginlik yoktur (Saaty, 2001: 59). AHP'nin bu özelliği nedeniyle AAS'nin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur.

AAS, AHP tekniğinin üzerine kurulan, karar verme ölçütleri ve seçenekleri arasında ve kendi içlerinde geri besleme ve bağımlılığa olanak tanıyan, karmaşık karar problemlerinin daha doğru şekilde modellenebildiği bir yaklaşımdır (Saaty, 1994). AAS, seçeneklerin

açıkça bilindiği ancak karar vermede etkisi olan koşulların (kısıtların) matematiksel olarak ifade edilemediği karar verme problemlerinde uygulanır. Burada amaç, belirlenen ölçütlere göre istenen hedefe ulaşmak için en uygun seçeneği belirlemektir.

AHP, çok ölçütlü problemlerde ikili karşılaştırmalar ile karar seçeneklerinin göreceli önceliklendirilmesini sağlayan bir yöntemdir. AAS ise AHP'nin daha genel bir formudur ve bileşenler arasındaki ilişkileri ve yönlerini tanımlayarak ağ şeklinde ifade eder. Bu yapı sayesinde, doğrudan ilişkilendirilmemiş bileşenler arasında olabilecek dolaylı etkileşimler ve geri bildirimler de dikkate alınmaktadır (Saaty, 2001: 80). AAS yöntemi bu yapısıyla karar verme problemlerinin daha etkin ve gerçekçi bir şekilde çözülmesini sağlamaktadır.

AAS, karar vericinin kişisel yargı ve değerlendirmelerine bağlı olarak seçenekleri en önemliden en önemsize doğru sıralar. Hatta seçeneklerin önem derecesini de belirleyerek seçeneklerin birbirlerine ne kadar yakın ve uzak olduğunu, bir seçeneğin belirlenen hedefi ne kadar sağladığını da gösterir (Saaty, 2001: 81).

AAS, önseziye dayanan modellerde ve kararlara etki edecek sınırsız çevresel faktörün dikkate alınması açısından daha kullanışlı bir yöntemdir. Bu şekilde hiyerarşik yapılar ile modellenemeyen karmaşık problemler kolaylıkla modellenebilir (Dağdeviren, 2005). Seçeneklerin açıkça bilindiği ve bu seçenekleri değerlendirmek için kriterlerin var olduğu, ancak bu kriterlerin tümünün sayısal olarak ifade edilemediği, bazı kriterlerin karar vericiye göre ağırlığının değişebildiği, belirlenen kontrol kriterlerine göre kriterlerin ikili karşılaştırmalarının yapılabileceği problemlerde AHP ve AAS uygulanabilir (Saaty, 2001: 91).

Literatürde çok ölçütlü karar verme teknikleri çeşitli alanlarda uygulanarak birçok karmaşık karar verme probleminin çözümünde kullanılmıştır. Farklı araştırmacılar tarafından geliştirilen ikili karşılaştırmalara dayanan AHP ve AAS yaklaşımları mevcuttur. Bu yaklaşımlardan sık kullanılanlara ve bazı uygulama örneklerine aşağıda yer verilmiştir:

- Meade ve Sarkis (1998, 1999), yaptıkları iki ayrı çalışmada lojistik stratejilerinin değerlendirilmesi ve üretim hızının iyileştirilmesi için geliştirdikleri bir yöntemde AAS'yi kullanmışlardır.

- Lee ve Kim (2001), bilgi sistemi proje seçimi sürecinde AAS kullanmış ve bulunan proje öncelikleri 0-1 hedef programlama modeli için bir kısıt olarak alınmıştır.
- Karsak, Sözer ve Alptekin (2002) ile Partovi ve Corredoira (2002), kalite fonksiyon yayılımı sürecinde AAS yaklaşımını uygulamışlardır.
- Meade ve Presley (2002), Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesine ve stratejik tedarikçi seçimine yönelik geliştirdikleri modelde AAS kullanmışlardır.
- Ha ve Seong (2004), risk ve güvenlik önemleri için AHP ve Bayes ağlarını kullanarak sınıflandırma yapmışlardır.
- Dağdeviren, Dönmez ve Kurt (2006), Gencer ve Gürpınar (2007), Demirtaş ve Üstün (2008); AAS'nin en yaygın kullanım alanlarından biri olan tedarikçi değerlendirme sürecinde yeni model tasarımları ve uygulamaları yapmışlardır.
- Ayağ ve Özdemir (2007), yeni ürün geliştirme alanında AAS'yi kullanmışlardır.
- Köne ve Büke'nin (2007), Türkiye için elektrik kaynakları değerlendirme konusunda AAS çözüm ve uygulama çalışmaları mevcuttur.
- Yüksel ve Dağdeviren (2007), SWOT analizinde AAS ile çözümü önermişler ve bir vaka analizinde uygulamışlardır.
- Canbolat (2008), çalışmasında imalat sürecinde oluşan hataların ilişkilendirilmesinde AAS tekniği ile risk önceliklendirmesi yapmıştır.
- Xia ve Chen (2011), risk yönetim yöntemleri ve araçları arasında AAS'ye dayanarak optimal seçim yapmak için bir metodoloji tasarlamışlardır.
- Shiue ve Lin (2012), AAS ile güneş enerjisi sektöründe optimal geri dönüşüm stratejisi belirlemiştir.
- Milani, Shanian, Lynam ve Scarinci (2013), çok kriterli malzeme seçim problemi için AAS kullanmışlar ve bir vaka analizi yapmışlardır.
- Peng ve Xiao (2013), malzeme seçme probleminin çözümünde PROMETHEE ve AAS kombinasyonunu kullanan bir karar verme metodu önermişlerdir.

AAS'nin uygulama adımları şu şekildedir:

Adım 1. AAS Kriterlerinin ve Alt Kriterlerinin Tanımlanması

AAS'de bir karar probleminin gösteriminde ayrıntılı ilişki yapılarının kullanılması önemlidir (Saaty, 1994). Verilen kararın geçerliliği, kullanılan çözüm yöntemine bağlı

olduğu kadar oluşturulan yapının ve yapıdaki ilişkilerin zenginliğine ve doğruluğuna da bağlıdır. Daha önce belirtildiği gibi AAS, seçeneklerin açıkça bilindiği ve bu seçenekleri değerlendirmek için kriterlerin var olduğu durumlarda uygulanabilir. AAS'nin ilk adımı; seçeneklerin, bu seçenekleri önceliklendirmede kullanılacak kriterlerin ve bu kriterlerin alt kriterlerinin belirlenmesidir. Kriter; karar verici açısından önemli olan ve seçenekleri sıralamakta kullanacağı niteliktir. Bu kriter, sayısal ve sayısal olmayan türde olabilir.

Bir karar verme probleminde, belirlenen bir kritere göre seçeneklerin hepsi aynı değeri alıyorsa, o kriterin karar vermede bir etkisi yoktur. Tüm seçenekleri aynı derecede etkilediği için seçim sürecinde etkisiz kriterdir. AAS'de bu türden kriterlerin değerlendirmeye alınması yanlış sonuç doğurmaz sadece uygulayıcıya işlem yükü getirir.

Adım 2. AAS İlişkilerinin Tanımlanması (Modelinin Oluşturulması)

AAS modeli oluşturulurken şu üç yapıdan faydalanılır (Saaty, 2001: 83):

- Geri bildirim (feedback): Geri bildirim, AAS'nin AHP'den en büyük farkıdır. AAS'de alternatifler üzerinde kriterlerin tek yönlü etkisine bakılırken, AAS'de hem alternatifler hem kriterler hem de alt kriterlerin birbirleriyle etkileşimlerine yer verilmektedir.
- Dışsal bağımlılık (outer dependence): Bir kriterin kendisinden farklı bir kümede bulunan kriter/alternatiflerin bulunduğu küme ile varolan etkileşimini gösteren bağımlılıktır.
- İçsel bağımlılık (inner dependence): Aynı küme içinde yer alan kriterlerin birbirleriyle olan etkileşimini gösteren bağımlılıktır.

Adım 3. İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması (Derecelendirme)

AAS'de ölçütlerin ve seçeneklerin birbirine göre önemlerini belirleyebilmek için ikili karşılaştırmalar yapılır. Seçeneklerin karşılaştırılması her bir ölçüt için ayrı ayrı yapılır.

Sayısal olarak ifade edilebilen ölçütler için seçenekleri karşılaştırmada bir sorun yoktur. Ama sayısal olarak ifade edilemeyen ölçütler için bir seçeneğin diğerinden ne kadar önemli olduğunu belirlemek kolay değildir. Sayısal olarak ifade edilemeyen ölçütlerin karşılaştırılmasında Çizelge 3.3'teki skala kullanılır.

Çizelge 3.3. AAS'de kullanılan derecelendirmeler (Saaty, 2001: 85)

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	İki seçenek amaca eşit düzeyde katkıda bulunuyor.
3	Orta derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir seçeneği diğerine orta derecede tercih ettiriyor.
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir seçeneği diğerine kuvvetli derecede tercih ettiriyor.
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir seçenek güçlü bir şekilde tercih ediliyor ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülüyor.
9	Aşırı derecede önemli	Bir seçeneğin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenilirliğe sahip.
2,4,6,8	Ortalama değer	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasına düşen puanlamalar.

AAS'de göreceli durumlarda; ikili karşılaştırmalar yapılarak bir göreceli ağırlık vektörü hesaplanır (Okul, 2007). Bu vektör, örnek maliyet için şu şekilde hesaplanır:

- Alternatifler ve maliyetler tablosu hazırlanır,
- Maliyet, alternatifler için olumsuz bir kriter olduğundan değerlendirilirken çarpmaya göre tersi alınarak olumlu etkiye çevrilir ve "1/maliyet" sütunu oluşturulur,
- "1/maliyet" sütunu toplamı alınır,
- Her satır için ["1/maliyet" / "1/maliyet sütunu toplamı"] göreceli ağırlık vektörüdür.

Çizelge 3.4. Göreceli ağırlık vektörü hesaplama örnek tablosu

	Maliyet	1/Maliyet	GAV
A	20	0,0500	0,37
B	25	0,0400	0,30
C	23	0,0435	0,33
	Toplam	0,1335	

Sonrasında, AAS modelinin kriterleri ve alt kriterleri arasında karşılaştırma yapılır, üstünlük derecesi belirlenir ve 'W_{ij}' (Şekil 3.1.) yapısında karşılaştırmalı matrisler oluşturulur.

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} W_{i1}^{(j_1)} & W_{i1}^{(j_2)} & \cdots & W_{i1}^{(jn_j)} \\ W_{i2}^{(j_1)} & W_{i2}^{(j_2)} & \cdots & W_{i2}^{(jn_j)} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ W_{im_i}^{(j_1)} & W_{im_i}^{(j_2)} & \cdots & W_{im_i}^{(jn_j)} \end{bmatrix}$$

Şekil 3.1. Karşılaştırmalı matris yapısı

Adım 4. AAS'de Matris İşlemleri (Süpermatris, Ağırlıklandırılmış ve Limit Matris)

AAS'de ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasından sonra bu matrislerin üstünlük vektörlerinin hesaplanması gerekmektedir. Hesaplanan üstünlüklerin ikili karşılaştırma matrislerindeki yargıları doğru biçimde yansıtması önemlidir (Saaty ve Vargas, 1984: 52).

Üstünlük vektörlerinin bulunması için farklı yollar olmakla birlikte en iyi sonuç veren yollardan biri, ikili karşılaştırma matrisinin her sütunundaki elemanları sütun toplamlarına bölmek suretiyle sütunları normalize etmek ve elde edilen matristeki satırların aritmetik ortalamasını almak şeklindedir (Pamukçu, 2004).

Bir ağ yapısında hiyerarşik yapıda olduğu gibi üstünlüklerin sırayla en alt seviyeden en üst seviyeye kadar çarpılması mümkün değildir. Sistemin elemanları çok sayıda farklı elemanla etkileşim halinde olabilir. AAS'de bir elemanın üstünlüğünün anlamlı olabilmesi için, söz konusu elemanın bağımlı olduğu veya etkilediği tüm elemanların ve ağ üzerinde etkilenen elemanlara varan, etkileyen elemanlardan da ayrılan tüm olası yolların hesaplamaya dahil edilmesi gerekmektedir (Pamukçu, 2004).

Oluşturulmuş olan bir ikili karşılaştırma matrisi üzerinde çözüme yönelik işlemlerin yapılabilmesi için matrisin stokastik olma zorunluluğu vardır (Saaty, 2001: 86). Yani her bir satır toplamı 1'e eşit olmalıdır. W_{ij} yapısındaki karşılaştırmalı matrislerin (Bkz. Şekil 3.1) göreceli ağırlık vektörleri ilgili satır ve sütunlara yerleştirilerek Şekil 3.2'de verilen W süpermatrisi oluşturulur. Bu aşamadan sonra; kriterlerin küme ağırlık değerleri belirlenir

ve süper matriste kendilerine karşılık gelen bloktaki tüm değerlerle çarpılır. Elde edilen yeni matris ağırlıklandırılmış süpermatristir.

AAS'de bu aşamadan sonra amaçlanan her bir elemanın diğer elemanlarla olan etkileşimini yansıtan limit üstünlüklerin türetilmesidir. Limit üstünlükleri elde etmek üzere matris işlemlerinin yapılması oldukça zor ve uzun bir süreçtir. Bu süreçte çözüm programları kullanılarak güvenilir sonuçlar elde edilebilir.

$$
W = \begin{array}{c|c}
 & \begin{array}{ccccc} C_1 & & C_2 & \cdots & C_N \\ e_{11}e_{12}\cdots e_{1n_1} & & e_{21}e_{22}\cdots e_{2n_2} & & e_{N1}e_{N2}\cdots e_{NnN} \end{array} \\
\begin{array}{c} C_1 \\ \\ \\ \\ C_2 \\ \\ \\ \\ \\ \\ C_N \\ \\ \\ \end{array} &
\begin{array}{c} e_{11} \\ e_{12} \\ \vdots \\ e_{1n_1} \\ e_{21} \\ e_{22} \\ \vdots \\ e_{2n_2} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ e_{N1} \\ e_{N2} \\ \vdots \\ e_{NnN} \end{array}
\begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \cdots & W_{1N} \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ & & & \\ W_{21} & W_{22} & \cdots & W_{2N} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ & & & \\ & & & \\ W_{N1} & W_{N2} & \cdots & W_{NN} \end{bmatrix}
\end{array}
$$

Şekil 3.2. Ağırlıklandırılmamış süpermatris yapısı

Adım 5. En Uygun Alternatifin Seçimi (Çözüm)

Limitlendirme işlemi sonrasında normalize edilmiş ağırlıklandırılmış matrise ulaşılır. Bu matris satır ve sütun değerleri kriter ve alternatiflerden oluşan sonuç matrisidir. Limit değeri yani üstünlük değeri en büyük olan alternatif, AAS ile modellenen karar probleminde çözüm alternatifi olarak seçilir.

3.3. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) ve Karar Verme

Mühendislik ve diğer bilim dallarının çoğundaki sistemler kesin matematik yöntemler kullanılarak modellenir. Ancak gerçek hayatta karşılaşılan problemler genellikle deterministik değildir. Özellikle karar süreçlerindeki belirsizlik nedeniyle; karar problemlerinin çözümünde yeni teknik ve çözüm arayışlarına gidilmiş, bu belirsizlikler olasılık kuramı ve teknikleriyle aşılmaya çalışılmıştır. Bulanık mantıkta temel amaç insanların belirsiz ve kesin olmayan bilgiler ışığında tutarlı ve doğru kararlar vermelerini sağlayan düşünme ve karar mekanizmalarının oluşturulmasıdır (Canbolat, 2008).

Bulanık mantığı ilk ortaya koyan, California Berkeley Üniversitesi'nden Profesör Lotfi Zadeh'tir. Zadeh, belirsizlik mantığını gerçek dünya problemlerine büyük bir hassasiyetle uygulamıştır.

Bulanık mantık, uzman kişinin sistem hakkındaki düşünce, bilgi ve tecrübelerini kontrol sistemine aktarabildiği matematiksel bir yapıdır. Bulanık mantığın sıklıkla kullanıldığı iki durum vardır:

- İncelenen olayın karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması halinde kişilerin görüş ve değer yargılarına yer verilmesi gereken durumlar.
- İnsan muhakemesine, kavrayışlarına ve karar vermesine ihtiyaç gösteren haller.

Karar vericiler karar sürecinde klasik bilimsel yaklaşım ve bu yaklaşımın içerdiği yöntemleri kullanıyorlarsa, sonuçta verilen kararlar, iyi-kötü, doğru-yanlış, evet-hayır, siyah-beyaz ya da 0-1 gibi kararlar olacaktır. Oysa gerçek yaşam mutlak ayrım üzerine kurulu olmadığından gerçek karar ortamlarında mutlak ayrım yapmak ve kesin kararlar vermek oldukça zordur (Yaralıoğlu, 2010: 74). Bu zorluk bulanık mantıkla aşılmaya çalışılmaktadır.

3.3.1. Bulanık kümeler ve üyelik fonksiyonları

Bulanık küme kuramı, ilk olarak 1965 yılında Lotfi Zadeh tarafından geliştirilmiştir. Bulanık küme kuramı veya olabilirlik kuramı, bazı kümelerin kesin olmayan sınırlara sahip olduğu ana fikrine dayanır. Olasılık kuramı olayların gerçekleşmelerine veya

gerçekleşmemelerine yönelik belirsizliği rassallık kapsamında ele almakta, bulanık kümeler kuramı ise bir şeyin sınırları kesinlik taşımayan bir kümeye ait olup olmadığı belirsizliği ile ilgilenmektedir (Canbolat, 2008).

Bulanık küme teorisi, ne stokastik ne de raslantısal olan, zihinsel olgulardan kaynaklanan belirsizlikleri modellemenin en iyi yoludur. Karar verme ile ilgili rasyonel yaklaşımlar, nesnel olasılık ölçütlerinden çok, insan öznelliğini dikkate almalıdır. İnsan öznelliğinden elde edilen sayısal veriler bulanık veri olarak adlandırılır (Zadeh, 1987). Bulanık küme kuramı, klasik matematiğin kesinliği ve gerçek yaşantıdaki belirsizlik arasında uzlaşma sağlayan bir adımdır (Kandel, 1983: 112).

Klasik küme kuramında, evrensel kümeye ait olan elemanlar; bir kümeye ait olan elemanlar ve kümeye ait olmayan elemanlar olarak iki sınıfa ayrılır. Klasik kümenin tanımladığı gruba ait olan ve olmayanlar arasında kesin, belirgin bir sınır vardır. Ancak konuşma dilinde tanımlanan uzun boylular, pahalı arabalar, koyu renkliler gibi bir çok grup ve sınıf bu özelliğe uymamaktadır. Bu kümelerde sınırlar kesin ve net gözükmemekte, kümeye üye olma ile olmama arasındaki geçişin ani değil, dereceli olduğu gözlenmektedir. Bir bulanık küme, evrensel kümeye ait her elemana bulanık kümeye ait olma derecesini gösteren birer üyelik derecesi atamak yoluyla matematiksel olarak tanımlanır. Üyelik derecesi, bir elemanın bulanık kümenin temsil ettiği özelliğe ne denli benzer veya uygun olduğunu gösterir. Üyelik dereceleri genellikle 0 ile 1 kapalı aralığındaki gerçel sayılarla temsil edilir (Klir ve Folger, 1988: 47).

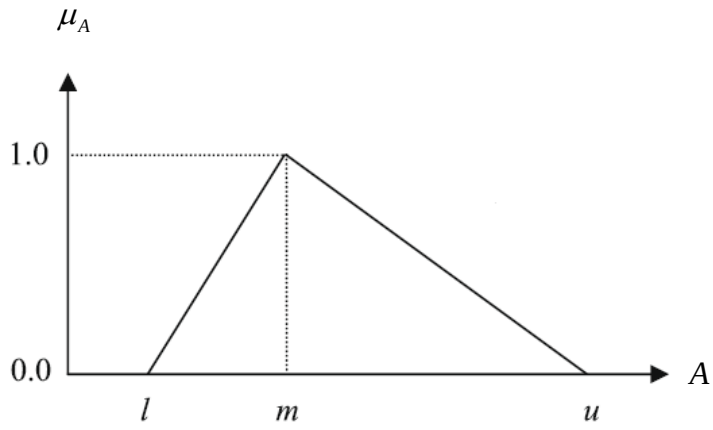
Bulanık kümeler üyelik fonksiyonları ile tanımlanır. *A* bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu $\mu_{A(}x)$ ile gösterilir ve bir faktörün bir kümeye üyeliği 0 ve 1 arasında bir sayı ile belirlenir. Bir *x* faktörü *A* kümesine kesinlikle ait ise $\mu_{A(}x) = 1$, kesinlikle ait değil ise $\mu_{A(}x) = 0$ olur. Daha yüksek bir üyelik derecesi değeri, *x* faktörünün *A* kümesine ait olma derecesinin daha yüksek olduğunu gösterir (Dağdeviren, 2007).

Bulanık sayılarda üyelik fonksiyonu farklı şekillerde ifade edilebilmektedir. Hesaplama açısından getirdiği kolaylıklar göz önüne alınarak üyelik fonksiyonunun seçilmesi, bulanık küme teorisinin esnekliğini yansıtmasında öne çıkan bir durumdur (Wang ve diğerleri, 2009). En çok kullanılan bulanık sayı tipleri üçgensel ve yamuk bulanık sayılardır. Bu çalışmada ise basitliği nedeniyle üçgensel bulanık sayılar üzerinde durulacaktır. Üçgensel

bulanık sayılar, bulanık sayıların özel bir sınıfıdır, üçgensel bir bulanık sayı $\tilde{A}$, üç kesin sayı ($l \leq m \leq u$) ile ifade edilir ve üyelik fonksiyonu da bu sayılara bağlı olarak tanımlanır. Üçgensel bulanık sayının üyelik fonksiyonu şu şekildedir (Zimmermann, 1990: 35):

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < l \\ \dfrac{x-l}{m-l}, & l \leq x \leq m \\ \dfrac{u-x}{u-m}, & m \leq x \leq u \\ 0, & x > m \end{cases} \tag{3.1}$$

(l, m, u) ile ifade edilen $\tilde{A}$ bulanık sayısında, m bulanık sayının en mümkün değerini, l ve u değerleri ise sırasıyla alt ve üst sınırları yani bulanıklığın kapsamını göstermektedir. Şekil 3.3'te bir üçgensel bulanık sayı görülmektedir.



Şekil 3.3. Bir $\tilde{A}$ üçgensel bulanık sayısı

$\tilde{A}=(l_a, m_a, u_a)$ ve $\tilde{B}=(l_b, m_b, u_b)$ iki üçgensel bulanık sayı iken bulanık sayılar üzerindeki temel bulanık operasyonlar şu şekilde tanımlanır:

Toplama: $\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (l_a+l_b, m_a+m_b, u_a+u_b)$

Çıkarma: $\tilde{A} - \tilde{B} = (l_a-l_b, m_a-m_b, u_a-u_b)$

Çarpma: $\tilde{A} \otimes \tilde{B} = (l_a\, l_b, m_a\, m_b, u_a\, u_b)$

Bölme: $\dfrac{\tilde{A}}{\tilde{B}} = \left[\dfrac{l_a}{l_b}, \dfrac{m_a}{m_b}, \dfrac{u_a}{u_b}\right]$

Tersini Alma : $\tilde{A}^{-1} = \left[\frac{1}{u_a}, \frac{1}{m_a}, \frac{1}{l_a}\right]$

α-kesme ise $\tilde{A} = (\, l_a, \, m_a, \, u_a \,)$ bulanık sayısından farklı α değerleri için kapalı değerler kümesi elde etmek için kullanılır. A bulanık kümesinin α-kesmesi şu şekilde tanımlanır (Dağdeviren, 2007):

$$A_\alpha = \{\alpha \in [0,1], \mu_A(x) \geq \alpha\} \tag{3.2}$$

3.4. Bulanık AHP ve Bulanık AAS

Literatürde farklı yazarlar tarafından geliştirilen pek çok bulanık AHP ve AAS metodu mevcuttur (Buckley, 1985; Chang, 1992; Chang, 1996; Cheng, 1997; Leung ve Cao, 2000; Mikhailov, 2000; Mikhailov, 2003; Van Laarhoven ve Pedrycz, 1983). Bu metotlar, bulanık küme teorisi ve çok ölçütlü karar verme tekniklerini kullanarak, alternatifler arasında seçim yapma problemlerine sistematik yaklaşımlar getirmişlerdir. Farklı araştırmacılar tarafından geliştirilen bulanık ikili karşılaştırmalara dayanan AHP ve AAS yaklaşımlarından sık kullanılanlara ve bazı uygulama örneklerine aşağıda yer verilmiştir:

- Van Laarhoven ve Pedrycz (1983), üçgensel bulanık ağırlıkları üçgensel bir bulanık karşılaştırma matrisinden elde etmek amacıyla bulanık logaritmik en küçük kareler tekniğini önermiştir. Bu çalışma, bulanık AHP konusunda literatürde referans olarak kullanılan en önemli teorik çalışmalardan biridir.
- Buckley (1985), bulanık ağırlıkları hesaplamak için geometrik ortalama tekniğini kullanmış ve yamuksal üyelik fonksiyonlarına sahip karşılaştırma oranlarının bulanık önceliklerini belirlemiştir.
- Chang (1992, 1996), ikili karşılaştırma matrisleri ve skalası için için üçgensel bulanık sayıların kullanılması ve ikili karşılaştırmaların sentetik derece değerleri için derece analiz tekniğini geliştirmiş ve bulanık AHP'de uygulanmasını önermiştir.
- Cheng (1997), aritmetik işlemlerde, her bir sistemin her bir kritere göre tatmin derecelerini tamsayılarla sıralamış ve bu sıralama skorlarının toplamının, sistemin tatmin derecesini üçgensel bulanık sayılarla ifade ettiğini ortaya koymuştur.
- Leung ve Cao (2000), bulanık AHP'deki alternatifler için tolerans sapmasını dikkate alan bir bulanık tutarlılık tanımı önermişlerdir. Tolerans sapmalarına izin veren

göreceli önemlerin bulanık oranları, yerel önceliklerin üyelik derecelerinde kısıtlar olarak formüle edilmiştir.

- Mikhailov (2000), AHP'de öncelikleri türetmek için bir bulanık programlama metodu önermiştir.
- Mikhailov (2003), bulanık karşılaştırma matrislerinden net ağırlıklar da elde edebilen bir bulanık tercih programlama tekniği geliştirmiştir.
- Mikhailov ve Singh (2003), bir karar destek sistemi olarak bulanık AAS metodu geliştirmişlerdir.
- Mikhailov (2004), AHP'de grup önceliklendirmesini bulanık tercih programlama metodu ile yapmıştır.
- Kahraman, Ertay ve Büyüközkan (2006), bulanık AAS'yi kalite evi tekniğinde Chang algoritmasıyla uygulamışlardır.
- Mohanty, Agarwal ve Choudhury (2005), bulanık AAS yaklaşımıyla bir vaka analizinde Ar-Ge projesi seçimi yapmışlardır.
- Wang, Elhag ve Hua (2006), modifiye edilmiş bir bulanık logaritmik en küçük kareler tekniği geliştirmişlerdir.
- Dağdeviren, Yüksel ve Kurt (2008), iş sistemlerinde bulanık AAS yaklaşımıyla risk belirleme çalışması yaparak çok kriterli karar problemleri için yeni bir model geliştirmişlerdir.
- Huang (2008), bulanık AAS'de matris yaklaşımı uygulaması yapmıştır.
- Rafiei ve Rabbani (2009), proje seçiminde bulanık grup AAS yöntemini kullanmışlardır.
- Kumar ve Maiti (2012), bulanık AAS'yi risk bazlı bakım modelleme probleminin çözümünde kullanmışlardır.
- Yu ve Shing (2013), 'Bulanık AHP ve AAS: Entegre Bir Bulanık Logaritmik Tercih Programlama' isimli çalışmalarında çok amaçlı programlama ile iki aşamalı bulanık logaritmik tercih programlama önermişlerdir.

3.4.1. Bulanık AHP

Bu çalışmada bulanık AHP metodu olarak Wang ve diğerlerinin (2006) geliştirmiş olduğu 'Modifiye Bulanık Logaritmik En Küçük Kareler (EKK) Yaklaşımı' kullanılmıştır.

Wang ve diğerlerinin (2006) yaklaşımı, benzer yöntemlerde gözlenen;

- yerel bulanık ağırlıkların normalizasyonundaki hatalar,
- bir bulanık karşılaştırma matrisinde normalize olmayan bulanık ağırlık alt sınırı değerinin üst sınır değerinden daha büyük olduğu durumlarda yerel bulanık ağırlıkları çıkarmada yaşanan çözümsüzlük,
- eksik bulanık karşılaştırma matrislerinde yerel bulanık ağırlıkların belirsizliği ve global bulanık ağırlıkların gerçek olmaması

problemlerini ortadan kaldırdığı için tercih edilmektedir.

Modifiye bulanık logaritmik EKK metodu, doğrusal olmayan kısıtlı bir optimizasyon modeli olarak formüle edilir ve bu modelden (tam veya eksik üçgensel bulanık karşılaştırma matrisleri için) doğrudan normalize üçgensel bulanık sayılar elde edilebilir (Wang ve diğerleri, 2006).

Wang ve diğerlerinin modifiye bulanık logaritmik EKK metoduna geçmeden önce bulanık EKK metodundan bahsedilmesinde fayda görülmektedir.

Bulanık EKK metodu

$\tilde{a}_{ijk} = (l_{ijk}, m_{ijk}, u_{ijk})$ şeklindeki bulanık sayılarından oluşan bir grup $\tilde{A}$ yapısında bulanık karşılaştırma matrisi düşünelim. ($\tilde{a}_{ijk}$ için $\tilde{a}_{ijk} = \tilde{a}_{jik}^{-1} = (1/u_{ijk}, 1/m_{ijk}, 1/l_{ijk})$ $i,j=1,\ldots,n$, $i \neq j$, $k=1,\ldots,\delta_{ij}$ ve $\delta_{ij} = \delta_{ji}$)

Bu $\tilde{A}$ bulanık karşılaştırma matrisleri grubu için, bir normalize bulanık ağırlık vektörü oluşturulur.

$$\tilde{W} = (\tilde{w}_{1,\ldots,} \tilde{w}_T)^T = ((w_1^L, w_1^M, w_1^U),\ldots,(w_n^L, w_n^M, w_n^U))^T,$$

$$\tilde{a}_{ijk} = (l_{ijk}, m_{ijk}, u_{ijk}) \approx \tilde{w}_i / \tilde{w}_j \approx w_i^L / w_j^U, w_i^M / w_j^M, w_i^U / w_j^L), \quad (3.3)$$

$$i, j = 1,\ldots,n; \quad i \neq j, \quad k = 1,\ldots,\delta_{ij}.$$

$\tilde{W}$ bulanık ağırlık vektörünü belirlemek için bulanık LEKK modeli oluşturulur:

$$MinJ = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1, j\neq i}^{n} \sum_{k=1}^{\delta_{ij}} ((\ln w_i^L - \ln w_j^U - \ln a_{ijk}^L)^2 + (\ln w_i^M - \ln w_j^M - \ln a_{ijk}^M)^2 + (\ln w_i^U - \ln w_j^L - \ln a_{ijk}^U)^2). \quad (3.4)$$

$$\frac{\partial J}{\partial w_i^L}=0,\frac{\partial J}{\partial w_i^M}=0 \qquad \text{ve} \qquad \frac{\partial J}{\partial w_i^U}=0 \;\; i=1,\ldots,\text{n.}$$

$$\frac{\partial J}{\partial w_i^L}=\frac{2}{w_i^L}\sum_{j=1,\,j\neq i}^{n}\sum_{k=1}^{\delta_{ij}}(\ln w_i^L-\ln w_j^U-\ln a_{ijk}^L) \tag{3.5}$$

$$\frac{\partial J}{\partial w_i^M}=\frac{2}{w_i^M}\sum_{j=1,\,j\neq i}^{n}\sum_{k=1}^{\delta_{ij}}(\ln w_i^M-\ln w_j^M-\ln a_{ijk}^M) \tag{3.6}$$

$$\frac{\partial J}{\partial w_i^U}=\frac{2}{w_i^U}\sum_{j=1,\,j\neq i}^{n}\sum_{k=1}^{\delta_{ij}}(\ln w_i^U-\ln w_j^L-\ln a_{ijk}^U) \tag{3.7}$$

Eşitlik (3.5)-(3.7) aşağıdaki şekilde yeniden yazılabilir:

$$l_i\left(\sum_{j=1,\,j\neq i}^{n}\delta_{ij}\right)-\sum_{j=1,\,j\neq i}^{n}\delta_{ij}u_j=\sum_{j=1,\,j\neq i}^{n}\sum_{k=1}^{\delta_{ij}}(\ln a_{ijk}^L),\quad i=1,....,n, \tag{3.8}$$

$$m_i\left(\sum_{j=1,\,j\neq i}^{n}\delta_{ij}\right)-\sum_{j=1,\,j\neq i}^{n}\delta_{ij}m_j=\sum_{j=1,\,j\neq i}^{n}\sum_{k=1}^{\delta_{ij}}(\ln a_{ijk}^M),\quad i=1,....,n, \tag{3.9}$$

$$u_i\left(\sum_{j=1,\,j\neq i}^{n}\delta_{ij}\right)-\sum_{j=1,\,j\neq i}^{n}\delta_{ij}l_j=\sum_{j=1,\,j\neq i}^{n}\sum_{k=1}^{\delta_{ij}}(\ln a_{ijk}^U),\quad i=1,....,n, \tag{3.10}$$

Burada (3.8)-(3.10) toplamı her zaman sıfırdır ve lineer bağımsızdır. Eğer (3.8)-(3.10) için (l_i,m_i,u_i) (i=1,…,n) bir çözüm ise $(l_i+p_1,m_i+p_2,u_i+p_1)$ (i=1,…,n) de bu çözümlerden biridir. Tahmin edilen bulanık ağırlıklar Eşitlik 3.11'deki gibi ifade edilir ve normalizasyondan sonra Eşitlik 3.12'deki gibi yazılabilir:

$$\tilde{w}_i\approx(\exp(l_i+p_1),\exp(m_i+p_2),\exp(u_i+p_1)),\quad i=1,....,n. \tag{3.11}$$

$$\tilde{w}_i\approx\left(\frac{\exp(l_i)}{\sum_{i=1}^{n}\exp(u_i)},\frac{\exp(m_i)}{\sum_{i=1}^{n}\exp(m_i)},\frac{\exp(u_i)}{\sum_{i=1}^{n}\exp(l_i)}\right)\quad i=1,....,n. \tag{3.12}$$

Hiyerarşik yapıda, lokal bulanık ağırlıklar, bulanık aritmetik kullanarak global bulanık ağırlıklar içine toplanır.

$$\tilde{w}_{Ai}=\sum_{j=1}^{m}\tilde{w}_j\otimes\tilde{w}_{ij}\approx\left(\sum_{j=1}^{m}w_j^Lw_{ij}^L,\sum_{j=1}^{m}w_j^Mw_{ij}^M,\sum_{j=1}^{m}w_j^Uw_{ij}^U\right)\quad i=1,....,n, \tag{3.13}$$

Burada $\tilde{w}_j = (w_j^L, w_j^M, w_j^U)(j = 1,..., m)$ m üst sınır kriterinin bulanık ağırlıkları, $\tilde{w}_{ij} = (w_{ij}^L, w_{ij}^M, w_{ij}^U)(i = 1,..., n)$ n düşük seviye alternatiflerinin *j*inci üst seviye kriterleri açısından bulanık ağırlıkları ve $\tilde{w}_{Ai}(i = 1,..., n)$ n düşük seviye alternatiflerinin global bulanık ağırlıklarıdır.

Modifiye bulanık EKK metodu

Wang'ın yaklaşımıyla risk değerlendirme problemine uygulanacak modifiye bulanık EKK metodunda ilk olarak, normalizasyon kısıtları şu şekilde yazılabilir;

$$w_i^L + \sum_{j=1, j\neq i}^{n} w_j^U \geq 1, \ i = 1,...., n, \tag{3.14}$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i^M = 1, \tag{3.15}$$

$$w_i^u + \sum_{j=1, j\neq i}^{n} w_j^L \leq 1, \ i = 1,...., n. \tag{3.16}$$

Buradan, bir bulanık karşılaştırma matrisi için tek bir normalize bulanık ağırlık formu olmadığı sonucuna ulaşılabilir.

Birden çok olan normalize bulanık ağırlıkların hepsi (3.14)–(3.16) kısıtlarını sağlar. Eğer $\tilde{W} = (\tilde{w}_1,..., \tilde{w}_n)^T = ((w_1^L, w_1^M, w_1^U),....., (w_n^L, w_n^M, w_n^U))^T$ bir optimal normalize bulanık ağırlık ise $\tilde{W}' = (\tilde{w}_1',..., \tilde{w}_n')^T = ((kw_1^L, w_1^M, kw_1^U),....., (kw_n^L, w_n^M, kw_n^U))^T$ k parametresinin aşağıdaki kısıtlara göre tanımlandığı optimal normalize bulanık ağırlıktır.

$$kw_i^L \leq w_i^M \leq kw_i^U, \ i = 1,...., n, \tag{3.17}$$

$$k\sum_{i=1}^{n} w_i^u - k \max_j (w_j^U - w_j^L) \geq 1, \tag{3.18}$$

$$k\sum_{i=1}^{n} w_i^L - k \max_j (w_j^U - w_j^L) \leq 1. \tag{3.19}$$

Birden çok optimal normalize bulanık ağırlık; karşılaştırmada, sıralamada ve lokal ağırlıkların sentezinde zorluk yaşanması anlamına gelir. Bu nedenle, ortak bir karşılaştırma referans noktası tespitine ihtiyaç duyulur. Her bulanık karşılaştırmada bunu

yapmak için Jiménez, Rios ve Mateos (2003) tarafından aşağıdaki yardımcı kısıt eklenmiştir.

$$\sum_{i=1}^{n}(w_i^L + w_i^u) = 2 \tag{3.20}$$

Son olarak, yukarıdaki analizlere göre Wang ve diğerleri (2006) tarafından önerilen modifiye bulanık EKK modeli şu şekilde gösterilebilir:

$$MinJ = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1,j\neq i}^{n}\sum_{k=1}^{\delta_{ij}}((\ln w_i^L - \ln w_j^U - \ln a_{ijk}^L)^2 + (\ln w_i^M - \ln w_j^M - \ln a_{ijk}^M)^2 + (\ln w_i^U - \ln w_j^L - \ln a_{ijk}^U)^2)$$

$$s.t.\begin{cases} w_i^L + \sum_{j=1,j\neq i}^{n} w_j^U \geq 1, \\ w_i^U + \sum_{j=1,j\neq i}^{n} w_j^L \leq 1, \\ \sum_{i=1}^{n} w_i^M = 1, \qquad i = 1,...,n \\ \sum_{i=1}^{n}(w_i^L + w_i^U) = 2, \\ w_i^U \geq w_i^M \geq w_i^L > 0, \end{cases} \tag{3.21}$$

Yukarıdaki modelin optimal sonucu normalize bulanık ağırlıklar formatındadır.

Çözümden elde edilen global bulanık ağırlıklar her alternatif için *Ai (i* = 1, . . . , *n)*:

$$w_{Ai}^L = \underset{W\in\Omega_w}{Min} = \sum_{j=1}^{m} w_{ij}^L w_j, \quad i = 1,...,n, \tag{3.22}$$

$$w_{Ai}^U = \underset{W\in\Omega_w}{Max} = \sum_{j=1}^{m} w_{ij}^U w_j, \quad i = 1,...,n, \tag{3.23}$$

$$w_{Ai}^M = \sum_{j=1}^{m} w_{ij}^M w_j^M, \quad i = 1,...,n, \tag{3.24}$$

formundadır. Burada $\Omega_W = \{W = (w_1,....,w_n)^T \,|\, w_j^L \leq w_j \leq |w_j^U, \sum_{j=1}^{m} w_j = 1, j = 1,...,m\}$ ağırlıklar kümesidir.

Wang ve diğerlerinin (2006) teoremi, yerel ağırlıkların normalize bulanık ağırlıklar olması durumunda, (3.22)-(3.24)'den elde edilen global ağırlıkların da her zaman normalize olacağını göstermektedir.

3.4.2 Bulanık AAS

Bölüm 3.4'de belirtildiği gibi, literatürde bulanık küme teorisi ve çok ölçütlü karar verme tekniklerinden AAS, birlikte uygulanarak birçok karmaşık karar verme probleminin çözümünde kullanılmıştır. Bu çalışmada, bulanık AAS yöntemlerinden 'Chang'in Derece Analizi Metodu' ve 'Mikhailov'un Bulanık Önceliklendirme Metodu' kullanılmıştır. Bu metotlara ilişkin detaylar ve örnek probleme uygunlukları aşağıda anlatılmıştır.

Chang'in derece analizi metodu

Risk önceliği belirleme probleminde kesin veriler olmaması ve kişilerin sübjektif değerlendirmeleri ile sonuca ulaşılması, problemin bulanık yöntemlerle çözülmesi ihtiyacını ortaya çıkarır. Chang'in Derece Analizi Metodu (1996); riskler ve risk kriterleri arasındaki ağ yapısını ve karar probleminin gerektirdiği bulanık yaklaşımı aynı anda sağlayan entegre bir algoritmadır. Bu çalışmada Chang (1996) algoritmasının tercih edilmesinin nedenleri; diğer bulanık çok ölçütlü karar verme yaklaşımlarına göre adımlarının nispeten kolay olması, eksik ikili karşılaştırma değerlendirmelerine izin vermesi ve klasik AHP tekniğine benzerliğidir.

Chang'in (1992, 1996) Bulanık Derece Analizi Yöntemi'nin detayları ve uygulama adımları şöyledir:

$X = \{x_1, x_2, \ldots. x_n\}$, bir ölçüt kümesi ve $U = \{u_1, u_2, \ldots. u_n\}$, bir amaç kümesi olsun. Chang'in yöntemine göre, her bir ölçüt alınır ve her bir hedef için derece analizi uygulanır. Böylece her bir ölçüt için m tane derece analiz değeri elde edilir. Tüm $M_{g_i}^{j}\ (j = 1,2,...m)$ 'ler üçgensel bulanık sayı olmak üzere bu değerler şöyle gösterilir.

$$M_{g_i}^{1}, M_{g_i}^{2}, ..., M_{g_i}^{m}, \quad i = 1, 2, ..., n, \tag{3.25}$$

Chang'in derece analizinin aşamaları şu şekilde sıralanabilir:

Aşama 1

Ölçüt i'ye göre bulanık sentetik derecenin değeri şu şekilde tanımlanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j} \right]^{-1} \tag{3.26}$$

Buradaki $\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j}$, değerini elde etmek için m derece analiz değerine (3.5)'te görüldüğü gibi bulanık toplama işlemi uygulanır.

$$\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j} = \left(\sum_{j}^{m} l_j, \sum_{j=1}^{m} m_j, \sum_{j=1}^{m} u_j \right) \tag{3.27}$$

$$\left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j} \right] = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i, \sum_{i=1}^{n} m_i, \sum_{i=1}^{n} u_i \right) \tag{3.28}$$

Daha sonra (3.28)'deki vektörün tersi şu şekilde elde edilir.

$$\left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j} \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i} \right). \tag{3.29}$$

Aşama 2

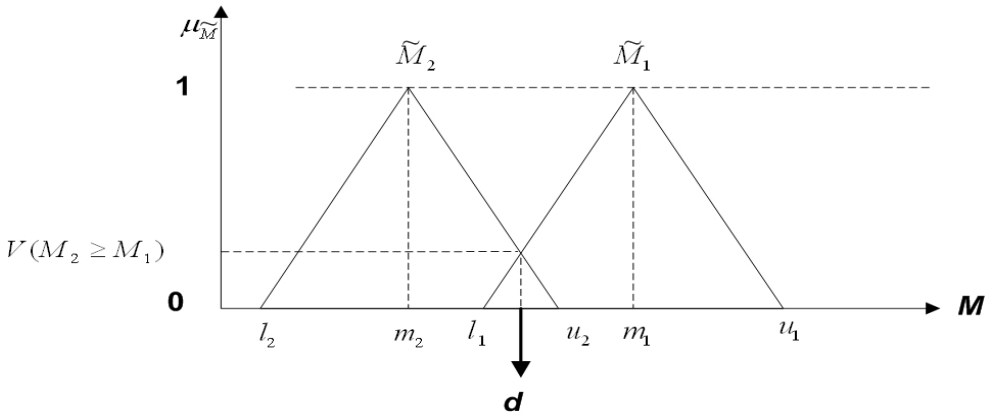
$M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ 'nin olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanır.

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup[\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \tag{3.30}$$

ve denk olarak (3.31)'deki gibi ifade edilebilir:

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & \text{if } m_2 \geq m_1, \\ 0 & \text{if } l_1 \geq u_2, \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - u_1)} & \text{diğer,} \end{cases} \tag{3.31}$$

Denk şekilde $V = (M_2 \geq M_1)$ 'i d, μ_{M_1} *ve* μ_{M2} arasındaki en yüksek kesişim noktası D'nin ordinatı olmak üzere Şekil 3.4'teki gibi ifade edilebilir.



Şekil 3.4. M_1 ve M_2 arasındaki kesişim noktası

M_1 ve M_2'yi kıyaslayabilmek için $V = (M_1 \geq M_2)$ *ve* $V = (M_2 \geq M_1)$ değerlerinin her ikisi de gerekmektedir.

Aşama 3

Bir konveks bulanık sayının k tane konveks bulanık sayıdan büyük olmasının olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanır.

$$V(M \geq M_1, M_2, ..., M_k) = V\left[(M \geq M_1) \text{ and } (M \geq M_2) \text{ and } .....\text{and } (M \geq M_k\right] \\ = \min\ V(M \geq M_i),\ \ i = 1, 2, ..., k \tag{3.32}$$

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \tag{3.33}$$

olduğunu varsayalım, k= 1,2,...,n; k≠i için ağırlık vektörü (3.34)'te görüldüğü gibidir.

$$W' = (d'(A_1), (A_2), ...d'(A_n))^T, \tag{3.34}$$

Burada A_i (i=1,2,….,n) n sayısı kadardır.

Aşama 4

Normalize edilmiş ağırlık vektörleri, (3.35)'deki gibidir. Burada *W*, bulanık olmayan bir sayıdır.

$$W\ = (d(A_1), d(A_2), ..., d(A_n))^T \tag{3.35}$$

Mikhailov'un bulanık önceliklendirme metodu

Mikhailov'un (2000, 2003) bulanık önceliklendirme yaklaşımı, literatürdeki diğer yaklaşımlara göre bazı avantajlara sahiptir. Bu avantajların en önemlisi bulanık ikili karşılaştırma matrisleri için tutarlılık indeksleridir. Diğer yöntemlerde ek bir çalışma yapılmadan, bulanık ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık oranlarını tespit etmek mümkün değildir. Yöntemin diğer avantajları; benzer yöntemlerden kolay olması ve ağırlıkların belirlenmesi için geliştirilmiş, paket program yardımıyla kolayca çözülebilen doğrusal olmayan modeldir (Dağdeviren ve Yüksel, 2010).

Mikhailov'un bulanık önceliklendirme yaklaşımının adımları şöyledir: (Mikhailov ve Tsvetinov, 2004; Mikhailov, 2000; 2003; 2004)

Aşama 1. Problemin tanımlanması

N elemanlı bir önceliklendirme probleminde, ikili karşılaştırmalar normal bulanık kümeler ve bulanık sayılar ile temsil edilsin. Karar vericinin, bulanık karşılaştırma yargılarından $F = \{\tilde{a}_{ij}\}$, $m \leq n(n-1)/2$, $i = 1, 2, ..., n-1$, $j = 2, 3, ..., n$, $j > i$, şeklinde bir set oluşturduğunu varsayalım. Burada $\tilde{a}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ üçgensel bulanık sayıdır.

Problem, $w = (w_1, w_2, ..., w_n)^T$ şeklinde net bir öncelik vektörünün elde edilmesidir. w_i / w_j yaklaşık olarak başlangıçtaki bulanık yargı kapsamındaki öncelik oranı veya

$$l_{ij} \lesssim \frac{w_i}{w_j} \lesssim u_{ij}, \tag{3.36}$$

dır. Burada $\lesssim$ bulanık olarak küçük veya eşit anlamına gelir.

Aşama 2. Bulanık önceliklendirme yönteminin varsayımları

Karar vericiyi memnun eden, üyelik derecesini temsil eden farklı w_i/w_j oranlarının olması mümkündür. Her w öncelik vektörü, üyelik fonksiyonu ile ölçülebilen çift taraflı eşitsizliği (3.36) belli bir derecede sağlamalıdır.

$$u_{ij}\left(\frac{w_i}{w_j}\right)=\begin{cases}\dfrac{(w_i/w_j)-l_{ij}}{m_{ij}-l_{ij}}, \dfrac{w_i}{wj}\le m_{ij}\\ \dfrac{u_{ij}-(w_i/w_j)}{u_{ij}-m_{ij}}, \dfrac{w_i}{wj}\ge m_{ij}\end{cases} \tag{3.37}$$

Sıfıra bölme durumundan kaçınmak için, $u_{ij} \geq m_{ij} \geq l_{ij}$ olduğu varsayılır. Aslında bu sınırlayıcı bir varsayım değildir, çünkü kesin yargı çok küçük kapsamda $\gamma_{ij} = (u_{ij}, l_{ij})$ şeklinde üçgensel bulanık sayı ile temsil edilebilir.

Üyelik fonksiyonu (3.37) lineer olarak $(-\infty, m_{ij})$ aralığında artar ve (m_{ij}, ∞) aralığında azalır. Üçgensel bulanık sayıların fonksiyonunun aksine, yukarıdaki fonksiyon $w_i/w_j<l_{ij}$ veya $w_i/w_j>u_{ij}$ durumunda negatif değer; $u_{ij}=1$, $w_i/w_j = mij$ durumunda ise maksimum değer alır. (l_{ij}, u_{ij}) aralığında, üyelik fonksiyonu $\tilde{a}_{ij}= (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ şeklinde üçgensel bulanık yargı şeklinde oluşur.

Önceliklendirme probleminin bu metodla çözümünde iki temel varsayım vardır:

Birincisi; (n-1) boyutlu simplex Q^{n-1} boş olmayan bulanık uygulanabilir alan P varlığını gerektirir.

$$Q^{n-1}=\left\{(w_1,w_2,...,w_n)\middle| w_i>0, \sum_{i=1}^{n} w_i=1\right\}, \tag{3.38}$$

Bulanık çözüm alanının üyelik fonksiyonu ise Eşitlik 3.39'daki gibidir.

$$\mu_p(w)=\min\left\{\mu_{ij}(w)/i=1,2,...,n-1; j=2,....,n; j>i\right\} \tag{3.39}$$

İkinci varsayımla, metot, toplu üyelik fonksiyonundaki (3.21) en yüksek üyelik derecesini öncelik vektörü olarak seçen bir seçim kriteri tanımlamaktadır. $\mu_p(w)$'nin bir konveks set olduğu ispat edilebilmektedir. Böylece, $w^* \in Q^{n-1}$'in şu şekilde bir maksimum üyelik derecesine sahip olduğu söylenebilir.

$$\lambda^* = \mu_p(w^*) = \max_{w\in Q^{n-1}} \min_{ij}\left\{\mu_{ij}(w)\right\} \tag{3.40}$$

Aşama 3. Bulanık önceliklendirme probleminin çözümü

Önerilen metodun çözüm prosedürü, oyun teorisinden bilinen maksimum karar kuralına dayanır. Maksimum önceliklendirme problemi (3.40) şu şekilde formüle edilebilir.

$$\begin{aligned} &\max \lambda \\ &st \\ &\lambda \le \mu_{ij}(w),\ \ i = 1,2,...,n-1,\ j = 2,3,...n,\ j > i, \\ &\sum_{i=1}^{n} w_i = 1,\ \ w_i > 0,\ \ l = 1,2,...,n. \end{aligned} \tag{3.41}$$

Üyelik fonksiyonunun özel yapısı (Eş. 3.37.) göz önünde bulundurulduğunda, problem şu şekilde doğrusal olmayan program yapısına dönüştürülebilir.

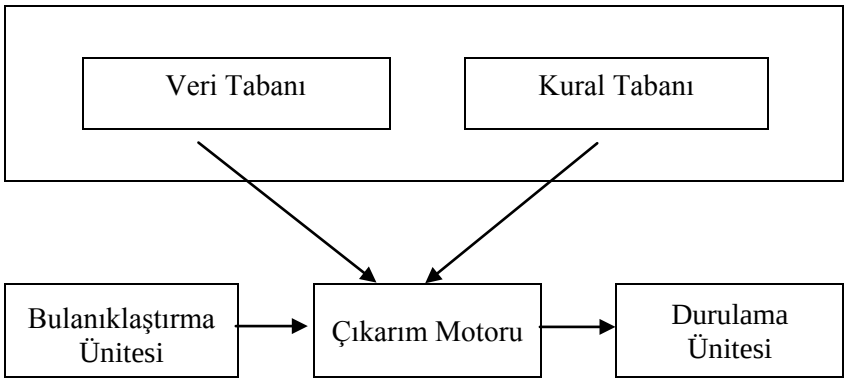
$$\begin{aligned} &\max \lambda \\ &st \\ &(m_{ij} - l_{ij})\lambda w_j - w_i + l_{ij} w_j \le 0, \\ &(u_{ij} - m_{ij})\lambda w_j - w_i + u_{ij} w_j \le 0, \\ &\sum_{k=1}^{n} w_k = 1,\ \ w_k > 0,\ \ k = 1,2,...,n,\ \ i = 1,2,...,n-1,\ \ j = 2,3,...,n,\ \ j > i. \end{aligned} \tag{3.42}$$

Doğrusal olmayan bu problemin optimal çözümü (λ^*, w^*), nümerik doğrusal olmayan optimizasyon metotlarından uygun olanların kullanımı ile elde edilebilir. Optimal değer (λ^*) pozitifse; tüm çözüm oranları bulanık yargılarla tutarlıdır ($l_{ij} \le w_{i*}/w_{j*} \le u_{ij}$) denebilir. λ^* değerinin negatif olması ise çözümün çift taraflı eşitsizlik yapısında olduğunu ve tutarsız olduğu anlamına gelir.

3.5. Bulanık Kural Tabanı (Fuzzy Rule Based)

3.5.1. Bulanık kural tabanlı sistemlerin temel yapısı

Bir bulanık kural tabanlı sistem anahatlarıyla Şekil 3.5'te görülen beş temel yapı elemanından oluşur.



Şekil 3.5. Bulanık kural tabanlı sistem elemanları (Jang ve Gulley, 1997)

Böyle bir bulanık sistemde öncelikle giriş sinyalleri bulanıklaştırılır ve kurallar değerlendirilir. Daha sonra kural mekanizmaları tarafından çıktılar bulunur ve durulaştırma işlemi ile bu ifadeler sayısal veriye dönüştürülür.

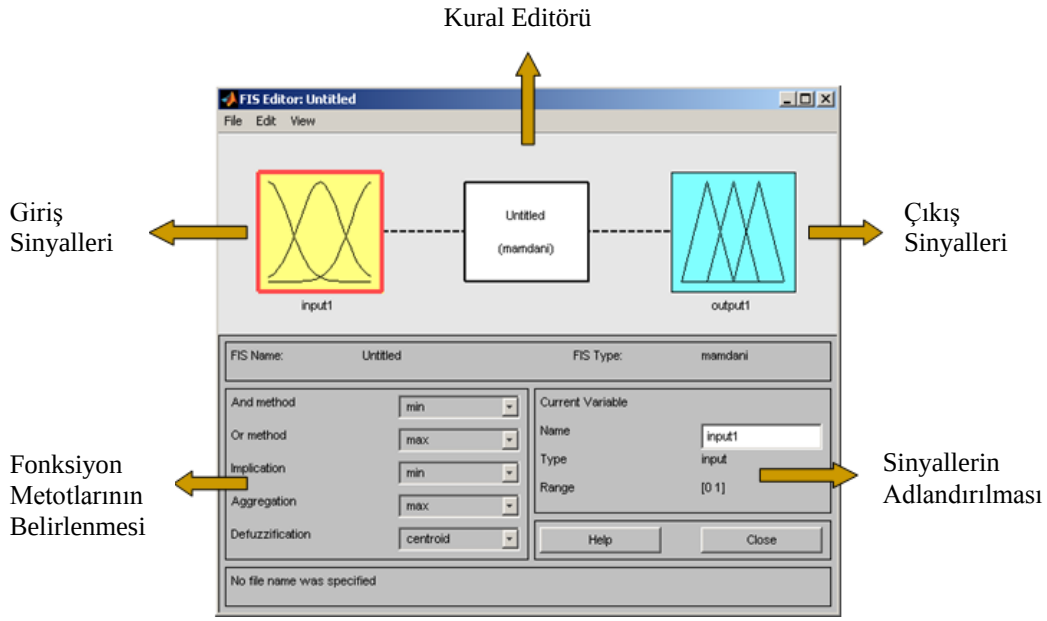
Bu çerçevede çalışan bulanık sistemin temel yapı elemanlarının fonksiyonları şu şekildedir:

- Bulanıklaştırma ünitesi, giriş değişkenlerini ölçerek onlar üzerinde bir ölçek değişikliği yapan ve onları bulanık kümelere dönüştüren ünitedir. Yani girdilere bir etiket vererek, dilsel ölçek değişikliğiyle bulanık mantık kümelerine dönüştürür.
- Çıkarım mekanizması/motoru (inference engine), bulanık mantık kurallarını uygulayarak bulanık çıktılar verir. Çıkarım mekanizması ile insanın düşünüş şeklinin benzetimi yapılmaya çalışılır.
- Veri tabanı (data base), çıkarım motorunun, kural tabanında kullanılan bulanık kümeleri aldığı bölümdür.
- Kural tabanı (rule base), kontrol amaçlarına uygun dilsel denetim kuralları buradan bulunur ve çıkarım motoruna verilir.

- Durulama ünitesi (defuzzifier), çıkarım motorunun bulanık küme üzerinde yapmış olduğu ölçek değişiklikleri, durulama ünitesinde sayısal değerlere dönüştürülür (Jang ve Gulley, 1997).

3.5.2. Çıkarım mekanizması

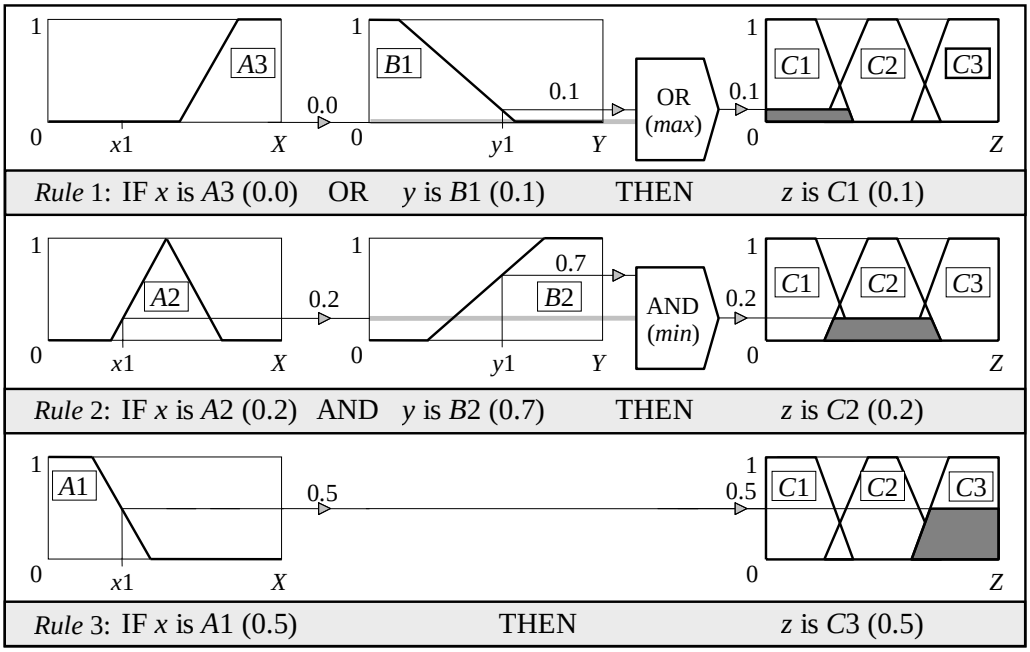
Bulanık kural tabanlı sistemlerin en önemli elemanıdır. Bulanık denetleyicilerden (fuzzy controller) oluşur. Çıkarım mekanizmasında, girdiler belli bir matematiksel modele göre değerlendirilerek çıktılar elde edilir. Resim 3.1.'de bir bulanık denetleyicinin örnek görüntüsü verilmiştir.



Resim 3.1. Bulanık Denetleyici (Bu şekil MATLAB Fuzzy Logic ile oluşturulmuştur.)

Literatürde sık kullanılan iki farklı çıkarım mekanizması yapısı vardır. Bunlardan ilki olan, Mamdani tipi bulanık model çok kolay oluşturulur ve insan davranışlarına oldukça uygundur. Bu nedenle çok yaygın bir kullanıma sahiptir ve diğer bulanık mantık modellerin temelini oluşturur. İlk defa bir buhar motorunun insan tecrübelerinden elde edilen sözel kontrol kuralları yardımıyla kontrolü amacıyla kullanılmıştır. Bu modelde hem girdi değişkenleri hem de çıktı değişkeni kapalı formdaki üyelik fonksiyonları ile ifade edilir (Akyılmaz, Ayan ve Özlüdemir, 2003). Mamdani tipi bir bulanık model; girdilerin bulanıklaştırılması, bulanık mantık işlemlerini kullanarak kural ağırlıklarının belirlenmesi, bulanık küme mantıksal işlemcilerinin (ve, veya) uygulanması, sonuçların toplanması ve durulaştırılması şeklinde çalışır. Mamdani metodunda çıkışlar doğrusal olmayan

fonksiyonlar olabilir. Mamdani; sonucu, ağır hesaplamalarla gerçeğe daha yakın bir şekilde oluşturur. Mamdani metodundaki ana tema kuralların gelişimidir. Bu kurallar, kontrolcünün performansının daha iyi olması için zaman içerisinde düzeltilebilir. Şekil 3.6'da Mamdani kural yapısı verilmiştir (Mamdani ve Assilian, 1975).

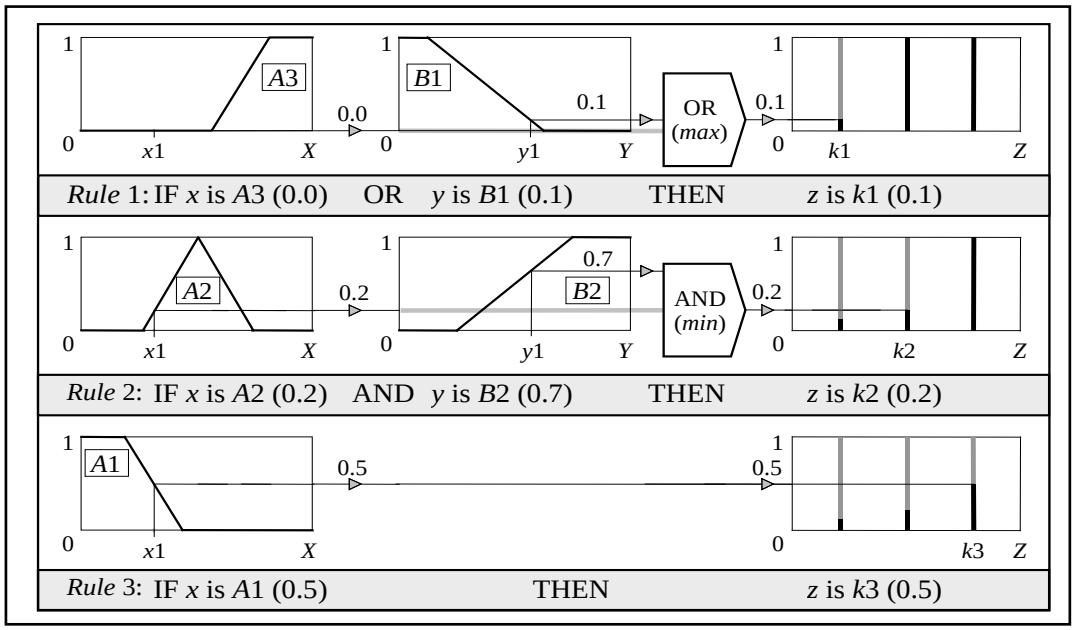


Şekil 3.6. Mamdani kural yapısı

İkinci çıkarım mekanizması ise Takagi–Sugeno'dur. Takagi–Sugeno bulanık mantık yada Sugeno bulanık mantık ilk kez 1985 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Mamdani bulanık mantık yönteminin bir uyarlamasıdır. Girdi değişkenlerinin bulanıklaştırılması ve bulanık mantık işlemleri, Mamdani bulanık modelleme ile tamamen aynıdır. İki yöntem arasındaki fark ise çıktı üyelik fonksiyonlarındadır. Sugeno tipi bulanık modellemede çıktı üyelik fonksiyonları sadece doğrusal veya sabittir (Takagi ve Sugeno, 1985). Sugeno tipi bulanık model, Mamdani tipi bulanık modelden daha karmaşık ve gösterim açısından daha elverişlidir.

Bir birinci (sıfırıncı) derece Sugeno bulanık modelde eğer $x=A$ ve $y=B$ ise $z=f(x,y) = px+qy+r$(c) dir. Burada A ve B, x ve y üyelik fonksiyonları için tanımlanmış öncül kısımdaki bulanık kümeler, p, q ve r ise soncul parametrelerdir. Böylece her bir kural için bir çıktı değeri elde edilir. Sugeno kural yapısı Şekil 3.7'de verilmiştir (Sugeno ve Kang, 1988).

Sugeno çıkarım mekanizmasında; yüksek derecede bulanık modelleme yapıldığında kompleksite artar, girdi ve alt küme sayılarının artması verilerin işlenmesini zorlaştırır ve sonuçların elde edilmesi için belirlenmesi gereken parametrelerin sayısını artırır (Birtane ve Yılmaz, 2009).



Şekil 3.7. Sugeno kural yapısı

3.5.3. Bulanık kural tabanlı model ile risk değerlendirme algoritması

Lin, Lin ve Tyan'ın (2011), nicel risk analizi metodunu baz alan ve stratejik risk değerlendirme için önerilen bulanık kural tabanlı modelin adımları şöyledir:

Adım 1. Riski etkileyen kriterlerin belirlenmesi

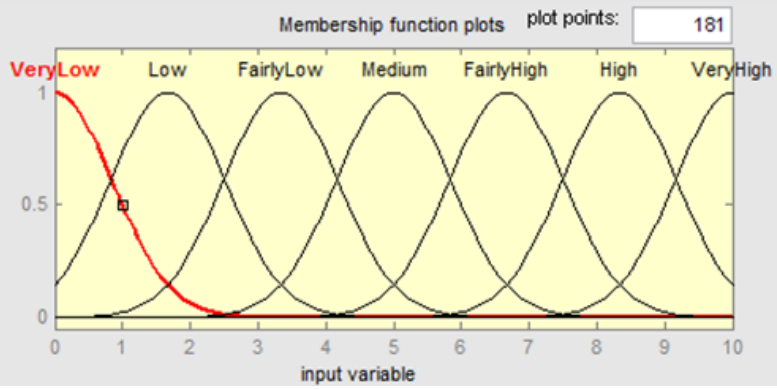
Stratejik planın kriterleri belirlenir. Ana hiyerarşik seviyeler ve her seviyeye ait elemanlar tanımlanır.

Adım 2. Bulanık kural tabanlı modelin oluşturulması

Hiyerarşik seviyeler arası ilişkiler bu adımda tanımlanır ve hiyerarşik bulanık model yapılandırılır.

Adım 3. Bulanıklaştırma (Fuzzification)

Bu adımda kriterlerle ilgili durumları temsil eden tüm girdi değişkenleri puanlanır ve ölçüm belirsizliğini ifade etmek için uygun bulanık kümelere dönüştürülür. Girdi değişkenleri için üyelik fonksiyonu olarak Gauss fonksiyonu kullanılmıştır (Resim 3.2.).



Resim 3.2. Gauss üyelik fonksiyonu (Bu şekil MATLAB Fuzzy Logic ile oluşturulmuştur)

Adım 4. Bulanık çıkarım mekanizmasının oluşturulması (kuralların belirlenmesi)

Bulanık ölçümler daha sonra çıkarım mekanizması tarafından kuralların değerlendirmesi için kullanılır. Her kural, girdi ve çıktı değişkenleri ile ilgili mantıksal bir çıkarım yapar. Bulanık mantık 'eğer-o halde' kuralları; öncülü ve sonucu dilsel değişkenleri içeren önermeler olan, kesin veya belirsiz bağımlılıkları ve komutları kullanarak, yaklaşık muhakeme yapar ve aşağıdaki şekilde bir sonuç elde eder (Zadeh, 1968: 16):

Eğer $X_1 = A_{i1}\ldots$ ve $X_n = A_{in}$ ise $Y = B_i$, $i=1,\ldots m$ (3.43)

burada n = girdi değişkenlerinin sayısı, m = kural sayısı; Aij ve Bi X ve Y'nin dilsel değişkenleridir. Bundan sonra, bulanık çıkarım motoru kuralın ağırlığını veya öncüllerini (girdilerini) kullanma derecesini hesaplar. Tüm kurallar bir çıkış üyelik fonksiyonunun üretilmesini sağlamalıdır.

Bu çalışmada çıkarım motoru olarak Sugeno metodu tercih edilmiştir. Bulanık değerlendirme skalası olarak ise Lin ve diğerlerinin (2011) Çizelge 3.5'te verilen yedili dilsel skalası kullanılmıştır.

Sugeno tipi bulanık çıkarım motoru, bu skalayı kullanarak, (*w*i) kural ağırlığı ve sonucundaki dilsel değişken sabitinden, *uagg*(*y*) ile ilişkili bir çıktı üretir (Eşitlik 3.44).

$$uagg(y) = \max\{\min[w1, B1], \min[w2, B2], \ldots, \min[wm, Bm]\} \quad (3.44)$$

Çizelge 3.5. Dilsel değişkenler (Lin ve diğerleri, 2011)

Dilsel Değişkenler				Üyelik Fonksiyonu
Çok Yüksek (Çok İyi)	=	ÇY/Çİ	=	*u* (x, 0.85, 1)
Yüksek (İyi)	=	Y/İ	=	*u* (x, 0.85, 5/6)
Oldukça Yüksek (OldukçaİyiI)	=	OY/OİI	=	*u* (x, 0.85, 4/6)
Orta	=	O	=	*u* (x, 0.85, 3/6)
Oldukça Düşük (OldukçaKötüi)	=	OD/OK	=	*u* (x, 0.85, 2/6)
Düşük (Kötüi)	=	D/K	=	*u* (x, 0.85, 1/6)
Çok Düşük (Çok Kötüi)	=	ÇD/ÇK	=	*u* (x, 0.85, 0)

Adım 5. Durulaştırma (Defuzzification) ve çözüm

Sugeno tipi bulanık çıkarım motorunun *uagg*(*y*) çıktısının, bulanık denetleyicinin bir sonraki işlemi için durulaştırılarak kesin bir değer ile ifade edilmesi gerekir. Bu çalışmada durulaştırma için ‘Ağırlık Merkezi’ (Center of Gravity-COG) metodu (Eşitlik 3.45) kullanılmıştır.

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^{m} y_1 \mu_{agg}(y_1)}{\sum_{i=1}^{m} \mu_{agg}(y_1)} \quad (3.45)$$

4. UYGULAMA

Bu bölümde, öncelikle örnek problem tanımlanmış, daha sonra üçüncü bölümde yer alan yöntemler ve önerilen yeni bir entegre metod, örnek problem üzerinde uygulanmıştır.

4.1. Problemin Tanımı

Örnek uygulama için Hazine Müsteşarlığı Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı'nın görevlerinden olan "iç kontrol sistemi kurulması ve uygulanması" seçilmiştir. Bu kapsamda, öncelikle grup çalışmasıyla seçilen faaliyetle ilgili riskler tespit edilmiştir. Sonrasında geleneksel yöntem (risk matrisi), AAS, Chang'in Derece Analizi Metodu, Mikhailov'un Bulanık AAS Yaklaşımı, Entegre Metod Önerisi, Wang'ın Modifiye Bulanık Logaritmik EKK Metodu ve Bulanık Kural Tabanı kullanılarak risk değerlendirmesi yapılmıştır. Risklerin tespitinde ve değerlendirilmesinde ihtiyaç duyulan girdiler, Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığından toplam dört yönetici ve uzman personelin katılımı ile yapılan grup çalışmalarından elde edilmiştir.

4.1.1. Örnek uygulamaya ilişkin risklerin tespit edilmesi

Örnek uygulama için seçilen faaliyet ile ilgili riskler Hazine Müsteşarlığı iç kontrol sistemini kapsayacak şekilde ele alınmış, iç kontrol standartları bu açıdan taranmış ve uzmanlar ile yapılan grup çalışmasında Çizelge 4.1'deki riskler tespit edilmiştir.

4.1.2. Kriter ve alt kriterlerin tespit edilmesi

Risklerin, Hazine Müsteşarlığında yer alan tüm amaç ve hedefler ile ilişkisinin kurulması ile bütünsel bir yaklaşım sergilenmesi ideal durumdur. Ancak bunun çok geniş çaplı bir çalışma gerektirmesi nedeniyle, seçilen görev ile en çok ilgili olan 2 stratejik amaç, 6 stratejik hedef ve 5 faaliyet kullanılarak örnek çalışma yapılmıştır. 'Stratejik amaçlar', 'stratejik hedefler' ve 'faaliyetler' kriter kümelerinin elemanları Hazine Müsteşarlığı 2009-2013 Stratejik Planı'ndan alınmıştır. Kriterler ve alt kriterler Çizelge 4.1'de yer almaktadır.

Çizelge 4.1. Kriterler ve alt kriterler

Kriter	Alt Kriter
Stratejik Amaçlar	A2 Uluslararası ekonomik ilişkilerde ülkemizin etkinliğini artırmak
	A5 Kurumsal ve yönetsel mükemmeliyeti sağlamak
Stratejik Hedefler	H2.2 Avrupa Birliği (AB) müktesabatına uyumun ve AB fonlarının kullanımının etkin bir biçimde gerçekleşmesi
	H5.1 Ar-ge ve yenilikçilik yaklaşımının kurum kültürünün bir parçası haline getirilmesi
	H5.2 İnsan kaynakları yönetiminin geliştirilmesi
	H5.3 Sürekli performans iyileştirme anlayışının hakim kılınması
	H5.4 Bilişim teknolojileri yönetişiminin uluslararası en iyi uygulamalar seviyesine çıkarılması
	H5.7 İç denetimde farkındalığın ve etkinliğin artırılması
Faaliyetler	F1 Müsteşarlığımızla ilgili AB müktesebatına uyum programı ile öngörülen çalışmaların tamamlanması
	F2 Mesleki bilgi birikiminin artırılmasını teminen personelin staj, seminer, konferans, kurs gibi imkanlarının artırılması
	F3 Müsteşarlık iç kontrol sisteminin ve standartlarının uluslararası en iyi uygulamalar seviyesine çıkarılması
	F4 Karar destek uygulamaları, iş zekası ve internet teknolojileri çözümlerinin bilgi sistemlerine entegre edilmesi
	F5 İç denetim uygulamalarına ilişkin denetim rehberlerinin hazırlanması ve iç kalite güvence ve geliştirme programının oluşturulması
Riskler	R1 İç kontrol sisteminin sahiplenilmemesi ve desteklenmemesi riski
	R2 İnsan kaynakları süreçlerinin etkinleştirilememesi riski
	R3 Organizasyonel, kurumsal, yönetsel riskler
	R4 Görev ve yetki dağılımı ile ilgili riskler
	R5 Bilgi teknolojilerinin kurum hedeflerine göre kullanılamaması, iş hedefleri ile bilişim teknolojilerinin entegre edilememesi riski
	R6 Risk yönetim sistemi (tanımlama/tespit, analizi, karşılık ve izleme) ile ilgili riskler
	R7 Müsteşarlıkta, yatay ve dikey iç iletişim ile dış iletişimi kapsayan etkili ve sürekli bir bilgi ve iletişim sistemi oluşturulamaması riski
	R8 Gerekli şikayet/öneri/ihbar mekanizmalarının eksikliği nedeniyle hata, usulsüzlük ve yolsuzlukların ortaya çıkması, bildirilmesi ve değerlendirilmesinde aksaklık yaşanması riski
	R9 İç kontrolün iç denetimle desteklenememesi, kurumun iç kontrol sistemin etkin bir biçimde izlenerek değerlendirilememesi riski
	R10 AB ile ilişkilerin ve üyelik sürecinin yavaş ilerlemesi riski

4.2. Geleneksel Risk Değerlendirme Yöntemi (Risk Matrisi) ile Risklerin Değerlendirilmesi

Bu bölümde, Bölüm 3.1'de anlatılan Risk Matrisi yönteminin, Hazine Müsteşarlığındaki risk değerlendirme sürecine uygulanmasına yer verilmiştir.

İlk olarak, Çizelge 4.1'de verilen kriter kümelerinden biri olan 'Riskler', 'riskin etkisi' ve 'riskin olasılığı' çarpanlarına değer ataması yapılarak değerlendirilmiştir. Geleneksel yöntemle risklerin değerlendirilmesinde Bölüm 3.1'de yer alan skalalar (Bkz. Çizelge 3.1.a-3.1.b) esas alınmış ve oluşturulan risk kaydı formu Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Risk kaydı

	Tespit Edilen / Belirlenen Risk	Olasılık	Etki	Risk Puanı
R1	İç kontrol sisteminin sahiplenilmemesi ve desteklenmemesi riski	7	8	56
R2	İnsan kaynakları süreçlerinin etkinleştirilememesi riski	8	7	56
R3	Organizasyonel, kurumsal, yönetsel riskler	8	7	56
R4	Görev ve yetki dağılımı kaynaklı riskler	6	5	30
R5	Bilgi teknolojilerinin kurum hedeflerine göre kullanılamaması, iş hedefleri ile bilişim teknolojilerinin entegre edilememesi riski	8	6	48
R6	Risk yönetim sistemi (tanımlama, analiz, karşılık ve izleme)	7	7	49
R7	Etkili ve sürekli bir bilgi ve iletişim sistemi oluşturulamaması riski	8	6	48
R8	Şikayet/öneri/ihbar mekanizmalarının eksikliği; hata, usulsüzlük ve yolsuzluk riski	8	6	48
R9	İç denetimin iç kontrolü destekleyememesi, etkin olmaması riski	7	6	42
R10	AB ile ilişkilerin ve üyelik sürecinin yavaş ilerlemesi riski	7	7	49

Risk kaydında örneğin, 'Risk 1' için olasılık değerlendirmesi 'sık ortaya çıkan (7)', etki değerlendirmesi ise 'çok yüksek (8)' olarak puanlanmıştır. Buradan 'Risk 1' için risk puanı 7*8=56 olarak hesaplanır. Çizelge 3.2'de verilen risk matrisine yerleştirildiğinde, 'Risk 1'in kırmızı renk ile tanımlanan, öncelikli olarak ortadan kaldırılması ve kaldırılmadığı sürece sisteme zarar vermesi olası bir risk olduğu sonucuna ulaşılır.

4.3. Analitik Ağ Süreci (AAS) ile Risklerin Değerlendirilmesi

Bu bölümde, Bölüm 3.2'de detayları verilen AAS yönteminin örnek problem üzerinde uygulaması yapılmıştır. AAS ile risk değerlendirmesi aşağıdaki adımlar çerçevesinde uygulanmıştır.

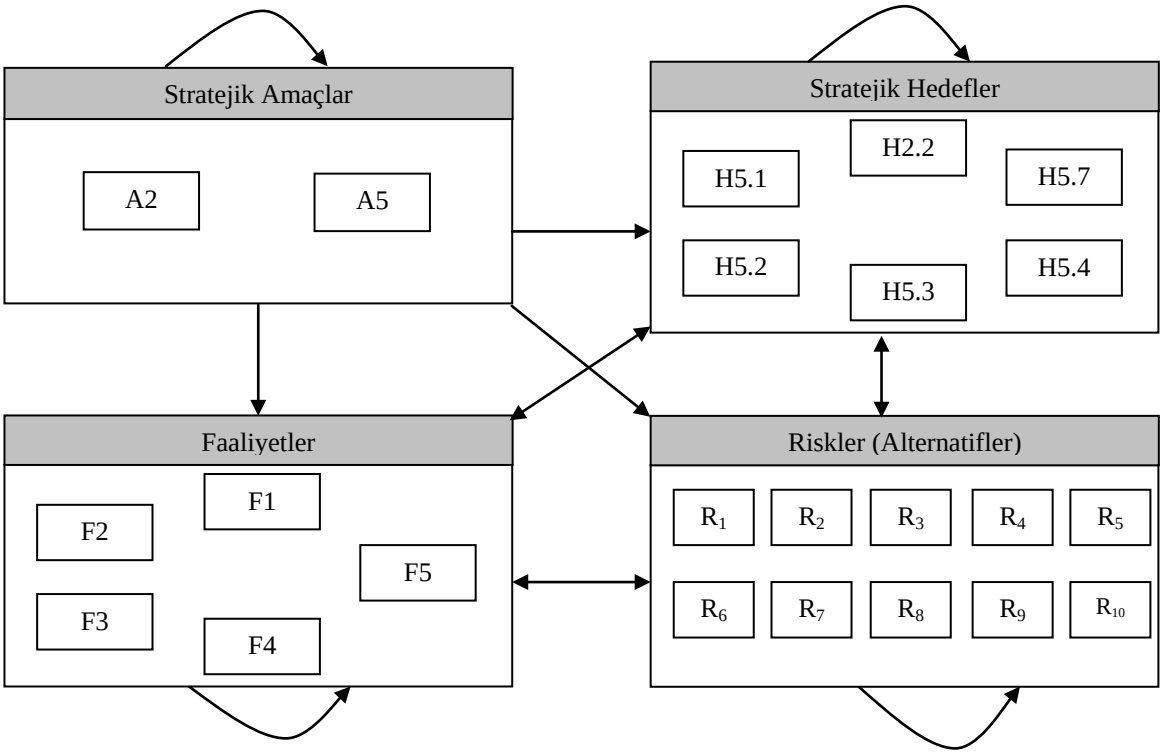
Adım 1. AAS kriterlerinin ve alt kriterlerinin tanımlanması

Risklerin, stratejik amaç ve hedeflerle ilişkilendirilmesi amacıyla risk değerlendirilmesinde AAS modeli tercih edilmiştir. Bu amaçtan yola çıkarak, AAS'deki kriter kümeleri 'stratejik amaçlar', 'stratejik hedefler' ve 'riskler' olarak belirlenmiştir. Stratejik planda, hedeflere ulaşılmasında uygulanacak adımların somutlaştırılması için belirlenmiş 'faaliyetler' de ilişkilerin doğru ve eksiksiz kurulabilmesi amacıyla dördüncü kriter kümesi olarak ele alınmıştır. AAS modelinde Çizelge 4.1'de verilen kriterler ve alt kriterler kullanılacaktır. Bölüm 4.1'de belirtildiği gibi 'stratejik amaçlar', 'stratejik hedefler' ve 'faaliyetler' kriter kümelerinin elemanları Hazine Müsteşarlığı 2009-2013 Stratejik Planı'ndan alınmıştır. 'Riskler' kümesinin elemanları ise hazine uzmanları ile yapılan grup çalışmasında tespit edilen risklerden oluşmaktadır.

Adım 2. AAS ilişkilerinin tanimlanmasi (modelinin oluşturulmasi)

'Stratejik hedefler', 'faaliyetler' ve 'riskler' kümeleri kendilerinden ve diğer tüm kümelerden etkilenmektedir. 'Stratejik amaçlar' kümesi ise sadece kendisinden etkilenmekte ve diğer kümeleri etkilemektedir. 4 ana kümeden oluşan bu ağ yapısı, Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Şekilde kriter kümelerinin alt kriterleri arasındaki ilişkiler ayrı ayrı gösterilmeyip kümeler arasındaki ilişkiyle temsil edilmiştir. Çözüm için kullanılan 'Superdecision' paket programına kriter kümeleri ve küme elemanı alt kriterler girildikten sonra ilişkiler tanımlanmaktadır.



Şekil 4.1. Risk değerlendirme için önerilen AAS modeli

Kriterler ve alt kriterler kendi içlerinde etkileşime sahiptir. Kümeler içindeki düğümlerin (alt kriterlerin) etkiledikleri ve etkilendikleri alt kriterler Çizelge 4.3'te görülmektedir.

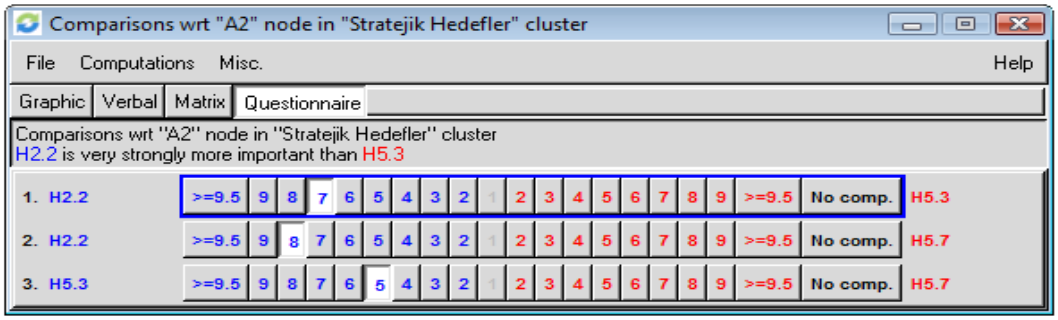
Şekil 4.1 ve Çizelge 4.3'te tanımlanmış ilişkiler doğrultusunda ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Örneğin 'stratejik amaçlar' ve 'riskler' arasında tanımlanan tek yönlü ilişki nedeniyle ikili karşılaştırmalarda stratejik amaç alt kriterlerinin risklerin alt kriterlerini nasıl, hangi sayısal üstünlük ile etkilediği sorgulanır. 'Stratejik hedefler' ve 'faaliyetler' kriter kümeleri arasında Şekil 4.1'de tanımlanmış olan çift yönlü ilişki; kriter ve kümeye dahil tüm alt kriterlerin birbirlerine göre üstünlüklerinin derecelendirilmesi gerektiği anlamına gelir.

Çizelge 4.3. AAS modelinde yer alan alt kriterlerin etkileşim tablosu

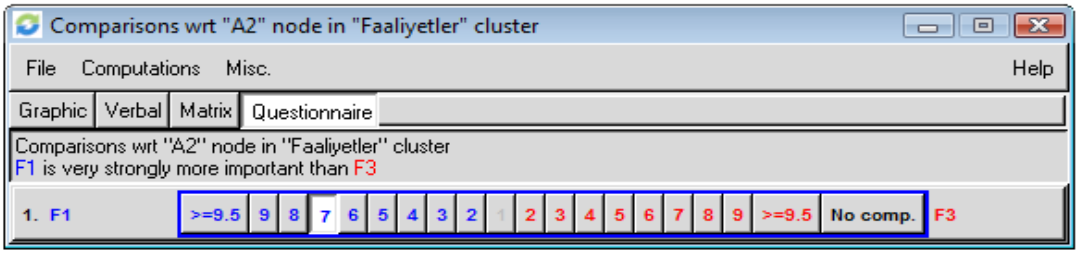
ETKİLENDİKLERİ		ETKİLEDİKLERİ
H2.2, H5.3, H5.7, F1, F3, R10	A2	-
H5.1, H5.2, H5.3, H5.4, H5.7, F2, F3, F4, F5, R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10	A5	-
H5.7, F1, F3, R10	H2.2	A2, R10
R2, R3	H5.1	A5, H5.2, H5.3, H5.4, F4, R3
H5.1, H5.4, F2, F3, F4, R2, R3, R4	H5.2	A5, H5.3, R2, R3, R4
H5.1, H5.2, H5.4, H5.7, F2, F3, F4, F5, R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10	H5.3	A2, A5, H5.4
H5.1, H5.3, F3, F4, R5, R6	H5.4	A5, H5.2, H5.3
F3, F5, R1, R9, R10	H5.7	A2, A5, H2.2, H5.3, F3
F3, R10	F1	A2, H2.2, R10
R2, R3, R4	F2	A5, H5.2, H5.3, F3, R1, R2
H5.7, F2, F4, R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10	F3	A2, A5, H2.2, H5.2, H5.3, H5.4, H5.7, F1, F5, R2, R3, R4, R6, R7, R8, R9
H5.1, R5	F4	A5, H5.2, H5.3, H5.4, F3, R5
F3, R9, R10	F5	A5, H5.3, H5.7, R9
F2, R2, R3, R4, R10	R1	A5, H5.3, H5.7, F3, R2, R3, R4, R6, R9
H5.2, F2, F3, R1, R3, R4	R2	A5, H5.1, H5.2, H5.3, F2, F3, R1, R3, R4
H5.1, H5.2, F3, R1, R2, R4	R3	A5, H5.1, H5.2, H5.3, F2, F3, R1, R2, R4
H5.2, F3, R1, R2, R3, R7	R4	A5, H5.2, H5.3, F2, F3, R1, R2, R3
F4	R5	A5, H5.3, H5.4, F3
F3, R1, R7, R8	R6	A5, H5.3, H5.4, F3
F3	R7	A5, H5.3, F3, R4, R6, R8
F3, R7	R8	A5, H5.3, F3, R6
F3, F5, R1, R10	R9	A5, H5.3, H5.7, F3, F5
H2.2, F1	R10	A2, A5, H2.2, H5.3, H5.7, F1, F3, F5, R1, R9

Adım 3. İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması (derecelendirme)

"İç kontrol sisteminin kurulması ve uygulanması"nda AAS ile risk değerlendirme uygulaması için hangi kriterler/alt kriterler arasında ikili karşılaştırmaların yapılacağı tespit edildikten sonra karşılaştırmalar, konuyla ilgili uzmanların verdiği puanlamaların geometrik ortalamasına göre yapılmıştır. Puanlamalar arasındaki oransal farklar, mutlak farklardan daha önemli olduğu için geometrik ortalama tercih edilmiştir. Bu puanlar 'Superdecision' programına girilerek matrisler elde edilmiştir. 'Stratejik amaç 2' alt kriterinin karşılaştırmalı matrisleri Resim 4.1.a ve 4.1.b'de verilmiş olup, diğer kriter ve alt kriterler için de benzer işlemler yapılmıştır.



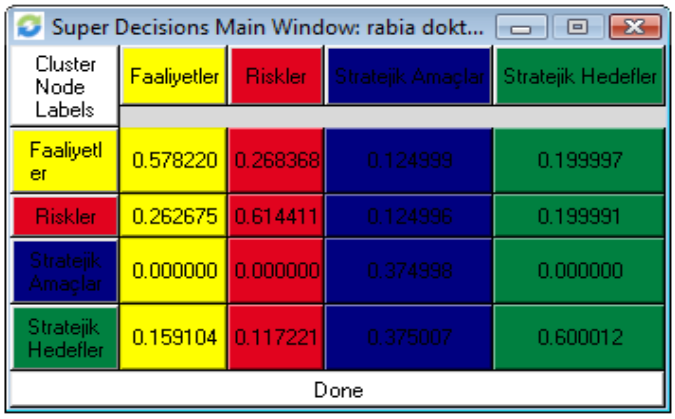
Resim 4.1.a. 'Stratejik hedefler' kümesi alt kriterlerinin "Stratejik Amaç 2" üzerindeki etkileri



Resim 4.1.b. 'Faaliyetler' kümesi alt kriterlerinin "Stratejik Amaç 2" üzerindeki etkileri

Adım 4. AAS'de matris işlemleri (süpermatris, ağırlıklandırılmış ve limit matris)

Öncelikle AAS'de bilinen üç temel matris dışında yer alan, kümelerin (kriterlerin) birbirleri ile ilişkilerini gösteren küme ağırlık matrisi oluşturulmuştur. 'Stratejik amaçlar', 'stratejik hedefler', 'faaliyetler' ve 'riskler' kümelerinin karşılaştırmalarına göre 'Superdecision'dan elde edilen küme ağırlık matrisi Resim 4.2.'de verilmiştir.



Resim 4.2. Küme ağırlıkları matrisi

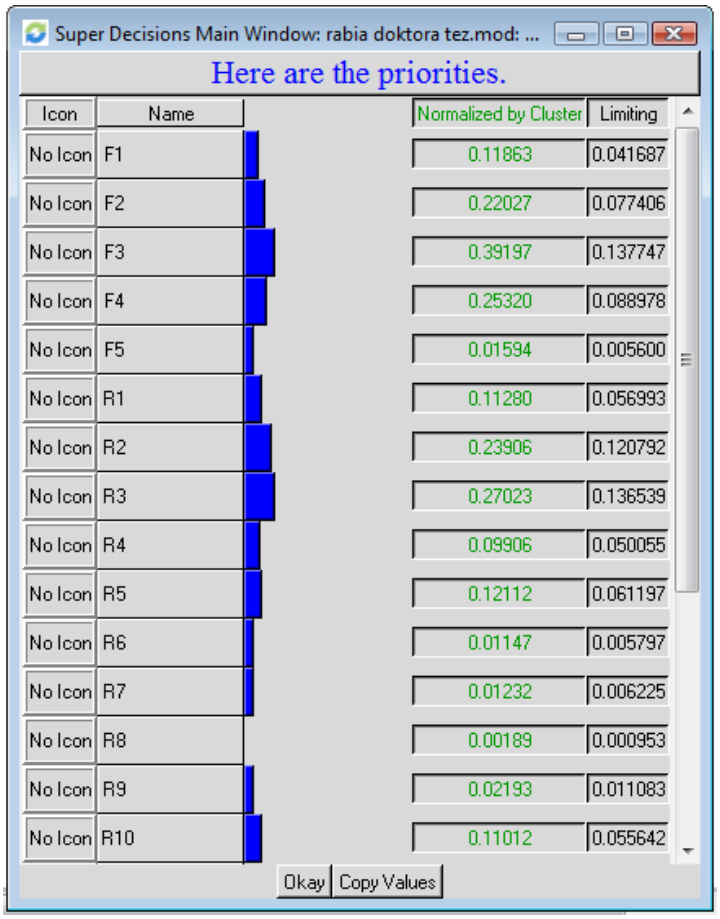
Kriterlerin/alt kriterlerin ikili karşılaştırma matrislerinde hesaplanan etkileri, süper matriste kendine karşılık gelen hücrelere yerleştirilir. Örneğin, ‘stratejik hedefler’ kriterinin ‘amaç 2’ üzerindeki etkilerini gösteren vektör, süper matriste ‘amaç 2’ sütunu ile ilişkili olduğu hedefler; ‘hedef 2.2’, hedef ‘5.3’ ve ‘hedef 5.7’ satırlarının kesiştiği hücrelere yerleştirilir.

Ağırlıklandırılmamış süpermatristeki küme kesişimlerinde bulunan hücreler, küme ağırlık matrisindeki ağırlık değerleri ile çarpılarak ağırlıklandırılmış süpermatris elde edilir. Süpermatrisin ağırlıklandırılması işlemi tamamlandıktan sonra limitlendirmeye geçilir. Ağırlıklandırılmış süpermatrisin aynı satıra karşılık gelen sütun değerlerinin birbirine eşit olana kadar kuvvetinin alınması ile limit matris elde edilir.

Limitlendirme işleminin amacı; tekrar sayısının artırılarak, örnek olay yığınının genişletilmesi ve böylece modelin güvenilirliğinin artırılmasıdır. Limitlendirilmiş süpermatris bize hangi riskin, belirlemiş olduğumuz kriterlere göre en öncelikli risk olduğunu verir. Limit matriste bulunan değerlerin normalize edilmesi ile risklerin gerçek ağırlıkları bulunur.

Adım 5. En uygun alternatifin seçimi (çözüm)

‘Superdecision’dan elde edilen limit değerler ve risk öncelik sonuçları Resim 4.3’de gösterilmiştir. Bu işlemler sonucunda en öncelikli risk, ‘Risk 3’ olarak tespit edlmiştir.



Resim 4.3. AAS yöntemi ile yapılan risk değerlendirme çalışmasının sonuçları

4.4. Bulanık AHP ile Risklerin Değerlendirilmesi

Örnek risk değerlendirme probleminin çözümü için, bu çalışma kapsamında, bulanık AHP yöntemi olarak Wang'ın Modifiye Bulanık Logaritmik EKK Yaklaşımı kullanılmıştır. Bölüm 3.4.1'de detayları verilen, Wang'ın bulanık logaritmik EKK modelinin risk değerlendirme problemine uygulanması için önerilen algoritma adımları şu şekildedir:

Adım 1. Modelde kullanılacak kriter ve alt kriterlerin belirlenmesi

Bölüm 4.1'de tanımlanan risk değerlendirme problemi için; önceki bölümlerden farklı olarak hiyerarşik model yapısı kullanılacağından, öncelikle kriter kümelerinden biri (stratejik amaçlar kümesi) çıkarılmıştır. Bunun sebebi dört kademeli hiyerarşik yapının modelleme ve hesaplama güçlüğüne sebep olmasıdır. Kalan üç kriter kümesinde ise hiyerarşik yapının oluşturulması ve modelde kullanılacak ilişkilerin tesis edilmesi amacıyla bazı değişiklikler yapılmıştır. Bunlar; 'stratejik hedefler' kümesinden Hedef 5.7'nin

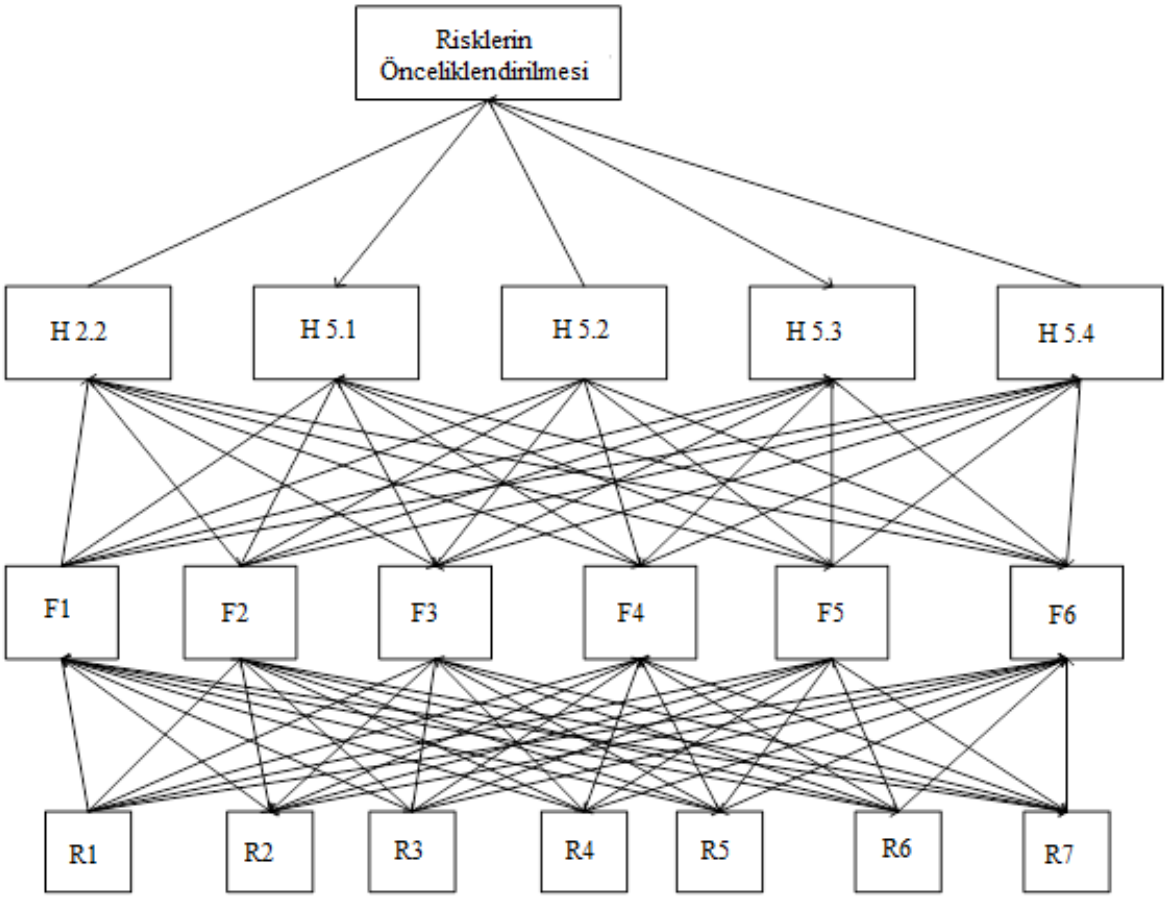
çıkarılması, ‘faaliyetler’ kümesine Faaliyet 2’nin eklenmesi ve son olarak ‘riskler’ kümesinden risk 7, 8 ve 9’un çıkarılmasıdır. Ana hatlarıyla, problem değişkenlerinin azaltılması şeklinde tanımlayabileceğimiz bu revizyona aynı problemin çok sayıda farklı metodla çözülmesi nedeniyle ihtiyaç duyulmuştur. Problem değişkenlerinin azaltılması ve sonuca etkileri hususu sonuç kısmında ayrıca ele alınacaktır. Revizyon sonrası Wang’ın Bulanık AHP yaklaşımında kullanılan kriter ve alt kriterler Çizelge 4.4’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. Bulanık AHP modelinde kullanılan kriterler ve alt kriterler

Kriter	Alt Kriter
Stratejik Hedefler	H2.2 Avrupa Birliği (AB) müktesabatına uyumun ve AB fonlarının kullanımının etkin bir biçimde gerçekleşmesi
	H5.1 Ar-ge ve yenilikçilik yaklaşımının kurum kültürünün bir parçası haline getirilmesi
	H5.2 İnsan kaynakları yönetiminin geliştirilmesi
	H5.3 Sürekli performans iyileştirme anlayışının hakim kılınması
	H5.4 Bilişim teknolojileri yönetişiminin uluslararası en iyi uygulamalar seviyesine çıkarılması
Faaliyetler	F1 Müsteşarlığımızla ilgili AB müktesebatına uyum programı ile öngörülen çalışmaların tamamlanması
	F2 İnsan kaynakları yönetiminin geliştirilmesi
	F3 Mesleki bilgi birikiminin artırılmasını teminen personelin staj, seminer, konferans, kurs gibi imkanlarının artırılması
	F4 Müsteşarlık iç kontrol sisteminin ve standartlarının uluslararası en iyi uygulamalar seviyesine çıkarılması
	F5 Karar destek uygulamaları, iş zekası ve internet teknolojileri çözümlerinin bilgi sistemlerine entegre edilmesi
	F6 İç denetim uygulamalarına ilişkin denetim rehberlerinin hazırlanması ve iç kalite güvence ve geliştirme programının oluşturulması
Riskler	R1 İç kontrol sisteminin sahiplenilmemesi ve desteklenmemesi riski
	R2 İnsan kaynakları süreçlerinin etkinleştirilememesi riski
	R3 Organizasyonel, kurumsal, yönetsel riskler
	R4 Görev ve yetki dağılımı ile ilgili riskler
	R5 Bilgi teknolojilerinin kurum hedeflerine göre kullanılamaması, iş hedefleri ile bilişim teknolojilerinin entegre edilememesi riski
	R6 Risk yönetim sistemi (tanımlama/tespit, analizi, karşılık ve izleme) ile ilgili riskler
	R7 AB ile ilişkilerin ve üyelik sürecinin yavaş ilerlemesi riski

Adım 2. AHP modelinin oluşturulması

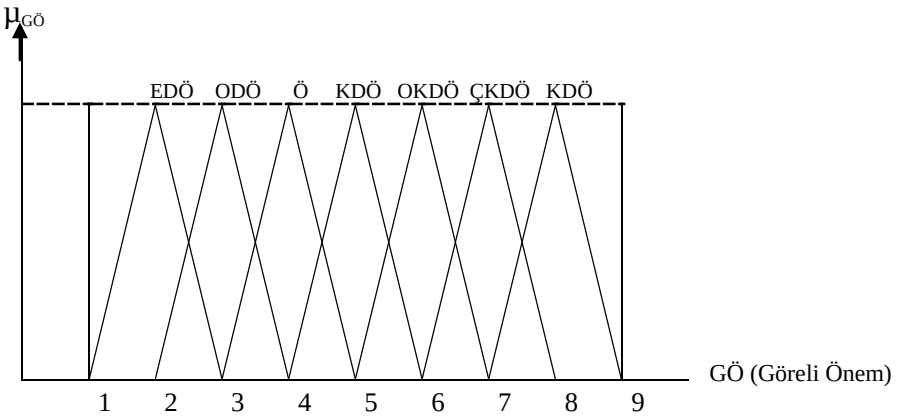
Risk değerlendirmede kullanılacak AHP modeli, amaçla birlikte dört seviyeden oluşmaktadır. İlk seviye modelin amacını "risklerin önceliklendirilmesi", ikinci seviye 1. düzey kriterler kümesi olarak kullanılan stratejik hedefleri, üçüncü seviye 2. düzey kriterler kümesi olarak tanımlanan faaliyetleri ve dördüncü seviye de problemin alternatifleri olan riskleri göstermektedir (Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. AHP modeli

Adım 3. Kriterlerin bağlı önceliklerinin belirlenmesi

İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulurken göreli ağırlıkları değerlendirmek için Şekil 4.3'de ve Çizelge 4.5'de verilen bulanık dilsel değişken skalası kullanılmıştır. Bu skala, Kahraman ve diğerleri (2006) tarafından önerilmiş ve literatürde bulanık karar verme problemlerinin çözümünde kullanılmıştır.



Şekil 4.3. Göreli Önem Derecelerinin Dilsel Skalası

Çizelge 4.5. Önem derecelerinin dilsel skalası (Kahraman ve diğerleri, 2006)

Önem İçin Dilsel Skala	Üçgensel Bulanık Derece	Üçgensel Bulanık Karşılık Derece
Tamamen eşit	(1,1,1)	(1,1,1)
Eşit derecede önemli (EDÖ)	(1/2,1,3/2)	(2/3,1,2)
Az derecede daha önemli (ADÖ)	(1,3/2,2)	(1/2,2/3,1)
Kuvvetli derecede daha önemli (KDÖ)	(3/2,2,5/2)	(2/5,1/2,2/3)
Çok kuvvetli derecede daha önemli (ÇKDÖ)	(2,5/2,3)	(1/3,2/5,1/2)
Kesin Olarak Daha Önemli (KODÖ)	(5/2,3,7/2)	(2/7,1/3,2/5)

İlk olarak uzman grubu tarafından, ikili karşılaştırma matrisi aracılığıyla beş stratejik hedefin göreli/bağlı öncelikleri belirlenir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Stratejik hedeflere ait ikili karşılaştırma matrisi

Stratejik Hedefler	H 2.2.	H 5.1.	H 5.2.	H 5.3.	H 5.4.
H 2.2.	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)
H 5.1.	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)
H 5.2.	(1/2,1,3/2)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(2/3,1,2)
H 5.3.	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(1,3/2,2)
H 5.4.	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(1/2,1,3/2)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)

Adım 4. İkinci düzey kriterlerin birinci düzey kriterler açısından karşılaştırılması

Faaliyetler, her stratejik hedef açısından ayrı ayrı ikili karşılaştırma matrisleri aracılığıyla değerlendirilmiştir (Çizelge 4.7).

Adım 5-6. Kriterlerin yerel ve global ağırlıkların belirlenmesi

Birinci düzey kriterler olan stratejik hedeflerin yerel ağırlıkları, her ikili karşılaştırma matrisi için Eşitlik (3.21)'de verilen model çözülerek elde edilir (Çizelge 4.8). Bu değerler kullanılarak ikinci düzey kriterler olan faaliyetlerin global bulanık ağırlıkları hesaplanmıştır.

Adım 7. Risklerin ikinci düzey kriterler açısından karşılaştırılması

Modelde yer alan yedi risk, ikinci düzey kriterler olan faaliyetlerin her biri açısından ikili karşılaştırma matrisleri ile değerlendirilmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.7. Faaliyetlerin stratejik hedefler açısından ikili karşılaştırılması

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Faaliyetlerin stratejik hedef 1 açısından bulanık karşılaştırma matrisi						
F1	(1,1,1)	(2,5/2,3)	(2,5/2,3)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)
F2	(1/3,2/5,1/2)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(2/5,1/2,2/3)
F3	(1/3,2/5,1/2)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,2)	(2/5,1/2,2/3)
F4	(1/2,2/3,1)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(1/2,1,3/2)
F5	(2/5,1/2,2/3)	(1,3/2,2)	(1/2,1,3/2)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)
F6	(1/2,2/3,1)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,2)	(1,3/2,2)	(1,1,1)
Faaliyetlerin stratejik hedef 2 açısından bulanık karşılaştırma matrisi						
F1	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)
F2	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)
F3	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)
F4	(1,3/2,2)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(1/2,1,3/2)
F5	(1,3/2,2)	(2/3,1,2)	(2/3,1,2)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)
F6	(1,3/2,2)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(2/3,1,2)	(2/3,1,2)	(1,1,1)
Faaliyetlerin stratejik hedef 3 açısından bulanık karşılaştırma matrisi						
F1	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)	(1/3,2/5,1/2)	(1/2,2/3,1)	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)
F2	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)	(2,5/2,3)	(5/2,3,7/2)
F3	(2,5/2,3)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)	(2,5/2,3)
F4	(1,3/2,2)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)
F5	(2/3,1,2)	(1/3,2/5,1/2)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,3/2,2)
F6	(1/2,2/3,1)	(2/7,1/3,2/5)	(1/3,2/5,1/2)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)
Faaliyetlerin stratejik hedef 4 açısından bulanık karşılaştırma matrisi						
F1	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1/3,2/5,1/2)	(1/3,2/5,1/2)	(1/2,2/3,1)
F2	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,1,3/2)
F3	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(1,3/2,2)
F4	(2,5/2,3)	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(3/2,2,5/2)
F5	(2,5/2,3)	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)
F6	(1,3/2,2)	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)
Faaliyetlerin stratejik hedef 5 açısından bulanık karşılaştırma matrisi						
F1	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1/3,2/5,1/2)	(2/3,1,2)
F2	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(1,3/2,2)
F3	(1,3/2,2)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,1,3/2)
F4	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(3/2,2,5/2)
F5	(2,5/2,3)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(2,5/2,3)
F6	(1/2,1,3/2)	(1/2,2/3,1)	(2/3,1,2)	(2/5,1/2,2/3)	(1/3,2/5,1/2)	(1,1,1)

Çizelge 4.8. Faaliyetlerin yerel ve global ağırlıkları

Faaliyetler	H 2.2.	H 5.1.	H 5.2.	H 5.3.	H 5.4.	*Global Bulanık Ağırlıklar*
	(0.193,0.193,0.213)	(0.163,0.168,0.186)	(0.123,0.197,0.245)	(0.154,0.213,0.268)	(0.161,0.230,0.294)	
F1	(0.240,0.272,0.286)	(0.100,0.105,0.116)	(0.087,0.107,0.127)	(0.083,0.089,0.101)	(0.096,0.106,0.127)	(0.102,0.135,0.178)
F2	(0.089,0.099,0.120)	(0.156,0.209,0.233)	(0.276,0.304,0.316)	(0.100,0.124,0.147)	(0.125,0.159,0.187)	(0.112,0.177,0.241)
F3	(0.088,0.106,0.131)	(0.164,0.209,0.244)	(0.200,0.229,0.255)	(0.146,0.175,0.204)	(0.115,0.151,0.202)	(0.109,0.173,0.249)
F4	(0.157,0.196,0.227)	(0.120,0.152,0.188)	(0.134,0.161,0.189)	(0.197,0.244,0.271)	(0.169,0.214,0.255)	(0.124,0.196,0.277)
F5	(0.104,0.130,0.157)	(0.122,0.174,0.233)	(0.096,0.115,0.146)	(0.207,0.244,0.285)	(0.219,0.254,0.272)	(0.119,0.187,0.269)
F6	(0.164,0.197,0.238)	(0.126,0.152,0.197)	(0.077,0.084,0.096)	(0.105,0.124,0.155)	(0.094,0.116,0.139)	(0.093,0.133,0.193)

Çizelge 4.9. Risklerin faaliyetler açısından ikili karşılaştırması

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7
Risklerin faaliyet 1 açısından bulanık karşılaştırma matrisi							
R1	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(1/2,1,3/2)	(1/2,2/3,1)
R2	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(2/5,1/2,2/3)
R3	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1/3,2/5,1/2)
R4	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1/3,2/5,1/2)
R5	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(2/5,1/2,2/3)
R6	(2/3,1,2)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)
R7	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)	(2,5/2,3)	(2,5/2,3)	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(1,1,1)
Risklerin faaliyet 2 açısından bulanık karşılaştırma matrisi							
R1	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(1/2,2/3,1)	(1,3/2,2)	(2/3,1,2)	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)
R2	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1,3/2,2)	(1/2,2/3,1)	(2/3,1,2)	(1/2,1,3/2)
R3	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)
R4	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(2/3,1,2)
R5	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)	(2/3,1,2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(3/2,2,5/2)
R6	(2/3,1,2)	(1/2,1,3/2)	(1/2,2/3,1)	(1,3/2,2)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)
R7	(1/2,2/3,1)	(2/3,1,2)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,2)	(1,1,1)
Risklerin faaliyet 3 açısından bulanık karşılaştırma matrisi							
R1	(1,1,1)	(1/3,2/5,1/2)	(1/2,2/3,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,2)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)
R2	(2,5/2,3)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(2,5/2,3)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)
R3	(1,3/2,2)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(1,3/2,2)	(1/2,2/3,1)	(2/3,1,2)
R4	(3/2,2,5/2)	(1/2,2/3,1)	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)
R5	(1/2,1,3/2)	(1/3,2/5,1/2)	(1/2,2/3,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)
R6	(3/2,2,5/2)	(1/2,2/3,1)	(1,3/2,2)	(2/3,1,2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1,3/2,2)
R7	(1,3/2,2)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,1,3/2)	(1/2,2/3,1)	(1,3/2,2)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)
Risklerin faaliyet 4 açısından bulanık karşılaştırma matrisi							
R1	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(1,3/2,2)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(1,3/2,2)	(2,5/2,3)
R2	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(1,3/2,2)	(2,5/2,3)
R3	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,1,3/2)	(3/2,2,5/2)
R4	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(5/2,3,7/2)
R5	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(5/2,3,7/2)
R6	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(2/3,1,2)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)
R7	(1/3,2/5,1/2)	(1/3,2/5,1/2)	(2/5,1/2,2/3)	(2/7,1/3,2/5)	(2/7,1/3,2/5)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)

Çizelge 4.9. (Devam) Risklerin faaliyetler açısından ikili karşılaştırması

Risklerin faaliyet 5 açısından bulanık karşılaştırma matrisi							
R1	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(1/2,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,2)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)
R2	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,2)	(1/3,2/5,1/2)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)
R3	(2/3,1,2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(1/2,2/3,1)	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)
R4	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(1/3,2/5,1/2)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)
R5	(1/2,1,3/2)	(2,5/2,3)	(1,3/2,2)	(2,5/2,3)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)
R6	(1/2,2/3,1)	(1,3/2,2)	(2/3,1,2)	(1,3/2,2)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)
R7	(1/2,2/3,1)	(1,3/2,2)	(1/2,2/3,1)	(1,3/2,2)	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,2)	(1,1,1)
Risklerin faaliyet 6 açısından bulanık karşılaştırma matrisi							
R1	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)	(2,5/2,3)	(2,5/2,3)	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(1/2,1,3/2)
R2	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1/3,2/5,1/2)	(2/5,1/2,2/3)
R3	(1/3,2/5,1/2)	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)
R4	(1/3,2/5,1/2)	(1,3/2,2)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)
R5	(2/5,1/2,2/3)	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(2/3,1,2)
R6	(1/2,2/3,1)	(2,5/2,3)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)
R7	(2/3,1,2)	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(1/2,1,3/2)	(2/3,1,2)	(1,1,1)

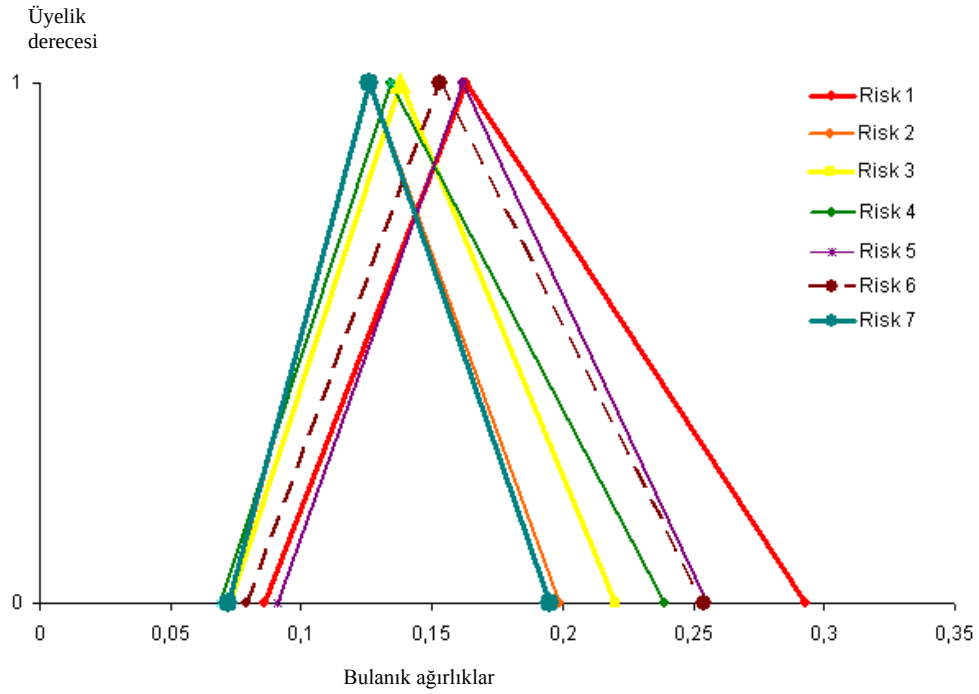
Adım 8. Risklerin yerel ve global ağırlıklarının hesaplanması

Altı adet karşılaştırma matrisinin (Çizelge 4.9) her biri için doğrusal olmayan model (Bkz. Eşitlik 3.21) çözülerek risklerin global ağırlıkları elde edilmiştir (Çizelge 4.10). Altıncı adımda elde edilen ikinci düzey kriterlerin global ağırlıkları, burada göreli/bağlı önem değeri olarak kullanılmıştır.

Çizelge 4.10'da elde edilen sonuçlardan da görülebileceği gibi Risk 1 en öncelikli risk olarak tespit edilmiştir. Risklerin öncelikleri Resim 4.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. Risklerin yerel ve global bulanık ağırlıkları

Riskler	F1	F 2	F 3	F 4	F 5	F6	Global Bulanık Ağırlıklar
	(0.102,0.135,0.178)	(0.112,0.177,0.241)	(0.109,0.173,0.249)	(0.124,0.196,0.277)	(0.119,0.187,0.269)	(0.093,0.133,0.193)	
R1	(0.139,0.183,0.215)	(0.117,0.155,0.215)	(0.077,0.077,0.102)	(0.124,0.151,0.187)	(0.137,0.193,0.280)	(0.204,0.237,0.261)	(0.086,0.163,0.
R2	(0.111,0.127,0.142)	(0.097,0.118,0.141)	(0.188,0.188,0.188)	(0.119,0.151,0.179)	(0.078,0.089,0.102)	(0.069,0.073,0.083))	(0.073,0.126,0.
R3	(0.077,0.089,0.111)	(0.172,0.208,0.215)	(0.102,0.130,0.147)	(0.089,0.107,0.127)	(0.130,0.171,0.200)	(0.086,0.100,0.125)	(0.073,0.138,0.
R4	(0.073,0.089,0.106)	(0.086,0.095,0.112)	(0.128,0.192,0.313)	(0.170,0.212,0.235)	(0.075,0.089,0.098)	(0.083,0.100,.0120)	(0.069,0.134,0.
R5	(0.111,0.127,0.142)	(0.135,0.178,0.206)	(0.074,0.091,0.098)	(0.177,0.212,0.245)	(0.195,0.199,0.199)	(0.118,0.141,0.176)	(0.091,0.162,0.
R6	(0.145,0.183,0.224)	(0.102,0.138,0.180)	(0.144,0.192,0.201)	(0.092,0.107,0.132)	(0.099,0.134,0.158)	(0.153,0.185,0.215)	(0.079,0.153,0.
R7	(0.202,0.202,0.202)	(0.088,0.107,0.134)	(0.097,0.130,0.141)	(0.060,0.061,0.063)	(0.102,0.126,0.147)	(0.128,0.165,0.181)	(0.072,0.126,0.



Resim 4.4. Risklerin global bulanık ağırlıkları

Önerilen modifiye bulanık LEKK risk değerlendirme metodolojisi ile elde edilen risk sıralaması: R1 > R5 > R6 > R3 > R4 > R2 > R7'dir. . Sonuçlara ilişkin detaylı analiz ve karşılaştırma sonuç bölümünde yapılmıştır.

4.5. Bulanık AAS ile Risklerin Değerlendirilmesi

Bölüm 3.4.2'de belirtilen nedenlerle, bu çalışmada, risk değerlendirme probleminin çözümü için bulanık AAS yöntemlerinden 'Chang'in Derece Analizi Metodu' ve 'Mikhailov'un Bulanık Önceliklendirme Metodu' tercih edilmiştir. Söz konusu metotların örnek problem üzerinde yapılan uygulamaları ve elde edilen sonuçlar aşağıda yer almaktadır.

4.5.1. Chang'in derece analizi metodu ile risklerin değerlendirilmesi

Hazine Müsteşarlığında risklerin önceliklerinin belirlenmesinde kullanılan Chang'in Derece Analizi Algoritması'nın adımları şu şekildedir (Dağdeviren ve diğerleri, 2008):

Adım 1. AAS modelinin oluşturulması

Risk değerlendirme için oluşturulan AAS modelinde yer alan kriterler, alt kriterler ve aralarındaki ilişkiler belirlenmiştir. Çizelge 4.1'de verilen kriter ve alt kriterler ile Şekil 4.1'de verilen model yapısı kullanılacaktır.

Adım 2. İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması

İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulurken göreli ağırlıkları değerlendirmek için Kahraman ve diğerleri (2006) tarafından önerilen (Bkz. Çizelge 4.5) bulanık dilsel değişken skalası kullanılmıştır. Bu skala, literatürde bulanık karar verme problemlerinin çözümünde kullanılmış olup, Chang'in Derece Analizi Metodunda da bulanık önceliklendirme için kullanılabilir (Yüksel ve Dağdeviren, 2010). Bu çerçevede, öncelikle kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi (Çizelge 4.11.) oluşturulmuştur.

Çizelge 4.11. Kriterlerin bulanık ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	*SA*	*SH*	*F*	*R*	*W*
Stratejik Amaçlar (SA)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(1/3,2/5,1/2)	(2/5,1/2,2/3)	0.151
Stratejik Hedefler (SH)	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	0.227
Faaliyetler (F)	(2,5/2,3)	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	0.375
Riskler (R)	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	0.301
S(SA)= (2.233 , 2.567 , 3.167) x (1/22.7 , 1/18.1 , 1/ 14.23) = (0.098 , 0.142 , 0.222) = 0.604/4					
S(SH)= (3 , 3.833 , 5) x (1/22.7 , 1/18.1 , 1/ 14.23) = (0.132 , 0.212 , 0.351) = 0.907/4					
S(F) = (5 , 6.5 , 8) x (1/22.7 , 1/18.1 , 1/ 14.23) = (0.220 , 0.359 , 0.562) = 1.5/4					
S(R) = (4 , 5.167 , 6.5) x (1/22.7 , 1/18.1 , 1/ 14.23) = (0.176 , 0.286 , 0.457) = 1.205/4					

Çizelge 4.11'de verilen bulanık ikili karşılaştırma matrisinden hareketle ağırlık vektörü $W=(0.151,0.227,0.375,0.301)^T$ elde edilir ve daha sonra her kriter kümesi için alt kriterlerin ikili karşılaştırmaları yapılır (Çizelge 4.12.a.-4.12.d.).

Çizelge 4.12.a. Stratejik amaçların ikili karşılaştırma matrisi

	A2	*A5*	*W*
A2	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	0.341
A5	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	0.679

Çizelge 4.12.b. Stratejik hedeflerin ikili karşılaştırma matrisi

	H2.2	*H5.1*	*H5.2*	*H5.3*	*H5.4*	*H5.7*	*W*
H2.2	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	0.172
H5.1	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	0.158
H5.2	(1/2,1,3/2)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(2/3,1,2)	(1/2,1,3/2)	0.180
H5.3	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(1,3/2,2)	0.213
H5.4	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(1/2,1,3/2)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	0.207
H5.7	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	0.174

Çizelge 4.12.c. Faaliyetlerin ikili karşılaştırma matrisi

	F1	*F2*	*F3*	*F4*	*F5*	*W*
F1	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(2/3,1,2)	(2/3,1,2)	0.214
F2	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(2/3,1,2)	0.192
F3	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(1/2,1,3/2)	0.241
F4	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	0.250
F5	(1/2,1,3/2)	(1/2,1,3/2)	(2/3,1,2)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	0.222

Çizelge 4.12.d. Risklerin ikili karşılaştırma matrisi

	R1	*R2*	*R3*	*R4*	*R5*	*R6*	*R7*	*R8*	*R9*	*R10*	*W*
R1	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(2,5/2,3)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(2,5/2,3)	0.164
R2	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(2,5/2,3)	0.118
R3	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	0.075
R4	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	0.075
R5	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)	0.130
R6	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)	0.132
R7	(1/3,2/5,1/2)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)	0.112
R8	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	0.071
R9	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	0.079
R10	(1/3,2/5,1/2)	(1/3,2/5,1/2)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	0.058

Adım 3. İç bağımlılık matrislerinin oluşturulması

Her kriter kümesi açısından diğer kriter kümelerine göre iç bağımlılıklar değerlendirilir ve göreli önem ağırlıkları Çizelge 4.13.a.'da gösterildiği gibi hesaplanır.

Çizelge 4.13.a. Stratejik amaçlar açısından kriterlerin iç bağımlılığı

Kriterler	*SH*	*F*	*R*	*Göreli Önem Derecesi*
Stratejik Hedefler (SH)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(1/2,1,3/2)	0.343
Faaliyetler (F)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(1,1,1)	0.355
Riskler (R)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(1,1,1)	0.355
S(SH)= (2 , 3 , 4) x (1/12 , 1/9 , 3/22) = (0.167 , 0.333 , 0.545) = 1.373/4 S(F) = (8/3 , 3 , 4) x (1/12 , 1/9 , 3/22) = (0.217 , 0.333 , 0.545) = 1.423/4 S(R) = (8/3 , 3 , 4) x (1/12 , 1/9 , 3/22) = (0.217, 0.333 , 0.545) = 1.423/4				

Çizelge 4.13.a'da yapılan hesaplamalar sonucu göreli önem ağırlık vektörü $W=(0.343,0.355,0.355)^T$ şeklinde elde edilir. Diğer kriterler için oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinde de iç bağımlılık hesaplamaları benzer şekilde yapılır (Çizelge 4.13.b.- Çizelge 4.13.d.).

Çizelge 4.13.b. Stratejik hedefler açısından kriterlerin iç bağımlılığı

Kriterler	*F*	*R*	*Göreli Önem*
Faaliyetler (F)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	0.5
Riskler (R)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	0.5

Çizelge 4.13.c. Faaliyetler açısından kriterlerin iç bağımlılığı

Kriterler	*SH*	*R*	*Göreli Önem*
Stratejik Hedefler (SH)	*(1,1,1)*	*(1/2,2/3,1)*	0.32
Riskler (R)	*(1,3/2,2)*	*(1,1,1)*	0.68

Çizelge 4.13.d. Riskler açısından kriterlerin iç bağımlılığı

Kriterler	*SH*	*F*	*Göreli Önem*
Stratejik Hedefler (SH)	*(1,1,1)*	*(1/2,2/3,1)*	0.32
Faaliyetler (F)	*(1,3/2,2)*	*(1,1,1)*	0.68

Adım 4. Alt kriterlerin global ağırlıklarının belirlenmesi

İç bağımlık matrislerinden (Çizelge 4.13.a-4.13.d) hesaplanan göreli önem dereceleri ile Çizelge 4.11'den elde edilen ağırlıklar çarpılarak normalize edilir ve kriterlerin yerel ağırlıkları şu şekilde hesaplanır.

$$W_{kriterler} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.34 & 1 & 0.32 & 0.32 \\ 0.35 & 0.5 & 1 & 0.68 \\ 0.35 & 0.5 & 0.68 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.151 \\ 0.227 \\ 0.375 \\ 0.301 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.151 \\ 0.495 \\ 0.655 \\ 0.720 \end{bmatrix} \xrightarrow{normalizasyon} \begin{bmatrix} 0.075 \\ 0.247 \\ 0.327 \\ 0.360 \end{bmatrix}$$

Alt kriterlerin global ağırlıkları; Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12.a.-4.12.d.'de verilen karşılaştırma matrislerinden elde edilen alt kriterlerin yerel ağırlıkları ile kriterlerin bağımlı yerel ağırlıklarının çarpılmasıyla Çizelge 4.14'de gösterildiği gibi hesaplanır.

Çizelge 4.14. Alt kriterlerin global ağırlıkları

Kriterler	***Yerel Ağırlıklar***	***Alt Kriterler***	***Yerel Ağırlıklar***	***Global Ağırlıklar***
SA	0.075	***A2***	0.341	0.026
		A5	0.679	0.051
SH	0.247	***H2.2***	0.172	0.042
		H5.1	0.158	0.039
		H5.2	0.180	0.044
		H5.3	0.213	0.053
		H5.4	0.207	0.051
		H5.7	0.174	0.043
F	0.327	***F1***	0.214	0.070
		F2	0.192	0.063
		F3	0.241	0.079
		F4	0.250	0.082
		F5	0.222	0.073
R	0.360	***R1***	0.164	0.0590
		R2	0.118	0.0420
		R3	0.075	0.0270
		R4	0.075	0.0270
		R5	0.130	0.0468
		R6	0.132	0.0475
		R7	0.112	0.0403
		R8	0.071	0.0250
		R9	0.079	0.0280
		R10	0.058	0.0210

4.5.2. Mikhailov'un yaklaşımı ile risklerin değerlendirilmesi

Bölüm 4.1.'de verilen örnek problem için Mikhailov'un yaklaşımıyla risk değerlendirme metodunun adımları şöyledir:

Adım 1. AAS modelinin oluşturulması

Bu adımda risk değerlendirme için oluşturulan AAS modelinde yer alan kriterler, alt kriterler ve aralarındaki ilişkiler belirlenir. AAS ve Chang Metodu'nda kullanılan kriter ve alt kriterler (Bkz. Çizelge 4.1) ile Şekil 4.1'de verilen model yapısı kullanılmıştır.

Adım 2. Kriter ve alt krtierlerin yerel ağırlıklarının belirlenmesi

İkili karşılaştırma matrislerinde Çizelge 4.5'de yer alan Kahraman ve diğerlerinin (2006) dilsel değişkenler skalası kullanılmıştır. Öncelikle kriterler için ikili karşılaştırma yapılarak yerel ağırlıklar hesaplanır. Çizelge 4.16'da yer alan ikili karşılaştırma matrisinde daha önce Chang'in metodu ile yapılan çözümde belirlenen değerler (Bkz. Çizelge 4.11.) kullanılmıştır. Çizelge 4.16'da verilen matris değerlerinin doğrusal olmayan modelde (Çizelge 4.15) yerine konulması ve LINGO programında çözülmesi ile hesaplanan kriterlerin yerel ağırlıkları Çizelge 4.16'da '*W*' sütunu olarak verilmiştir.

Çizelge 4.15. Doğrusal olmayan model

```
max=a;

0.1667*a*w2-w1+0.5*w2<=0;
0.333*a*w2+w1-w2<=0;
0.0667*a*w3-w1+0.333*w3<=0;
0.1*a*w3+w1-0.5*w3<=0;
0.1*a*w4-w1+0.4*w4<=0;
0.1667*a*w4+w1-0.667*w4<=0;
0.1667*a*w3-w2+0.5*w3<=0;
0.333*a*w3+w2-w3<=0;
0.1667*a*w4-w2+0.667*w4<=0;
0.333*a*w4+w2-w4<=0;
0.5*a*w4-w3+w4<=0;
0.5*a*w4+w3-2*w4<=0;
w1+w2+w3+w4=1;
w1>=0;
w2>=0;
w3>=0;
w4>=0;

end
```

Çizelge 4.16. Kriterlerin ikili karşılaştırması ve yerel ağırlıkları

Kriterler	*SA*	*SH*	*F*	*R*	*W*
Stratejik Amaçlar (SA)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(1/3,2/5,1/2)	(2/5,1/2,2/3)	0.137
Stratejik Hedefler (SH)	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	0.220
Faaliyetler (F)	(2,5/2,3)	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	0.365
Riskler (R)	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	0.278
λ= 0,62					

Ayrıca Çizelge 4.16'da verilen değerlerle yapılan çözümde modelin amaç fonksiyon değeri olarak bulunan tutarlılık indeksi (λ= 0,62) pozitif olduğu için, bize ikili karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde tüm alt kriter kümeleri için ayrı ayrı oluşturulan karşılaştırma matrislerinden model oluşturularak çözüm yapılmış ve yerel değerlere ilişkin elde edilen sonuçlar Çizelge 4.17.a- 4.17.d'de verilmiştir.

Çizelge 4.17.a. SA kümesi alt kriterlerinin ikili karşılaştırması ve yerel ağırlıkları

SA Alt Kriterler	*A2*	*A5*	*W*
A2	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	0.333
A5	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	0.667
λ= 1			

Çizelge 4.17.b. SH kümesi alt kriterlerinin ikili karşılaştırması ve yerel ağırlıkları

SH Alt Kriterler	*H2.2*	*H5.1*	*H5.2*	*H5.3*	*H5.4*	*H5.7*	*W*
H2.2	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	0.158
H5.1	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	0.147
H5.2	(1/2,1,3/2)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(2/3,1,2)	(1/2,1,3/2)	0.171
H5.3	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(1,3/2,2)	0.184
H5.4	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(1/2,1,3/2)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	0.198
H5.7	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	0.142
λ= 0,59							

Çizelge 4.17.c. Faaliyetler kümesi alt kriterlerinin ikili karşılaştırması ve yerel ağırlıkları

F Alt Kriterler	*F1*	*F2*	*F3*	*F4*	*F5*	*W*
F1	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(2/3,1,2)	(2/3,1,2)	0.201
F2	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(2/3,1,2)	0.143
F3	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(1/2,1,3/2)	0.228
F4	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	0.257
F5	(1/2,1,3/2)	(1/2,1,3/2)	(2/3,1,2)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	0.171
λ= 0,35						

Çizelge 4.17.d. Riskler kümesi alt kriterlerinin ikili karşılaştırması ve yerel ağırlıkları

R Alt Kriterler	*R1*	*R2*	*R3*	*R4*	*R5*	*R6*	*R7*	*R8*	*R9*	*R10*	*W*
R1	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(2,5/2,3)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(2,5/2,3)	0.152
R2	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(2,5/2,3)	0.152
R3	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	0.076
R4	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	0.076
R5	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)	0.114
R6	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)	0.152
R7	(1/3,2/5,1/2)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)	0.076
R8	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(1,1,1)	0.076
R9	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	0.076
R10	(1/3,2/5,1/2)	(1/3,2/5,1/2)	(1/2,2/3,1)	(1/2,2/3,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	0.051
λ= 0,46											

Adım 3. Kriterlerin bağımlı ağırlıklarının belirlenmesi

Bu adımda öncelikle kriterler arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Çizelge 4.18'de verilen matris risk analistlerinin her faktörün diğer kriterler üzerindeki etkisini değerlendirilmesi yoluyla bulunmuştur.

Çizelge 4.18. Kriterlerin bağımlılık matrisi

Kriterler	*SA*	*SH*	*F*	*R*
Stratejik Amaçlar (SA)	1	0.125	0.075	0.075
Stratejik Hedefler (SH)	0	0.175	0.125	0.100
Faaliyetler (F)	0	0.350	0.600	0.175
Riskler (R)	0	0.350	0.200	0.650

İzleyen aşamada, kriterlerin bağımlılık matrisinde (Çizelge 4.18) yer alan değerler, Adım 2'de hesaplanan kriterlerin yerel ağırlıkları (Çizelge 4.16) ile çarpılarak bağımlı kriter ağırlıkları şu şekilde elde edilmiştir.

$$W_{kriterler} = \begin{bmatrix} 1 & 0.125 & 0.075 & 0.075 \\ 0 & 0.175 & 0.125 & 0.100 \\ 0 & 0.350 & 0.600 & 0.175 \\ 0 & 0.350 & 0.200 & 0.650 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 0.137 \\ 0.220 \\ 0.365 \\ 0.278 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.213 \\ 0.112 \\ 0.345 \\ 0.331 \end{bmatrix}$$

Adım 4. Alt kriterlerin global ağırlıklarının belirlenmesi

Alt kriterlerin global ağırlıkları, Çizelge 4.17.a-4.17.d'de verilen karşılaştırma matrislerinden elde edilen alt kriterlerin yerel ağırlıkları ile Çizelge 4.16'dan elde edilen bağımlı kriter ağırlıklarının çarpılmasıyla Çizelge 4.19'da gösterildiği gibi hesaplanır.

Çizelge 4.19. Alt kriterlerin global ağırlıkları

Kriterler	Yerel Ağırlıklar	Alt Kriterler	Yerel Ağırlıklar	Global Ağırlıklar
SA	0.213	A2	0.333	0.071
		A5	0.667	0.142
SH	0.112	H2.2	0.158	0.018
		H5.1	0.147	0.016
		H5.2	0.171	0.019
		H5.3	0.184	0.021
		H5.4	0.198	0.022
		H5.7	0.142	0.016
F	0.345	F1	0.201	0.069
		F2	0.143	0.049
		F3	0.228	0.079
		F4	0.257	0.089
		F5	0.171	0.059
R	0.331	R1	0.152	0.050
		R2	0.152	0.050
		R3	0.076	0.025
		R4	0.076	0.025
		R5	0.114	0.038
		R6	0.152	0.050
		R7	0.076	0.025
		R8	0.076	0.025
		R9	0.076	0.025
		R10	0.051	0.017

4.6. Entegre Risk Değerlendirme Metodu Önerisi

Önceki bölümlerde geleneksel risk değerlendirme metodu 'Risk Matrisi'ne alternatif olarak kullanılan AAS ve bulanık AAS yöntemlerinin avantajlarından faydalanmak ve dezavantajlarını elimine etmek için önerilen bu entegre metotta her üç yaklaşımdan elde edilen sonuçların eşit ağırlıklarla çarpılması ve ortalamalarından tek bir entegre risk değeri elde edilmesi önerilmektedir. Bölüm 4.3 ve 4.5'de söz konusu metotlarla yapılan çözümlerden elde edilen nihai risk değerleri ve bu değerlerin ortalamaları alınarak hesaplanan entegre risk değerleri Çizelge 4.20'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.20. Entegre risk değerleri

	AAS		*Chang Bulanık AAS*		*Mikhailov Bulanık AAS*		*Entegre Risk Değeri*
	Limit Değer	*%*	*Global Ağırlık*	*%*	*Global Ağırlık*	*%*	*%*
		a		*b*		*c*	*d= (a+b+c)/3*
R1	0,057	11,310	0,059	16,253	0,050	15,152	14,423
R2	0,121	24,008	0,042	11,570	0,050	15,152	16,876
R3	0,136	26,984	0,027	7,438	0,025	7,576	14,012
R4	0,050	9,921	0,027	7,438	0,025	7,576	8,307
R5	0,061	12,103	0,047	12,948	0,038	11,515	12,192
R6	0,006	1,190	0,047	12,948	0,050	15,152	9,749
R7	0,006	1,190	0,040	11,019	0,025	7,576	6,609
R8	0,001	0,198	0,025	6,887	0,025	7,576	4,884
R9	0,011	2,183	0,028	7,713	0,025	7,576	5,827
R10	0,055	10,913	0,021	5,785	0,017	5,152	7,316

Çizelgede her üç yöntemle elde edilen sonuçların, karşılaştırılabilir ve entegre edilebilir hale gelmesi için a, b ve c sütunlarında verilen yüzdelik ifadeler kullanılmıştır. Bu değerler R1-R10 arasındaki tüm risk değerlerinin toplamının 100 olacak biçimde oranlanması ile elde edilmiştir. Bu sonuçlara ilişkin karşılaştırmalı analiz ve değerlendirmelere Bölüm 5'te yer verilmiştir.

4.7. Bulanık Kural Tabanı ile Risklerin Değerlendirilmesi

Bu bölümde, Bölüm 3.5'de yapısı ve işleyişi anlatılan bulanık kural tabanı, Hazine Müsteşarlığındaki risk değerlendirme problemine uygulanmıştır. Örnek risk değerlendirme probleminin bulanık kural tabanı ile çözüm adımları şöyledir:

Adım 1. Riski etkileyen kriterlerin belirlenmesi

Bulanık AHP'de olduğu gibi değişken sayıları azaltılmış ve Çizelge 4.4'de verilen kriterler, alt kriterler ve riskler kullanılmıştır.

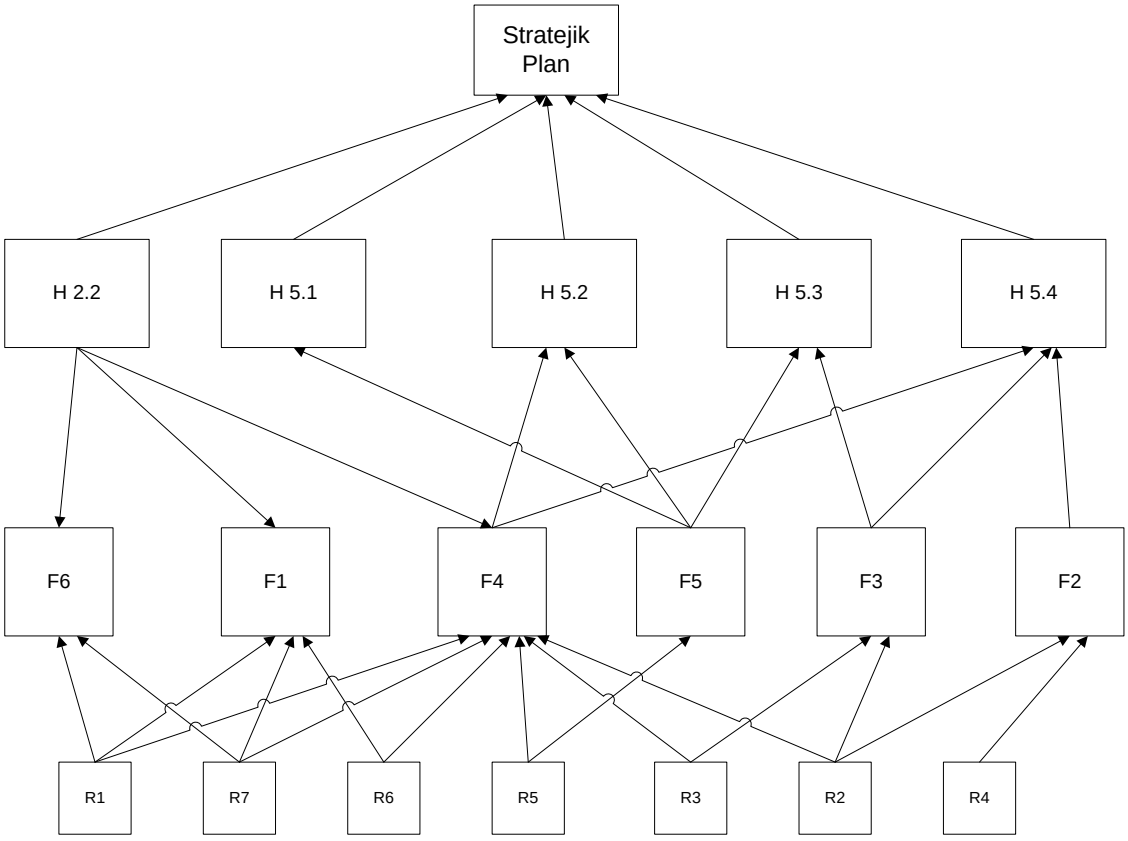
Adım 2. Bulanık kural tabanlı modelin oluşturulması

Belirlenen kriter ve risklerin bulanık kural tabanlı sisteme aktarılmasında, Wang bulanık AHP modelinden farklı olarak sadece kriterler arasındaki direk ilişkiler gözönünde bulundurulmuş, dolaylı ilişkiler dikkate alınmamıştır. Bunun nedeni, bulanık AHP modelinde (Bkz. Şekil 4.2) tanımlanan çoklu ilişki yapısının, bulanık kural tabanlı modele aktarımında yaşanan güçlüktür. Alt kriterler arasında tanımlanan etkileşimler Çizelge 4.21'de görülmektedir.

Çizelge 4.21.Alt kriterler etkileşim tablosu

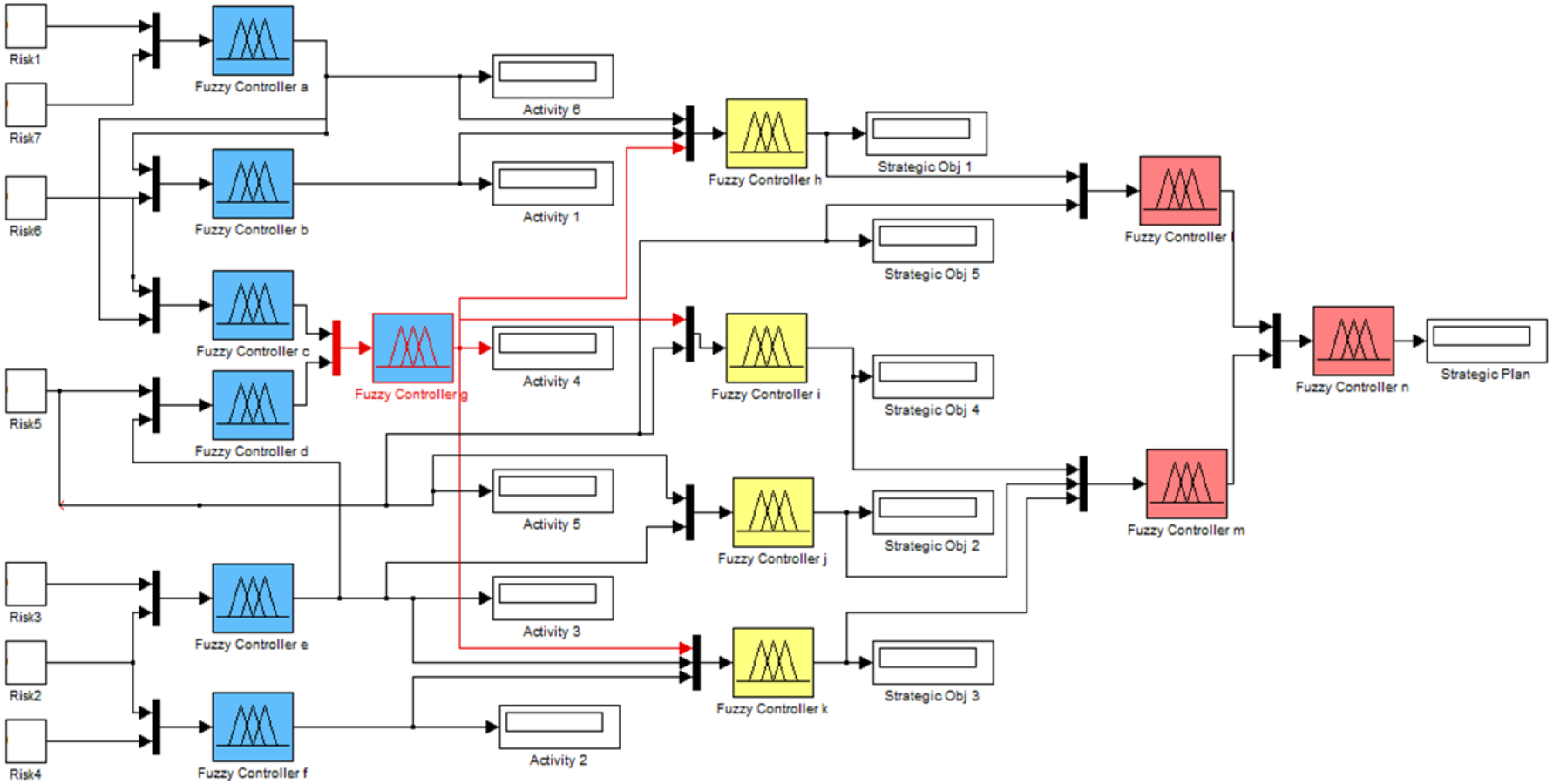
ETKİLENDİKLERİ		ETKİLEDİKLERİ
F1, F6	**H2.2**	SP
F3, F5	**H5.1**	SP
F2, F3, F4	**H5.2**	SP
F4, F5	**H5.3**	SP
F5	**H5.4**	SP
R1, R6, R7	**F1**	H2.2
R2, R4	**F2**	H5.2
R2, R3	**F3**	H5.1, H5.2
R1, R2, R3, R5, R6, R7	**F4**	H5.2, H5.3
R5	**F5**	H5.1, H5.3, H5.4
R1, R7	**F6**	H2.2

Bu etkileşimlere göre oluşan hiyerarşik bulanık modelin (Şekil 4.4) ilk kademesi modelin amacı olan “stratejik plan”dır. İkinci kademe “stratejik hedefler”i, üçüncü kademe “faaliyetler”i ve dördüncü kademe “riskler”i içermektedir.



Şekil 4.4. Riskler ile stratejik plan öğeleri arasındaki ilişki yapıları

Bu kriter ve alternatiflerin Şekil 4.4'de yer alan ilişkiler çerçevesinde MATLAB ile oluşturulan bulanık kural tabanlı sistem modeli Resim 4.5.'de gösterilmiştir.



Resim 4.5. Bulanık kural tabanlı risk değerlendirme modeli

Adım 3. Bulanıklaştırma (Fuzzification)

Bu adımda kriterlerle ilgili durumları temsil eden tüm girdi değişkenleri puanlanır ve ölçüm belirsizliğini içerecek şekilde uygun bulanık kümelere dönüştürülür. Daha önce Bölüm 3.5.3'de belirtildiği gibi girdi değişkenleri için üyelik fonksiyonu olarak Gauss üyelik fonksiyonu kullanılmıştır (Bkz. Resim 3.2). Literatürde Gauss üyelik fonksiyonunun yanısıra üçgen, yamuk ve çan gibi sık kullanılan üyelik fonksiyonları mevcuttur. Bu çalışmada, normal dağılımı temsil ettiği için Gauss üyelik fonksiyonu tercih edilmiştir.

Adım 4. Bulanık çıkarım mekanizmasının oluşturulması (kuralların belirlenmesi)

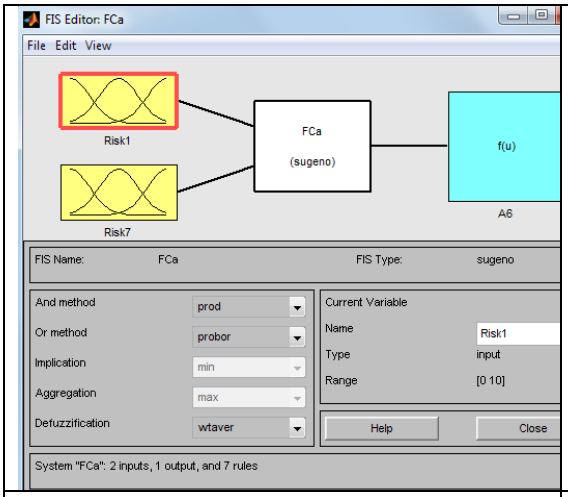
Her uzman stratejik plan hiyerarşik yapısına (Bkz. Resim 4.5.) göre, her bulanık denetleyici (fuzzy controller-FC) için bir bulanık kural üretir. Bu örnekte; model, ondört bulanık denetleyici içermektedir. Adım 2'de tanımlanan kriter ve alt kriterler arasındaki ilişkilere bağlı olarak belirlenen bu sayı, ilişki yapısının değişmesi durumunda artırılabilir veya azaltılabilir. Daha önce Bölüm 3.5.2'de bahsedilen çıkarım mekanizması çeşitlerinden, lineer fonksiyonla çıktı üretmeye müsait olduğu için bu uygulamada çıkarım mekanizması olarak Takagi-Sugeno kullanılmıştır. Modelde tanımlanan bulanık denetleyiciler ile girdileri-çıktıları Çizelge 4.22'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.22. Bulanık denetleyiciler (Fuzzy controllers)

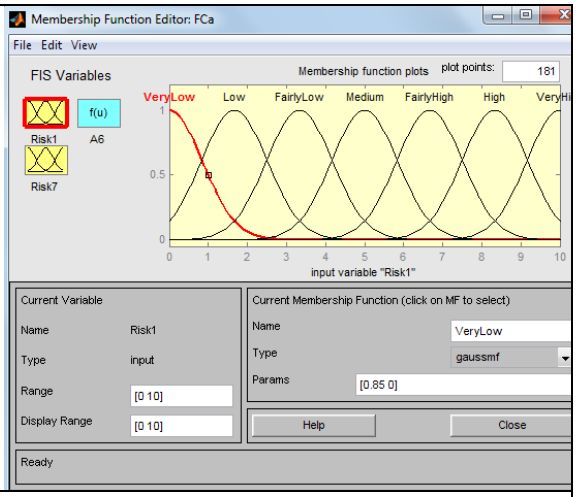
Bulanık Denetleyici Fuzzy Controller (FC)	Girdiler	Çıktı
FCa	R1, R7	F6
FCb	R1&R7, R6	F1
FCc	R1&R7, R6	FCg
FCd	R2&R3, R5	FCg
FCe	R2, R3	F3
FCf	R2, R3	F2
FCg	FCc (R1&R7&R6), FCd (R2&R3&R5)	F4
FCh	F1, F4, F6	H2.2
FCi	F4, F5	H5.3
FCj	F3, F5	H5.1
FCk	F2, F3, F4	H5.2
FCl	H2.2, H5.4	FCn
FCm	H5.1, H5.2, H5.3	FCn
FCn	FCl (H2.2, H5.4), FCm (H5.1, H5.2, H5.3)	SP

Bulanık denetleyiciler için tanımlanan kurallardan FCa ve FCh'a ilişkin MATLAB programı kullanılarak elde edilen detaylar Resim 4.6 ve 4.7'de verilmiştir.

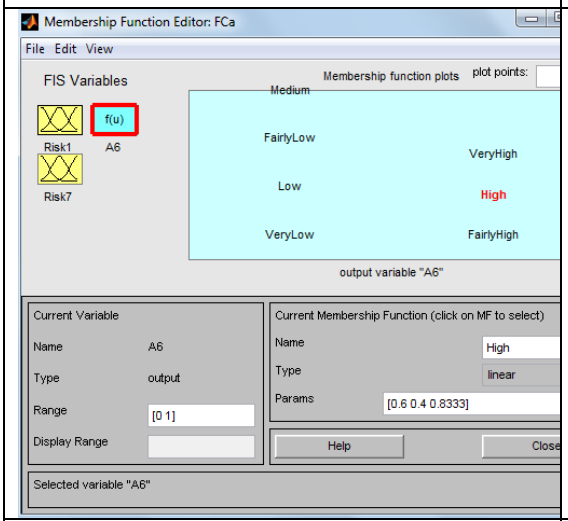
Resim 4.6 üzerinden kural yapısını adım adım açıklayacak olursak; öncelikle bulanık çıkarım mekanizması (FIS editör) olarak seçilen Takagi-Sugeno yapısı gösterilmiştir. Bu kural için bulanık denetleyici iki girdili olarak tasarlanmıştır. 4.6.b ve 4.6.c'de üyelik fonksiyonunun yapısı, girdileri ve çıktıları yer almaktadır. 4.6.d'de sistemin çalışmasını sağlayan "If …. then" yapısındaki kural girişleri ve son olarak 4.6.e'de girilen kuralların programdaki görüntüsü verilmiştir. Aynı şekilde Resim 4.7'de ise üç girdili bir bulanık denetleyiciye ilişkin benzer detaylar yer almaktadır.



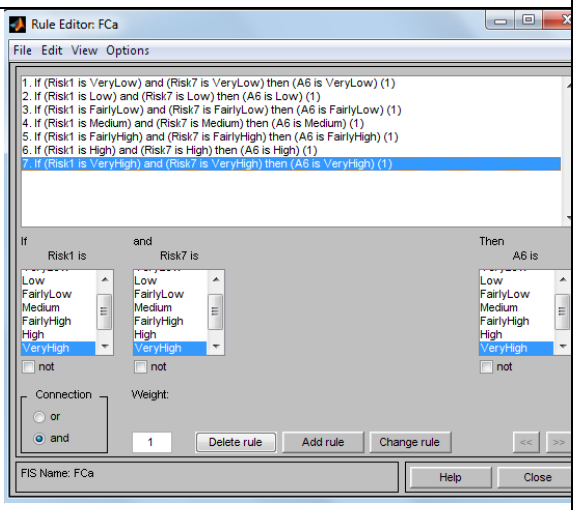
4.6.a. FIS Editor



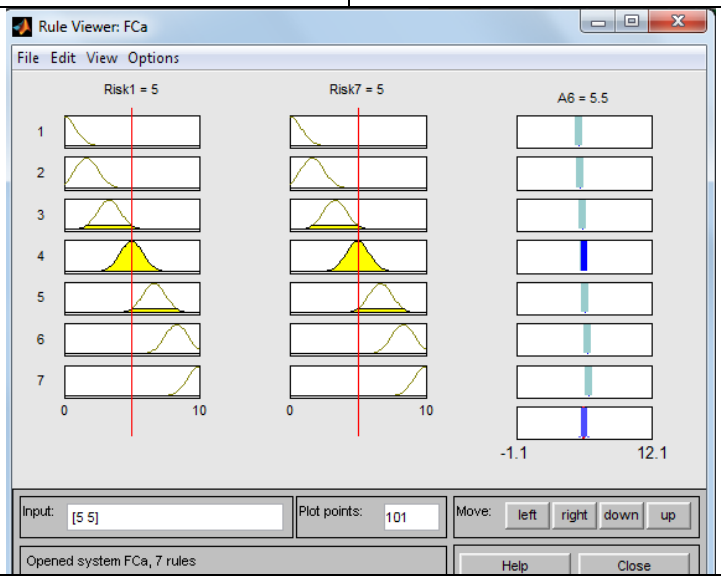
4.6.b. Membership Function (Input)



4.6.c. Membership Function (Output)

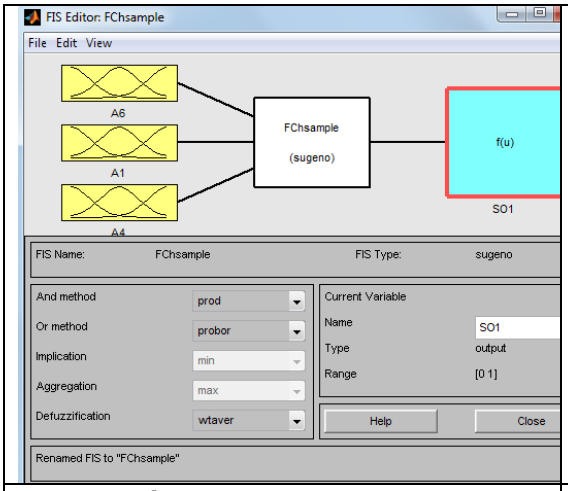


4.6.d. Rule Editor

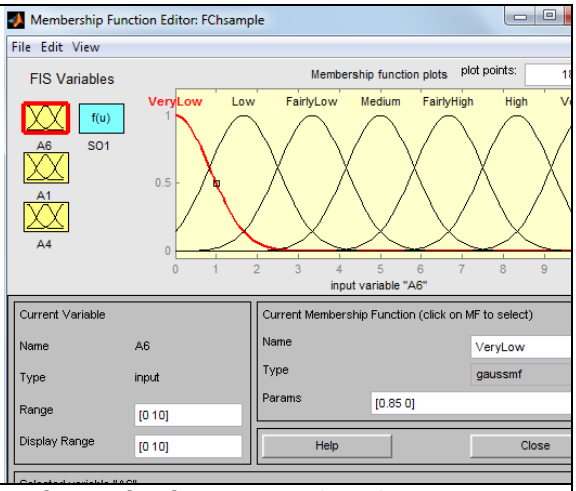


4.6.e. Rule Viewer

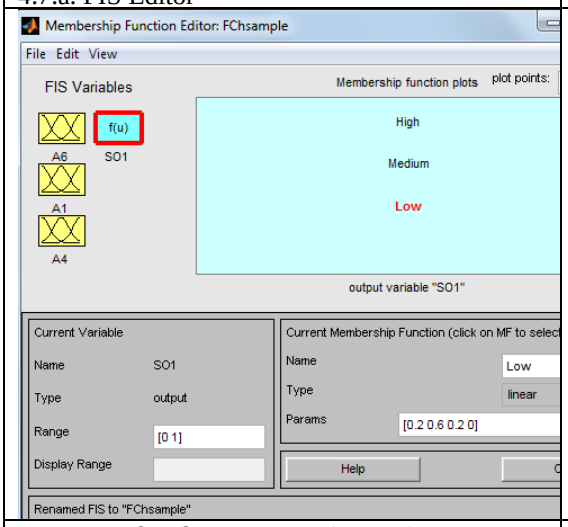
Resim 4.6. Fuzzy Controller a Yapısı (Bu şekiller MATLAB ile oluşturulmuştur)



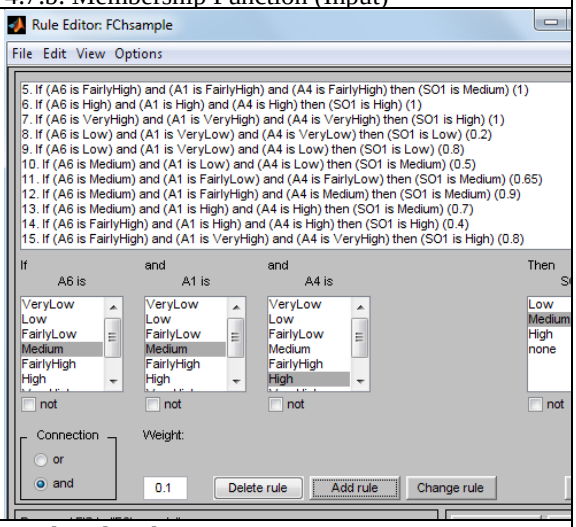
4.7.a. FIS Editor



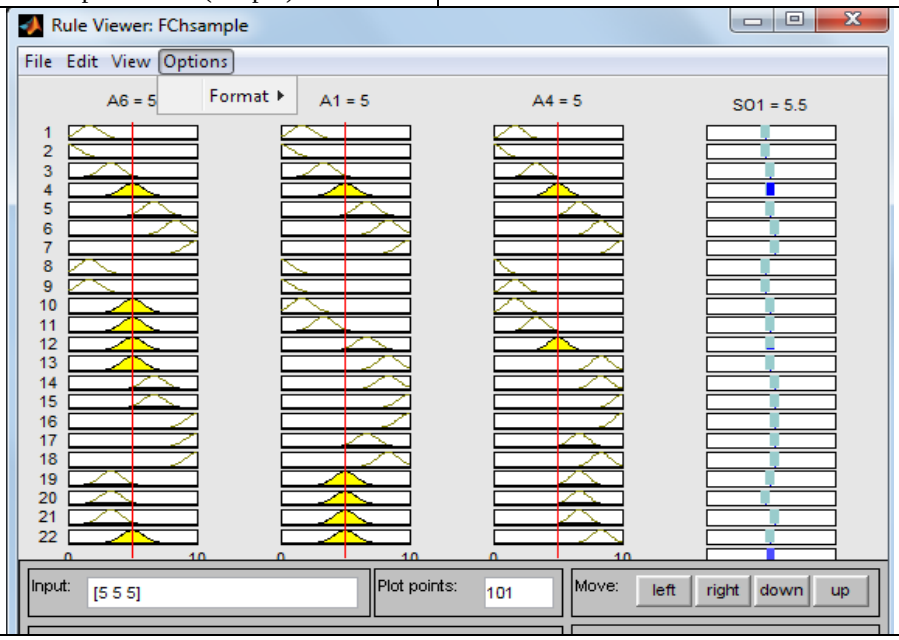
4.7.b. Membership Function (Input)



4.7.c. Membership Function (Output)



4.7.d. Rule Editor



4.7.e. Rule Viewer

Resim 4.7. Fuzzy Controller h Yapısı (Bu şekiller MATLAB ile oluşturulmuştur)

Çizelge 4.23'te ilk bulanık denetleyici (FCa) için dört uzmandan birinin, Lin ve diğerlerinin (2011) dilsel değişkenler skalasına (Bkz. Çizelge 3.5) göre oluşturduğu bulanık kural tabanı görülmektedir.

Çizelge 4.23. FCa için bulanık kural tabanı

Faaliyet 6		Risk 7						
		ÇD	D	OD	O	OY	Y	ÇY
Risk 1	ÇD	ÇD	O	OY	Y	ÇY	ÇY	ÇY
	D	ÇD	OD	OY	Y	Y	ÇY	ÇY
	OD	OD	OD	O	OY	OY	Y	ÇY
	O	OD	D	O	O	OY	OY	Y
	OY	D	D	OD	OD	O	O	OY
	Y	D	ÇD	D	OD	OD	OD	O
	ÇY	ÇD	ÇD	ÇD	D	D	D	OD

Her FC için nihai bulanık kural tabanı dört uzmanın oluşturduğu bulanık kural tabanlarının eşit ağırlıklı olarak ortalamasının alınması ile elde edilmiştir. Çizelge 4.24'te dört uzmanın dilsel değişkenlere göre yapmış oldukları risk değerlendirmeleri gösterilmiştir. Çizelge 4.24'te bulunan ilk temsili risk değeri; ilk satırın Gauss üyelik fonksiyonuna göre alınan aritmetik ortalaması ile hesaplanmıştır. Hesaplamaya ilişkin detaylar Çizelge 4.24'ün son satırında yer almaktadır.

Çizelge 4.24. Risklere ait uzman değerlendirmeleri ve temsili değerleri

Riskler	Uzman1	Uzman2	Uzman3	Uzman4	Temsili Risk Değeri
R1	OY	Y	OY	Y	0,750
R2	OY	OY	OY	Y	0,708
R3	OY	OY	Y	Y	0,750
R4	O	O	OY	OY	0,667
R5	OY	Y	O	O	0,625
R6	OY	Y	OY	O	0,667
R7	OY	OY	Y	OY	0,708
İlk satır için; [4/6(OY)+5/6(Y)+4/6(OY)+5/6(Y)]/4=(18/6)/4 = 0,750					

Stratejik risk analizi probleminin karmaşıklığı nedeniyle, bulanık kontrolörlerin tamamı için aynı kurallar geçerli olmayabilir. Çıkarım mekanizmasında kurallar belirlenirken MATLAB'da yer alan ağırlıklandırma fonksiyonu kullanılarak; kuralların ağırlığı tanımlanmış, böylece her bir bulanık kontrolör için kural yapısı farklılaştırılmış ve ilişkilerin sisteme daha doğru aktarılması mümkün hale getirilmiştir.

Adım 5. Durulaştırma (Defuzzification) ve çözüm

Çizelge 4.24'teki her temsili değer, her bir girdi değişkeni için bu kararların aritmetik ortalamasından oluşturulan bir bulanık kümeden durulaştırılarak elde edilmiştir. Bu temsili değerlerin girdi olarak kullanılması ile hiyerarşik bulanık sistem operatörü risk değerlerini hesaplamaya başlamaktadır. Beklenen nicel risk değerini elde etmek için bu çalışmada sayısal bir bilgi işlem ortamı ve programlama dili olan MATLAB'ın (MATLAB 2008R Paket Programı) "Fuzzy Logic Toolbox" ve "Simulink Toolbox"ları kullanılmıştır.

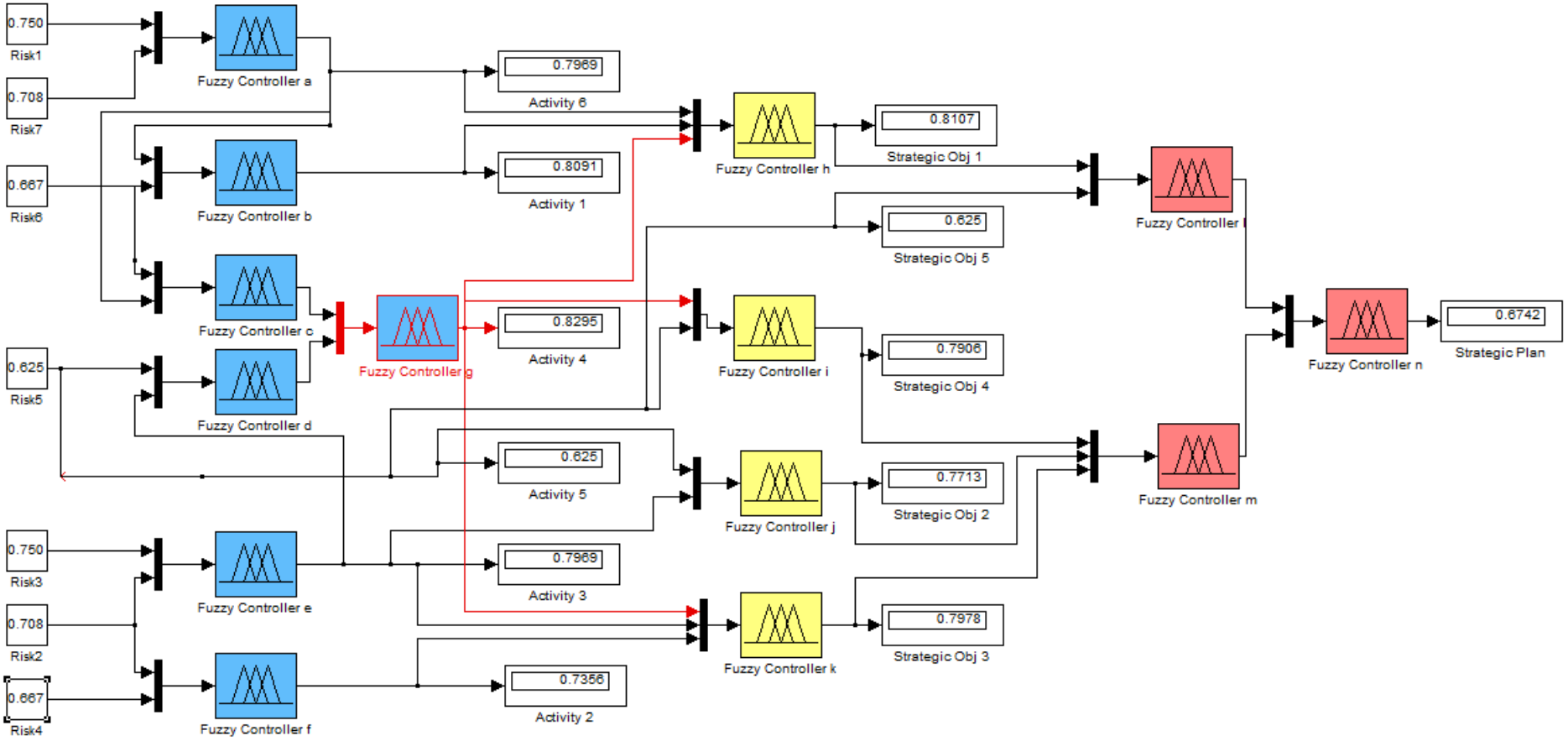
Resim 4.8'de stratejik plan hiyerarşik yapısına (Resim 4.5) göre tasarlanan bulanık hiyerarşik sistemin iç operasyonları görülmektedir. Örnek problem için stratejik planın beklenen risk değeri 0,674 olarak hesaplanmıştır.

Bulanık hiyerarşik yapıdaki operasyon döngüsünden (Resim 4.8.) elde edilen sonuçlar Çizelge 4.25'de listelenmiştir.

Çizelge 4.25. Bulanık kural tabanlı model sonuç tablosu

Girdi Değişkeni	**Girdi Değeri**	**1.Kademe Çıktı Değişkeni**	**1.Kademe Çıktı Değeri**	**2.Kademe Çıktı Değişkeni**	**2.Kademe Çıktı Değeri**	**3.Kademe Çıktı Değişkeni**	**3.Kademe Çıktı Değeri**
Risk1	0,750	Faaliyet1	0,8091	SH 2.2.	0,8107	Stratejik Plan	0,6742
Risk2	0,708	Faaliyet2	0,7356	S.H.5.1	0,7713		
Risk3	0,750	Faaliyet3	0,7969	S.H.5.2	0,7978		
Risk4	0,667	Faaliyet4	0,8295	S.H.5.3	0,8906		
Risk5	0,625	Faaliyet5	0,6250	S.H.5.4	0,6250		
Risk6	0,667	Faaliyet6	0,7969				
Risk7	0,708						

Yukarıdaki analizlere dayanarak, stratejik planın 0,674 olan beklenen risk değerinin kabul edilebilir düzeyin üzerinde olduğu söylenebilir (bu çalışmada kullanılan risk politikası, stratejik plan için maksimum 0,500 risk değerini öngörmektedir).



Resim 4.8. Bulanık kural tabanlı risk değerlendirme modelinin çözümü (Sonuç) (Bu şekil MATLAB Simulink ile oluşturulmuştur)

5. KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ

Bu bölümde, dördüncü bölümde yapılan çözümler ışığında kullanılan yöntemlerin karşılaştırmalı analizlerine ve örnek problem üzerinden yapılan değerlendirmelere yer verilmiş, elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

Çizelge 5.1'de uygulanan ilk beş tekniğe ilişkin sonuçlar ve karşılaştırmaya imkan sağlamak için hesaplanan normalize değerler verilmiştir.

Çizelge 5.1. Sonuç ve karşılaştırma

	Geleneksel Yöntem		*AAS*		*Bulanık AAS (Chang)*		*Bulanık AAS (Mikhailov)*		*Entegre Risk Değeri*
	Risk Değeri	*Norm. Değer*	*Limit Değer*	*Norm. Değer*	*Global Ağırlık*	*Norm. Değer*	*Global Ağırlık*	*Norm. Değer*	*Normalize Değer*
				a		*b*		*c*	*d= (a+b+c)/3*
R1	56	11,618	0,057	11,863	0,059	16,253	0,050	15,152	14,423
R2	56	11,618	0,121	23,906	0,042	11,570	0,050	15,152	16,876
R3	56	11,618	0,136	27,023	0,027	7,438	0,025	7,576	14,012
R4	30	6,224	0,050	9,906	0,027	7,438	0,025	7,576	8,307
R5	48	9,959	0,061	12,112	0,047	12,948	0,038	11,515	12,192
R6	49	10,166	0,006	1,147	0,047	12,948	0,050	15,152	9,749
R7	48	9,959	0,006	1,232	0,040	11,019	0,025	7,576	6,609
R8	48	9,959	0,001	0,189	0,025	6,887	0,025	7,576	4,884
R9	42	8,714	0,011	2,193	0,028	7,713	0,025	7,576	5,827
R10	49	10,166	0,055	11,012	0,021	5,785	0,017	5,152	7,316

Wang ve diğerlerinin geliştirdiği modifiye bulanık LEKK metodu ise,

- değişken sayılarının diğer yöntemlerle aynı olmaması
- diğer yöntemlerde esas alınan ağ yapısının bulunmayışı
- sonuçlarının bulanık sayı olması

nedenlerinden dolayı yukarıda yer alan metotlarla karşılaştırılmamıştır.

Wang modifiye bulanık LEKK risk değerlendirme metodolojisi ile elde edilen risk değerleri Çizelge 5.2'de görülmektedir.

Çizelge 5.2. Wang bulanık AHP sonuç çizelgesi

	Global Bulanık Ağırlık
R1	(0.086, 0.163, 0.293)
R2	(0.073, 0.126, 0.199)
R3	(0.073, 0.138, 0.221)
R4	(0.069, 0.134, 0.239)
R5	(0.091, 0.162, 0.255)
R6	(0.079, 0.153, 0.254)
R7	(0.072, 0.126, 0.195)

Bu çalışmada kullanılan son yöntem olan bulanık kural tabanlı sistemle yapılan değerlendirmede ise uygulanan diğer yöntemlerden farklı olarak risklere verilen puanlardan yola çıkılarak ilişkili kriterlerin risklilik dereceleri hesaplanmıştır. Dolayısıyla diğer altı yöntemde çıktı olarak elde ettiğimiz risk değerleri, bulanık kural tabanlı sistemde girdi olarak karşımıza çıkmaktadır. Geleneksel yöntemle puanlanan risk değerleri kullanılarak her bir stratejik plan öğesinin risk durumu tespit edilmiştir. Bu risk seviyeleri aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Bulanık kural tabanlı sistem girdi ve sonuç değerleri

Girdiler	*Risk Değeri*	*Çıktılar*	*Risk Değeri*
R1	0,750	*F1*	0,8091
R2	0,708	*F2*	0,7356
R3	0,750	*F3*	0,7969
R4	0,667	*F4*	0,8295
R5	0,625	*F5*	0,6250
R6	0,667	*F6*	0,7969
R7	0,708	*H2.2*	0,8107
		H5.1	0,7713
		H5.2	0,7978
		H5.3	0,8906
		H5.4	0,6250
		SP	0,6742

Elde edilen bu sonuçlar daha detaylı incelenecek olursa; Çizelge 5.1'de de görüldüğü gibi geleneksel risk değerlendirmesinde oluşan risk sıralaması R1 = R2 = R3 > R6 = R10 > R5 = R7 = R8 > R9 > R4 iken AAS metodu ile elde edilen sıralama R2 > R3 > R1 > R5 > R6 > R4 > R10 > R7 > R9 > R8 şeklindedir. Entegre metotta ise AAS yöntemi ile yaklaşık olarak aynı sonuca ulaşılmıştır, sadece R3 ve R1 riskleri yer değiştirmiştir.

Geleneksel yöntem, AAS ve önerilen entegre metot ile elde edilen değerler analiz edildiğinde aşağıdaki tespitlere ulaşılmıştır:

- Geleneksel yöntemde; puanlama sisteminin zayıflığı ve ilişkilerin değerlendirilmesindeki eksiklik nedeniyle ilk üç risk arasında seçim yapılamamıştır. Dolayısıyla bu değerlendirmenin özellikle risklere karşı önlem almak için kullanılacak kaynakların dağıtılması açısından efektif olmadığı söylenebilir.
- AAS'de ve geleneksel metotta R2'nin; Amaç 5'i, diğer hedeflere oranla daha önemli değerlendirilen Hedef 5.1, 5.2 ve 5.3'ü, F2 ve F3'ü etkilediği gibi R1, R3 ve R4'ün oluşumunu da tetiklediği dikkate alınmıştır. Bu değişkenler doğrultusunda R2 en yüksek risk değerine sahip olmuştur.
- Geleneksel metotta yukarıda da belirtildiği gibi R1, R2, R3 grubu, R5, R7, R8 grubu ve R6, R10 grubu risk puanı açısından eşit değerlendirilmiştir. Bu eşitlikler; risk değerlendirme sonuçlarını girdi olarak kullanacak karar vericiler açısından problem yaratmaktadır. Zira risk değerlendirmenin en önemli fonksiyonlarından biri de risklerin önceliklendirilmesidir ve geleneksel metotta tam anlamıyla bir önceliklendirme yapılamadığı görülmektedir. Geleneksel metodun önceliklendirme açısından zayıf yanı; risklerin etki ve olasılık olmak üzere iki değişken ile değerlendirilmesi, bu değerler için yapılan puanlamalarda insan faktörünün etkili olması ve puan vericilerin ortalama skorlar verme eğiliminde olmasıdır.
- Bir diğer çarpıcı sonuç, en önemli riskler olarak tespit edilen ilk üç riski (R1, R2, R3) tetikleyen R4'ün geleneksel metotta son sırada yer almasıdır. Halbuki bu riskin yönetilmesi konusunda atılacak adımlar, en önemli risklerin oluşumuna karşı da önleyici sayılabileceğinden geleneksel sıralamadaki bu durum R4'ün hafife alınmasına neden olabilir. AAS ve entegre metotta bu gibi ilişkiler ele alındığından R4; 10. sıradan 6. sıraya çıkmıştır.

Bulanık AAS'de uygulanan değişik yöntemler ile elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında;

- Chang ve Mikhailov'un yöntemi ile elde edilen risk sıralamasının geleneksel yöntem ve AAS ile elde edilen sonuçlardan farklı olduğu görülmüştür.
- Chang'in yöntemi ile elde edilen risk sıralaması: R1 > R5 = R6 > R2 > R7 > R9 > R3 = R4 > R8 > R10 şeklindedir.
- Mikhailov'un önerdiği bulanık önceliklendirme yöntemi ile elde edilen risk sıralaması ise R1 = R2 = R6 > R5 > R3 = R4 = R7 = R8 = R9 > R10 şeklindedir.
- Bulanık AAS ile elde edilen bu sonuçların diğer tekniklerle elde edilen sonuçlardan farklı olması; problemdeki amaç ve hedeflerin karşılıklı etkileşimlerinin bulunması ve karar vericilerin subjektif değerlendirmelerinin bu yöntemde sonuca etki etmesi ile açıklanabilir.
- İnsan faktörünün işin içine girdiği bu yöntemlerde elde edilen sonuçlar diğer tüm tekniklerle elde edilen sonuçlardan farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle elde edilen sonuçlar ve tekniklerin avantajları/dezavantajları ile ilgili değerlendirme ve yorumları sadece çözüme konu olan problemle sınırlı tutmak gerekecektir.
- Bu risk değerlendirme problemi için; Mikhailov'un yöntemi ile yapılan çözümde geleneksel yönteme benzer şekilde çok sayıda eşitliğin elde edildiği görülmüştür. R1, R2 ve R6 eşit ve en yüksek risk değerine sahip küme olarak bulunmuştur. Ayrıca R3, R4, R7, R8 ve R9 da aynı risk değerine sahiptir.
- On alternatifli bir çözümde, beş alternatife aynı değeri veren Mikhailov'un bulanık önceliklendirme yöntemi risklerin önceliklendirilmesinde yetersiz kalmaktadır. Bu problem için, Mikhailov'un bulanık AAS metodu karar vericiler açısından alternatifler arasında seçim yapmayı kolaylaştıramadığı için tercih edilmeyecektir.

Çizelge 5.2. ve 5.3'de verilen sonuçlar ışığında; bulanık kural tabanlı sistemle yapılan değerlendirmenin, özellikle aynı kriterler kullanılarak uygulanan Wang'ın bulanık AHP metodolojisi ile karşılaştırılması anlamlı olacaktır.

- Wang bulanık AHP metodundan elde edilen risk sıralaması şöyledir: R1 > R5 > R6 > R3 > R4 > R2 > R7.
- Bulanık kural tabanlı sistemle yapılan risk değerlendirmesinde ise faaliyetlerin risk sıralaması şu şekildedir: F4 > F1 > F6 = F3 > F2 > F5. Bu sıralamanın Çizelge

4.21'de yer alan "Alt kriterler etkileşim çizelgesi" ile birlikte okunması faydalı olacaktır. Bu çizelgeye göre söz konusu faaliyetlerin etkilendikleri riskler şunlardır: F4 (R1, R2, R3, R5, R6, R7) > F1 (R1, R6, R7) > F6 (R1, R7) = F3 (R2, R3) > F2 (R2, R4) > F5 (R5). Buradan görülebileceği üzere etkileşimi fazla olan, daha çok riskten etkilenen faaliyetler ve Wang'ın yönteminde en yüksek risk olarak belirlenen R1'den etkilenen faaliyetler daha riskli olarak değerlendirilmiştir.

- Bulanık kural tabanlı sistemle yapılan risk değerlendirmesinde kriterler arasındaki etkileşimlerin dikkate alınması; geleneksel puanlama sisteminin zayıflığını ve ilişkilerin değerlendirilmesindeki eksikliğini bertaraf etmektedir.
- Wang'ın bulanık AHP yöntemi ile yapılan risk değerlendirmesinde; risk analisti, pek çok karşılaştırmalı matriste puanlamalar yapmakta, bulanık kural tabanlı sistemde ise en basit teknik olarak bilinen geleneksel risk değerlendirme verileri girdi olarak kullanılabilmektedir.
- Wang'ın bulanık AHP yöntemi ile yapılan risk değerlendirmesinde senaryo testleri yapmak veya farklı değerlerin gerçekleşmesinin sistem üzerindeki etkisini hesaplamak tüm ikili karşılaştırma matrisleri ve doğrusal olmayan modelleri yeniden yazmakla mümkün olurken bulanık kural tabanlı sistemde sadece girdilerde yapılan değişikliklerle söz konusu test ve senaryo analizlerini yapmak mümkündür.

Çizelge 5.1, 5.2 ve 5.3'de verilen sonuçlar ve yukarıda yapılan karşılaştırma ve değerlendirmeler sonucunda kullanılan tekniklerin risk değerlendirme problemine uygunluğu analiz edildiğinde, bazı tekniklerin diğerlerine üstünlüğünden ve belirli şartlar altında avantaj sağladığından söz edilebilir. Bunlar ana hatlarıyla aşağıdaki şekilde gruplanabilir.

5.1. Çok Ölçütlü Karar Verme Tekniklerinin Geleneksel Yönteme Üstünlüğü

Çok ölçütlü karar verme teknikleri (AAS, bulanık AAS ve bulanık AHP) ile karar vericinin her seferinde sadece iki küme elemanını birbiriyle karşılaştırması, yani çok daha kolay bir değerlendirme yapması mümkündür. Ayrıca; çok ölçütlü karar verme tekniklerinin omurgasını oluşturan şebeke yapısı da riskin stratejik plan kapsamındaki hedefler, amaçlar, faaliyetler ve diğer riskler ile ilişkilendirilebilmesine imkan sağlamaktadır. Böylece, idarelerde birbirinden bağımsız işleme ihtimali yüksek olan risk yönetimi ve stratejik yönetim sistemlerinin entegre edilmesi de sağlanmış olacaktır (Şekil 5.1).

Sonuçlar kıyaslandığında, diğer kriter ve alt kriterlerden daha çok etkilenen risklerin (Şekil 4.1 ve Çizelge 4.3'e göre), çok ölçütlü karar verme tekniklerinde daha riskli olarak değerlendirildiği görülmektedir. Bu durum başta amaçlanan; ilişkileri göz önünde bulundurarak değerlendirme yapma ve etkileşimli risk değeri tespit etme ihtiyacının karşılanması açısından olumludur.

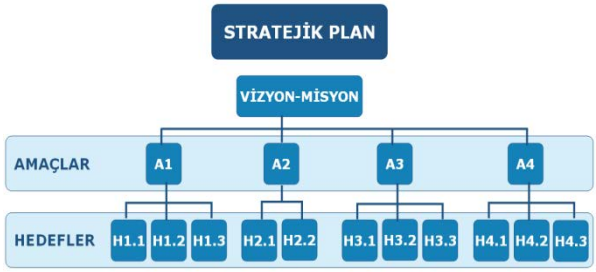
Yukarıdaki sonuçlar değerlendirildiğinde; stratejik yönetim yaklaşımını benimseyen kamu idarelerinde çok ölçütlü karar verme tekniklerinin, geleneksel yönteme göre daha doğru ve kesin risk önceliklendirmesi yaptığı söylenebilir.

5.2. Bulanık Tekniklerin Kullanımı

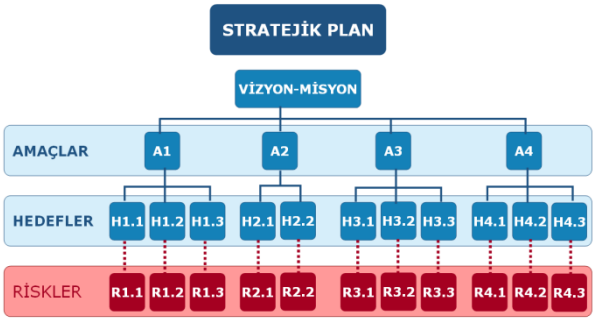
Örnek problemin çözümünde geleneksel yöntem ve AAS'nin ardından bulanık tekniklerden faydalanılmıştır. Bulanık teknikler kullanılarak, bulanık mantığın insanların (karar vericinin) belirsiz ve kesin olmayan bilgiler ışığında tutarlı ve doğru kararlar vermelerini sağlayan özelliğinden faydalanılması amaçlanmıştır.

Dört farklı bulanık teknikle çözüm yapılarak hepsinden risk değerlendirme ve önceliklendirme konusunda farklı faydalar/avantajlar elde edilmiştir. Kullanılan tekniklerin hepsi için geçerli olan, bulanık mantığın risk değerlendirme probleminde tercih edilmesinde etkili olan faktörler

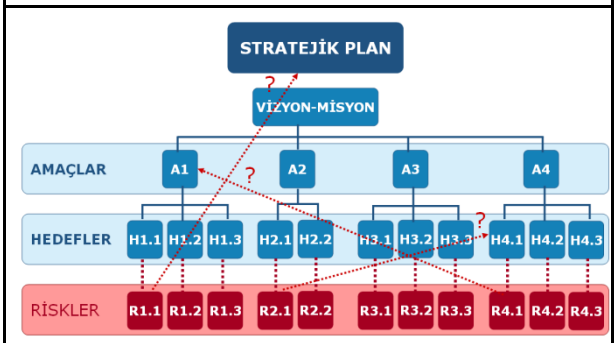
- Çok sayıda stratejik amaç ve hedefin var olması,
- Amaç ve hedeflerin bağımsız olmayıp birbirlerini etkilemesi,
- Amaç ve hedefler arasında karşılıklı etkileşimlerin bulunması,
- İnsan faktörü: karar vericinin yargılarının belirsiz ve kesinliği/doğruluğu tam olarak bilinemeyen veriler olması,
- Subjektif değerlendirmeleri ile sonuca ulaşılması gereği,
- İnsanların belirsiz ve kesin olmayan bilgiler ışığında tutarlı ve doğru karar vermesini gerektiren yapı,
- Karar vericinin rolünü kolaylaştırmasıdır.



5.1.a. Klasik stratejik amaç-hedef ilişkisi



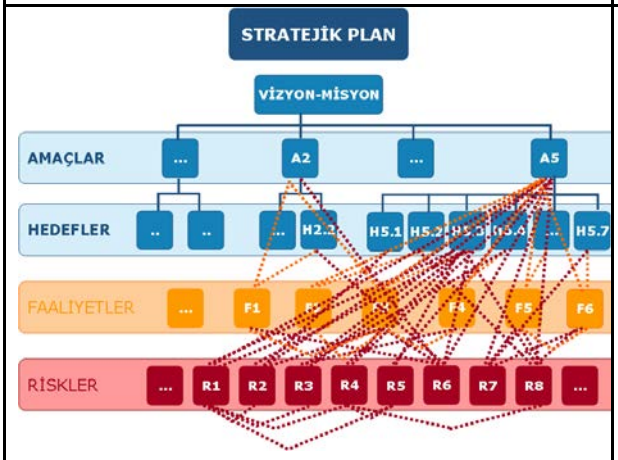
5.1.b. Klasik stratejik amaç-hedef ve risk ilişkisi



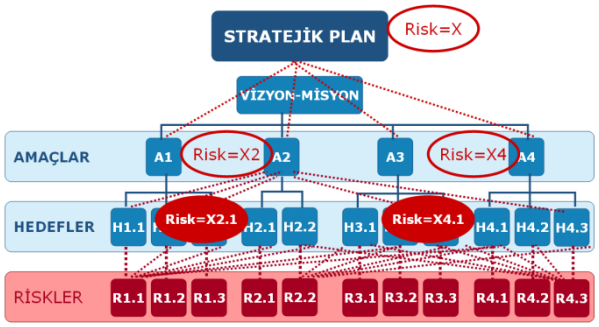
5.1.c. Klasik yöntemde ihmal edilen stratejik amaç-hedef ve risk ilişkisi



5.1.d. Klasik yöntemde ihmal edilen stratejik amaç-hedef ve faaliyet ilişkisi



5.1.e. Önerilen stratejik amaç-hedef, faaliyet ve risk ilişkisi



5.1.f. Önerilen stratejik amaç-hedef ve risk ilişkisinde "top risk" gösterimi

Şekil 5.1. Riskler ile stratejik plan kriterleri arasındaki ilişki yapıları

Bu özelliklerinden dolayı risk değerlendirme probleminin çözümünde bulanık tekniklerin kullanımı Çizelge 5.1-5.3'te yer alan sonuçlardan görülebileceği gibi önemli faydalar sağlamaktadır.

5.3. Entegre Metot Önerisi

Entegre metot önerisinin amacı ve beklenen fayda; oldukça fazla yöntem/metot alternatifinin olduğu bu problem için entegrasyon yoluyla birden fazla yöntemin avantajından faydalanmak ve dezavantajlarını elimine etmek olarak özetlenebilir.
Önerilen entegre risk değerlendirme metodolojisi ile önceki bölümde elde edilen risk değerlerinin Bölüm 4.2.'de yapılan geleneksel risk değerlendirmesi sonucu elde edilen risk değerleri ile karşılaştırması Çizelge 5.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. Entegre metot karşılaştırma çizelgesi

	Geleneksel Yöntem		*Entegre Risk Değeri*
	Risk Değeri	*%*	*%*
R1	56	11,618	14,423
R2	56	11,618	16,876
R3	56	11,618	14,012
R4	30	6,224	8,307
R5	48	9,959	12,192
R6	49	10,166	9,749
R7	48	9,959	6,609
R8	48	9,959	4,884
R9	42	8,714	5,827
R10	49	10,166	7,316

Sonuçlar kıyaslandığında, diğer kriter ve alt kriterlerden daha çok etkilenen risklerin, entegre metotta daha riskli olarak değerlendirildiği görülmektedir. Bu durum başta amaçlanan; ilişkileri göz önünde bulundurarak değerlendirme yapma ve etkileşimli risk değeri tespit etme ihtiyacının karşılanması açısından olumludur. Yukarıdaki sonuçlar değerlendirildiğinde; stratejik yönetim yaklaşımını benimseyen kamu idarelerinde önerilen

metodolojinin geleneksel yönteme göre daha doğru ve kesin risk önceliklendirmesi yaptığı söylenebilir.

5.4. Değişken Sayıları ve Kompleksite

Bölüm 4'te detaylı olarak anlatıldığı üzere kullanılan bulanık teknikler arasındaki en belirgin farklardan birisi bulanık AAS teknikleri ile bulanık AHP ve bulanık kural tabanlı teknikler arasında görülen değişken sayıları farkıdır.

Örnek problemin bulanık AHP ve bulanık kural tabanlı ile çözümü sürecinde; hiyerarşik yapıya uygunluğun sağlanması, ilişkilerin çözüm yöntemine tanıtılması ve hesaplama zorluğunun giderilmesi amacıyla modelde değişiklikler yapılmıştır. İlk değişiklik modelde yer alan dört kümeden biri olan stratejik amaçlar kümesinin çıkarılarak üç kademeli bir hiyerarşik yapının oluşturulması, ikinci değişiklik ise riskler kümesinde yer alan 10 riskin sayısının 7'ye düşürülmesidir.

Bu değişikliklerden yola çıkarak, ağ yapısı kullanan metotların diğer metotlara kıyasla değişken sayısı fazla ve kompleks problemlerin çözümü için daha uygun olduğu söylenebilir. Özellikle bulanık AHP ile çözüm tercih edilen metotlarda, hiyerarşik yapının kademe sayısı önemli bir kısıt olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dolayısıyla analistler problemde yer alan değişken sayısı ve talep edilen/ihtiyaç duyulan çözümün yapısına göre bu yöntemler arasında kompleksite/çözüm zenginliği dengesini gözeterek seçim yapmalıdır.

5.5. Senaryo Analizi ve Tekrarlanabilirlik

Bulanık kural tabanlı sistemin çalışma prensibi, hiyerarşik yapı üzerinde açıklanacak olursa diğer yöntemlerde hiyerarşik olarak üstte bulunan kriterler (stratejik amaç, hedef, faaliyetler) puanlanarak alttaki risk değerleri bulunmaya çalışılırken, bulanık kural tabanlı değerlendirme tam tersi yönde ilerler. Yani geleneksel yöntemle verilen veya risk analiz grubunun verdiği risk puanlarından yola çıkarak aradaki ilişkileri göz önünde bulundurur ve istenen seviyedeki kriterin veya bütün olarak bir stratejik planın risk seviyesini hesaplar.

Diğer yandan, özellikle bulanık kural tabanlı çözümde değişken sayılarının azaltılmasında etkili olan hesaplama zorluğu/uzun çözüm süresi faktörü ise senaryo analizi ve tekrarlanabilirlik açısından ayrıca ele alınmalıdır. Her bir bulanık denetleyici için tüm girdi ve çıktıları kapsayan kurallar oluşturma gerekliliği en önemli dezavantaj olmakla birlikte, model bir kez oluşturulduktan sonra avantaj haline gelebilmektedir. Sadece girdi değerleri değiştirilerek farklı stratejik planlar için istenen seviyedeki kriterin veya bütün olarak bir stratejik planın risk seviyesi aynı modelle hesaplanabilmektedir.

Bu yapı özellikle henüz kesinleşmemiş planlarda, farklı alternatif plan veya hedef önerilerinin netleştirilmesinde bir karar kriteri olarak risklilik durumunu önceden görme imkanı tanır. Ayrıca tek bir amaç veya hedef ekseninde değerlendirme yapmak veya herhangi bir riskin puanında gelebilecek değişikliklerin genel olarak stratejik öğeleri nasıl etkileyeceğini görmek de mümkündür. Olası bir diğer uygulama ise geleneksel metotta genellikle göz ardı edilen en yüksek ve en düşük risk puanlarının kullanılarak sistemin maksimum ve minimum risk senaryolarının tespit edilmesi, bu senaryolarda uygulanacak önlemlerin sisteme etkisinin ne olacağının da önceden test edilebilmesidir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, hâlihazırda literatürde ve uygulamada sıklıkla karşılaşılan risk değerlendirme problemi ele alınmış ve bu alanda uygulanabilecek teknikler değerlendirilerek risk değerlendirmesinin stratejik yönetim ve iç kontrol kavramları ile ilişkisinin kurulabilmesini sağlamak amacıyla yöntem önerileri sunulmuştur. Önerilen çok ölçütlü karar verme teknikleri; birbirini çok yönlü etkileyen yapılarda tüm ilişkilerin göz önünde bulundurulması, risklerin ve risklere karşı uygulanacak kontrol faaliyetlerinin belirlenmesi ve bunlara kaynak tahsisi yapılması aşamasında rasyonel kararlar alınabilmesi amacıyla tercih edilmiştir. Bulanık mantık kullanılarak, risk değerlendirmede kilit rol oynayan risk analistlerinin, karar verme prosesinin kolaylaştırılması ve verdikleri sübjektif kararların çözüme doğru yansıtılması amaçlanmıştır.

Uygulanan farklı risk değerlendirme tekniklerinden elde edilen sonuçlar Bölüm 5'de detaylı biçimde karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında "iç kontrol sisteminin kurulması ve uygulanması" süreci için yapılan risk değerlendirme uygulamalarının, gelecek çalışmalarda idarenin stratejik planında yer alan tüm öğelerin birbirleri ile etkileşimleri dikkate alınarak genişletilmesinde fayda görülmektedir. İdarenin tüm amaç, hedef, faaliyet ve risklerinin birbiriyle ilişkilendirilmesiyle; risklerin, amaç/hedef bazında önceliklendirilmesi, kontrol faaliyetlerinin bu ilişkili önceliklerine göre maliyet etkin biçimde belirlenmesi ve kaynakların verimli kullanımı açısından idarelere yarar sağlayacağı düşünülmektedir.

Literatürde; 'iç kontrol' ve 'risk yönetimi' konularında yeni mevzuat, yöntemler, diğer ülke uygulamaları, bağlantılı bütçeleme teknikleri ve Türkiye'de uygulanabilirliklerini değerlendiren pek çok çalışma bulunmaktadır. Ancak "iç kontrol ve risk değerlendirmesi" konusunda modelleme ve mühendislik tekniklerinin kullanıldığı herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, risk yönetimi ve risk değerlendirme konularında hem teorik olarak hem de kamu idarelerindeki olası uygulamalar bakımından kapsamlı bilgi sunulmaktadır. Her iki hususla ilgili olarak yapılan incelemelerin, geliştirilen sistem önerilerinin, değerlendirme

sonuçlarının ve önerilen risk değerlendirme metodlarının; idarelerin yöneticileri, risk yönetimi sistemi içinde yer alan tüm aktörleri (risk analistleri, risk sorumluları, risk koordinatörleri, vb.) ve çalışanları için iç kontrol ve risk yönetim sistemi uygulamalarına geçiş sürecinde faydalı olacağı, özellikle mevzuatla netleştirilmeyen boşlukların genel idari teamüller yerine nicel tekniklerle doldurulması açısından katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Risk yönetimi kavramı ile yeni tanışan Türk kamu idarelerinin; hangi yöntemin, hangi şartlar altında, hangi süreçlerde ve hangi destek metotlarla birlikte uygulanması gerektiği konusunda rehberliğe ihtiyaç duydukları dikkate alınarak, araştırmacıların bu ihtiyacı karşılayacak çalışmalara yönelmesinin faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

Akyılmaz, O., Ayan, T., Özlüdemir, T. (2003). Geoid surface approximation by using Adaptive Network Based Fuzzy Inference Systems. *Allgemeine Vermessungs-Nachrichten,* 8-9: 308 – 31.

AS/NZ 4360:2004 Standardı. (2004). *Australia/New Zealand Standard,* Risk management

Ashcroft, J., Daniels, D.J., Hart S.V. (2002). A Method to Assess the Vulnerability of U.S. Chemical Facilities. *The National Institute of Justice – NIJ,* Special Report Final Version (NCJ 195171): 19.

Aven, T., Heide, B. (2009). Reliability and validity of risk analysis. *Reliability Engineering & System Safety*, 94(11), 1862-1868.

Ayağ, Z., Özdemir, R.G. (2007). An ANP-based approach to concept evaluation in a new product development environment. *Journal of Engineering Design,* 18(3), 209-226.

Bailer, A.J., Noble, R.B., Wheeler, M.W. (2005). Model Uncertainty and Risk Estimation for Experimental Studies of Quantal Responses. *Risk Analysis: An International Journal,* 25-2, 291-299.

BDDK. (2001). Bankaların İç Denetimi ve Risk Yönetimi Sistemleri Hakkında Yönetmelik. URL: http://www.bddk.org.tr/websitesi/turkce/mevzuat/, Son erişim tarihi: 02.06.2012

Birtane, S., Yılmaz, U. (2009). *Bilgisayar-Kontrol Eğitimi Programı.* Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yayını, 1-24.

Bonvicini S. , Leonelli P., Spadoni G. (1998). Risk analysis of hazardous materials transportation:evaluating uncertainty by means of fuzzy logic. *Journal of Hazardous Materials,* 62, 59–74.

Brito, A.J., Almeida A.T. (2009). Multi-attribute risk assessment for risk ranking of natural gas pipelines. *Reliability Engineering & System Safety*, 94(2), 187-198.

Buckley, J.J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets and Systems,* 233–247.

Canbolat, R. (2008). *Hata Türü Etkileri Analizi'nde Analitik Ağ Süreci ve Bulanık Mantık Uygulaması,* Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 11-16, 62-67.

Canbolat, R. (2011). *Kamu İdarelerinde İç Kontrol Sistemine Geçiş ve Risk Yönetimi: Sorunlar ve Çözüm Önerileri,* Hazine Uzmanlığı Yeterlik Tezi, Hazine Müsteşarlığı, Ankara, 2-8, 12-21, 42-44.

Catrinu, M.D., Nordgard, D.E. (2011). Integrating risk analysis and multi-criteria decision support under uncertainty in electricity distribution system asset management. *Reliability Engineering and System Safety*, 96, 663–670.

Chang, D.Y. (1992). Extent Analysis and Synthetic Decision, Optimization Techniques and Applications. *World Scientific*, 1, 352.

Chang, D.Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95, 649–655.

Chen, H.H, Lee, A.H.I., Kang, H. (2010). A model for strategic selection of feeder management systems: A case study. *Electrical Power and Energy Systems*, 32, 421–427.

Chen, S.-M., Chen, S.-J. (2008). Fuzzy risk analysis based on measures of similarity between interval-valued fuzzy numbers. *Computers & Mathematics with Applications*, 55(8), 1670-1685.

Chen, S.-M., Chen, J.-H. (2009). Fuzzy risk analysis based on similarity measures between interval-valued fuzzy numbers and interval-valued fuzzy number arithmetic operators. *Expert Systems with Applications*, 36(3:2), 6309-6317.

Chen, S.-M., Chen, J.-H. (2009). Fuzzy risk analysis based on ranking generalized fuzzy numbers with different heights and different spreads. *Expert Systems with Applications*, 36(3:2) 6833-6842.

Chen, S.-M. (2001). Fuzzy group decision making for evaluating the rate of aggregative risk in software development. *Fuzzy Sets and Systems*, 118-1, 75-88.

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, 343–350.

Cho, H.-N, Choi, H.-H., Kim, Y.-B. (2002). A risk assessment methodology for incorporating uncertainties using fuzzy concepts. *Reliability Engineering & System Safety*, 78(2), 173-183.

Cokins, G. (2005). The Future: Risk-Based Performance Management: Making It Work. *Journal of Risk Intelligence*, 2(6), 25-28.

COSO. (2004). *COSO Enterprise Risk Management – Integrated Framework, Executive Summary Framework*. American Institute of Certified Public Accountants, New Jersey.

Çatak, S, (2010). *Stratejik Yönetim ve İç Kontrol İlişkisi*, Hazine Uzmanlığı Yeterlik Tezi, Hazine Müsteşarlığı, Ankara, 3-11.

Dağdeviren, M. (2005). Çalışanların Toplam İş Yükü Seviyelerinin Belirlenmesine Yönelik Bir Model ve Uygulaması. *Gazi Ünv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 20(4), 515-522.

Dağdeviren, M., Dönmez, N., Kurt, M. (2006). Bir işletmede tedarikçi değerlendirme süreci için yeni bir model tasarımı ve uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(2), 247-255.

Dağdeviren M. (2007). Performans Değerlendirme Sürecinin Bulanık AHP ile Bütünleşik Modellenmesi. *YTÜ Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 25 (3), 268-282.

Dağdeviren, M., Yüksel, İ., Kurt, M. (2008). A fuzzy analytic network process (ANP) model to identify faulty behaviors risk (FBR) in work Systems. *Safety Sciences*, 34, 96–107.

Dash, R. (2010). Risk Assessment Techniques for Software Development. ***European** Journal of Scientific Research,* 42(4), 615-622.

Davidson, G., Labib, A.W. (2003). Learning from failures: design improvements using a multiple criteria decision making process. *Journal of Aerospace Engineering, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, G(217), 207-216.

Demirtaş, E.A., Üstün, Ö. (2008). An int-multiobjective decision making process for supplier selection and order allocation. *Omega*, 36, 76-90.

DNV (Det Norske Veritas) (2001). Marine Risk Assessment. *Norske Veritas for the Health and Safety Executive*, Offshore Technology Report, 2001/063, 26-37.

Endo, Y., Horiuchi, K. (2004). Risk analysis of fuzzy control systems with (n+1)-inputs and 1-output FLC. *Fuzzy Sets and Systems*, 147(3), 341-361.

Fıkırkoca, M. (2003). *Bütünsel Risk Yönetimi* (Birinci Baskı). Ankara: Kalder Yayınları, Pozitif Matbaacılık, 1-60.

Finger, R.J. (2001). Risk classification. *Foundations of Casualty Act.Science*, 6, 75–148.

Frantzich, H. (1998). Risk analysis and Fire safety engineering. *Fire Safety Journal*, 31, 313-329.

Garcia, P.A., Schirru, R., Frutuoso, P.F. (2005). A fuzzy data envelopment analysis approach for FMEA. *Progress in Nuclear Energy*, 46(3-4), 359-73.

Gencer, C., Gürpınar, D. (2007). ANP in supplier selection: A case study in an electronic firm. *Applied Mathematical Modelling*, 31, 2475-2486.

Ha, J., Seong, P. (2004). A method for Risk-Informed Safety Significance Categorization Using The Analytic Hierarchy Process and Bayesian Belief Networks, *Reliability Engineering and System Safety*, 83, 1–15.

Han, Z.Y., Eng,W.G. (2010). An integrated quantitative risk analysis method for natural gas pipeline network. *Journal of Loss Prevention in Process Industries*, 23,428-436.

Hazine Müsteşarlığı. (2008). *Hazine Müsteşarlığı 2009-2013 Stratejik Planı.* Ankara: TC Başbakanlık Hazine Müsteşarlığı.

Hejazi S.R., Doostparast A., Hosseini S.M. (2011). An improved fuzzy risk analysis based on a new similarity measures of generalized fuzzy numbers. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9179-9185.

Hitt, M.A., Ireland, R.D., Hoskisson, R.E. (1999). *Strategic Management Competitiveness and Globalization* (3rd Edition). South-Western College Publishing, 6.

HM (Her Majesty's) Treasury. **(**2004). *The Orange Book, Management of Risks - Principles and Concepts.* UK: HM Treasury.

Hu, Y., Wen, J., Li, X., Wang, D., Li, Y. (2013). A dynamic multimedia fuzzy-stochastic integrated environmental risk assessment approach for contaminated sites management. *Journal of Hazardous Materials*, 261, 522-533.

Huang, J. (2008). A Matrix Method for the Fuzzy Analytic Network Process**.** *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 16(6).

Huang, J., Lyamin, A.V., Griffiths, D.V., Krabbenhoft, K., Sloan, S.W. (2013). Quantitative risk assessment of landslide by limit analysis and random fields. *Computers and Geotechnics*, 53, 60-67.

Hubbard, W.D. (2009). *The Failure of Risk Management: Why It's Broken and How to Fix It.* New York: John Wiley&Sons Ltd, 22-26.

Hung, S.J. (2011). Activity-based divergent supply chain planning for competitive advantage in the risky global environment: A DEMATEL-ANP fuzzy goal programming approach. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9053-9062.

Hwang, C., Masud, A.S.M. (1979). Multiple Objective Decision Making Methods and Applications. *Springer-Verlag*, 113-125.

ISO. (2009). *ISO 31000:2009 Standardı "Risk Yönetimi – Prensipler ve Rehberler*".

Jang, J.S. R., Gulley, N, (1997). *Matlab Fuzzy Logic Toolbox*, MathWorks.

Jiménez, A., Ríos-Insua, S., Mateos, A. (2003). A decision support system for multiattribute utility evaluation based on imprecise assignments. *Decision Support Systems*, 36, 65–79.

Kahraman, C., Ertay, T., Buyukozkan, G. (2006). A fuzzy optimization model for QFD planning process using analytic network approach. *European Journal of Operational Research*, 171, 390–411.

Kahraman, C., Kaya, İ. (2009). Fuzzy Process Accuracy Index to Evaluate Risk Assessment of Drought Effects in Turkey. *Human and Ecological Risk Assessment*, 15, 789–810.

Kandel, A. (1983). *Fuzzy Mathematical Techniques with Applications*. California, USA: Addison-Wesley Publishing Company, 112.

Kannadhasan, M., Nandagopal, R. (2010). Do Company-Specific Factors Influence the Extent of Usage of Risk Analysis Techniques in Strategic Investment Decisions?. *The IUP Journal of Financial Risk Management*, VII(4), 55-72.

Karsak, E.E., Sözer, S., Alptekin, S.E. (2002). Product Planning in Quality Function Deployment Using A Combined Analytic Network Process and Goal Programming Approach. *Computers&Industrial Engineering,* 44, 171–190.

Kelly, D.L., Smith, C.L. (2009). Bayesian inference in probabilistic risk assessment—The current state of the art. *Reliability Engineering & System Safety*, 94(2), 628-643.

Khakzad, N., Khan, F., Amyotte, P. (2012). Dynamic risk analysis using bow-tie approach. *Reliability Engineering & System Safety*, 104, 36-44.

Khakzad, N., Khan, F., Amyotte, P. (2013). Quantitative risk analysis of offshore drilling operations: A Bayesian approach. *Safety Science*, 57, 108-117.

Klir, G.J., Folger, T.A. (1988) *Fuzzy Sets, Uncertainity and Information.* USA: Prentice Hall, 47.

Kontovas C.A. (2005). *Formal Safety Assessment: Critical Review and Future Roll. Diploma Thesis*, National Technical University of Athens School of Naval Architecture and Marine Engineering, Division of Ship Design and Maritime Transport, 34-36.

Köne A.Ç., Büke, T. (2007). An analytical network process evaluation of alternative fuels for electricity generation in Turkey. *Energy Policy*, 35(10), 5220-5228.

Kuleyin, B. (2005). *Limanlarda Gemi Kaynaklı Çevresel Risk Değerlendirmesi: Aliağa Limanı Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 36-41.

Kumar, G., Maiti, J. (2012). Modeling risk based maintenance using fuzzy analytic network process. *Expert Systems with Applications*, 39(11), 9946-9954.

Kuruüzüm, A., Atsan, N. (2001). Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları. *Akdeniz Ünv. İİBF Dergisi,* 1, 83-105.

Lee, J.W., Kim, S.H. (2001). An integrated approach for independent information system project selection. *International Journal of Project Management,* 19(2), 111-118.

Lee, L-W., Chen, S.-M. (2008). Fuzzy risk analysis based on fuzzy numbers with different shapes and different deviations. *Expert Systems with Applications*, 34(4), 2763-2771.

Leitch, M. (2004). *A Simple Introduction to Risk Management and Internal Control in Organisations.* Risk Management Congress, London.

Leeuwen, J.F., Nautab, M.J., Kastea, D. Odekerken-Romboutsa, Y.M.C.F., Oldenhofa M.T., Vredenbregta M.J., Barendsa D.M. (2009). Risk analysis by FMEA as an element of analytical validation. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 50, 1085–1087.

Leung, L.C., Cao, D. (2000). On consistency and ranking of alternatives in fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 102–113.

Li, Q., Zhou, J., Liu, D., Jiang, X. (2012). Research on flood risk analysis and evaluation method based on variable fuzzy sets and information diffusion. *Safety Science*, 50(5), 1275-1283.

Lin, Y.-H., Lin, C.C., Tyan, Y.Y. (2011). An Integrated Quantitative Risk Analysis Method For Major Construction Accidents Using Fuzzy Concepts And Influence Diagram. *Journal of Marine Science and Technology*, 19(4), 383-391.

Liu, K.F.R., Lai, J.-H. (2009). Decision-support for environmental impact assessment: A hybrid approach using fuzzy logic and fuzzy analytic network process. *Expert Systems with Applications,* 36 ,5119–5136.

Liu, H.T., Tsai, Y. (2012). A fuzzy risk assessment approach for occupational hazards in the construction industry. *Safety Science*, 50(4), 1067-1078.

Ma, L., Li,Y., Liang,L., Li,M., Cheng,L. (2013). A novel method of quantitative risk assessment based on grid difference of pipeline sections. *Safety Science*, 59, 219-226.

Mamdani, E., Assilian, S. (1975). An Experiment in Linguistic Synthesis With a Fuzzy Logic Controller. *International Journal of Man-Machine Studies*, 7, 1–13.

McGill, W.L., Ayyub, B.M., Kaminskiy, M. (2007). Risk analysis for critical asset protection. *Risk Analysis,* 27(5), 1265-81.

Meade, L.M., Presley, A. (2002). R&D project selection using the ANP. *IEEE Transactions on Engineering Management,* 49(1), 59-66.

Meade, L.M., Sarkis, J. (1998). Strategic analysis of logistics and supply chain management systems using the ANP. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 34(3), 201-215.

Meade, L.M., Sarkis, J. (1999). Analyzing organizational project alternatives for agile manufacturing processes: an analytical network approach. *International Journal of Production Research,* 37(2), 241-261.

Merna, T., Al-Thani, F. (2005). *Corporate Risk Management: An Organizational Perspective* (First Edition). England: John Wiley & Sons, 13-14.

Mikhailov, L. (2000). A fuzzy programming method for deriving priorities in the analytic hierarchy process. *Journal of Operational Research Society*, 51, 341– 349.

Mikhailov, L. (2003). Deriving priorities from fuzzy pairwise comparison judgments. *Fuzzy Sets and Systems,* 134, 365–385.

Mikhailov, L. (2004). Group prioritization in the AHP by fuzzy preference programming method. *Computers & Operations Research*, 31(2), 293-301.

Mikhailov, L., Singh, M. (2003). Fuzzy analytic network process and its application to the development of decision support systems. *IEEE Transactions on Systems, Man. And Cybernetics,* 33(1), 33-41.

Mikhailov, L., Tsvetinov, P. (2004). Evaluation of services using a fuzzy analytic hierarchy process. *Applied Soft Computing*, 5, 23–33.

Milani, A.S., Shanian, A., Lynam, C., Scarinci, T. (2013). An application of the analytic network process in multiple criteria material selection. *Materials&Design*, 44, 622-632.

Milazzo, M.F., Aven, T. (2012). An extended risk assessment approach for chemical plants applied to a study related to pipe ruptures. *Reliability Engineering & System Safety*, 99, 183-192.

Miller P.S. (2007). Tools and techniques for disease risk assessment in threatened wildlife conservation programmes. *Animal Health And Conservation*, 41, 38–51.

Mohanty, R.P., Agarwal, R., Choudhury, A.K. (2005). A fuzzy ANP-based approach to R&D Project selection: A case study. *International Journal of Production Research*, 43(24), 5199-5216.

Mousavi, S.M., Tavakkoli, R., Azaron, A., Mojtahedi, S.M.H., Hashemi, H. (2011). Risk Assessment for Highway Projects Using Jackknife Technique. *Expert Systems with Applications*, 38, 5514–5524.

Nordgard, D.E., Sand,K. (2010). Application of Bayesian networks for risk analysis of MV air insulated switch operation, *Reliability Engineering & System Safety*, 95(12), 1358-1366.

Okul, D. (2007). *Analitik Ağ Süreci ve Bulanık Mantık Kullanımıyla Kalite Fonksiyon Yayılımının Mobilya Sektörüne Uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 19.

Ouédraogo, A., Groso, A., Meyer, T. (2011). Risk analysis in research environment –Part II: Weighting Lab Criticity Index using the Analytic Hierarchy Process. *Safety Science*, 49(6), 785–793.

Özkılıç Ö. (2005). *İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri*. Ankara: TİSK Yayınları, Yayın No: 246: 113, 152, 153.

Pamukçu, B. (2004). *Analitik Ağ Süreci ve Bir Uygulama*, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 27-35.

Peng, A.H., Xiao, X.M. (2013). Material selection using PROMETHEE combined with analytic network process under hybrid environment. *Materials&Design*, 47, 643-652.

Pillay, A., Wang, J. (2003). Modified FMEA Using Approximate Reasoning. *Reliability Engineering and System Safety*, 79(1), 69-85.

Pinto, A., Nunes, I., Ribeiro, R. (2011). Occupational risk assessment in construction industry – Overview and reflection. *Safety Science*, 49, 616–624.

Price, C.J. (1998). Function-Directed Electrical Design Analysis. *Artificial Intelligence in Engineering*, 12(4), 445-456.

Poyraz, Y. (2010). *İç Kontrol Sistemi ve Risk Yönetimi*, Hazine Uzmanlığı Yeterlik Tezi, Hazine Müsteşarlığı, Ankara, 1-18, 55-57.

Rafiei, H., Rabbani, M. (2009). Project Selection Using Fuzzy Group Analytic Network Process. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 58.

Ramirez, D. (2008). Risk Management Standards: The Bigger Picture. *Information Systems Control Journal*, 4, 38-40.

Rowe, W.D. (1977). *An Anatomy of Risk.* New York: John Wiley&Sons Ltd. 9.

Saaty, T.L., Vargas, L., (1984). Inconsistency and Rank Preservation in Multi-criteria Decision Making: The AHP. Pittsburgh: RWS Publications, 47-52.

Saaty, T.L. (1994). *Fundamentals of decision making and priority theory with the AHP*. European Journal of Operations Research, 48, 156-159.

Saaty, T.L. (2001). *Decision Making With Dependence and Feedback – The ANP* (2nd. Edition). Pittsburgh: RWS Publications, 43-59, 80-91.

Saka, T. (2006). *Küresel Sermayeyi Beklerken Değişen Yönetim Faktörleri ve Kurumsal Yönetim.* 15. Kalite Kongresi'nde sunuldu, İstanbul.

Saka, T., Uğural, A. (2010). *Kurumsal Risk Yönetimi*. TÜSİAD Kongresi'nde sunuldu, İstanbul.

Schulz, R., Stehle, S., Elsaesser, D., Matezki, S., Müller, A., Neumann, M., Ohliger, R., Wogram, J., Zenker, K. (2009). Geodata-based probabilistic risk assessment and management of pesticides in germany: a conceptual framework. *Integrated Environmental Assessment & Management*, 5(1), 69-79.

Shiue, Y.C., Lin, C.Y. (2012). Applying analytic network process to evaluate the optimal recycling strategy in upstream of solar energy industry. *Energy and Buildings*, 54, 266-277.

Sikder, I.U., Sanchita, M., Tarun, K. (2006). Knowledge-Based Risk Assessment Under Uncertainty for Species Invasion. *Risk Analysis: An International Journal*, 26(1), 239-252.

Sriastava, A., Gupta, J. R**.** (2010). New methodologies for security risk assessment of oil and gas industry. *Process Safety & Environmental Protection: Transactions of the Institution of Chemical Engineers,* Part B, 88(6), 407-412.

Stoneburner, G., Goguen, A., Feringa, A. (2002). Risk Management Guide for Information Technology Systems. *National Institute of Standards and Technology*, NIST Special Publication 800 (30), 24-26.

Sugeno, M., Kang, G. (1988). Structure identification of fuzzy model. *Fuzzy sets and systems*, 28, 15–33.

Sun, Y., Huang, R., Chen, D., Li, H. (2008). Fuzzy Set-Based Risk Evaluation Model for Real Estate Projects. *Tsinghua Science And Technology*, 13.

Syachrani, S., Hyung, S., Vajra, R., Tom, I. (2010). A risk management approach to safety assessment of trenchless technologies for culvert rehabilitation. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 25, 681–688.

Takagi, T., Sugeno, M. (1985). Fuzzy identification of system and its applications to modelling and control. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 15, 116–132.

Tofilo, P., Konecki, M., Galaj, J., Jaskolowski, W., Tusnio, N., Cisek, M. (2013). Expert System for Building Fire Safety Analysis and Risk Assessment. *Procedia Engineering*, 57, 1156-1165.

TÜSİAD. (2006) *Kurumsal Risk Yönetimi***.** TÜSİAD Risk ve Değer Yönetimi Çalışma Grubu, İstanbul.

Üzümcü, Z. (2007). *Risk Yönetiminin Kurumsal Yönetimdeki Rolü ve Bankacılık Sektöründe Bir Araştırma*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Van Laarhoven, P.J.M., Pedrycz W. (1983). A fuzzy extension of saaty's priority theory. *Fuzzy Sets and Systems*, 229–241.

Vose, D. (2008). *Risk Analysis A Quantitative Guide*. New York: John Wiley&Sons Ltd, 135.

Wang Y.M., Elhag, T.M.S., Hua, Z. (2006). A modified fuzzy logarithmic least squares method for fuzzy analytic hierarchy process. *Fuzzy Sets and Systems*, 3055-3071.

Wang, Y.M., Luo, Y., Hua Z. (2008). On the extent analysis method for fuzzy AHP and its applications. *European Journal of Operational Research*, 186(2), 735-747.

Wang, Y-M, Chin, K.-S., Poon, G.K., Yang, J-B. (2009). Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 1195-1207.

Wang, X., Chan, H.K., Yee, R.W.Y., Diaz-Rainey, I. (2012). A two-stage fuzzy-AHP model for risk assessment of implementing green initiatives in the fashion supply chain. *Int.Jour. of Production Economics*, 135(2), 595–606.

Wei, S.-H., Chen, S.-M. (2009). A new approach for fuzzy risk analysis based on similarity measures of generalized fuzzy numbers. *Expert Systems with Applications*, 36(1), 589-598.

Wormuth, M., Demou, E., Scheringer, M., Hungerb, K. (2007). Assessments of Direct Human Exposure-The Approachof EU Risk Assessments Compared to Scenario-Based Risk Assessment. *Risk Analysis,* 27(4).

Xia, D., Chen, B. (2011). A comprehensive decision-making model for risk management of supply chain. *Expert Systems with Applications,* 38, 4957–4966.

Xiang, Y., Liu, C., Zhang, K., Wu, Q. (2010). Risk analysis and management of submerged floating tunnel and its application. *Procedia Engineering*, 4, 107-116.

Xu, Z., Shang, S., Qian, W., Shu, W. (2010). A method for fuzzy risk analysis based on the new similarity of trapezoidal fuzzy numbers. *Expert Systems with Applications,* 37(3), 1920-1927.

Yaralıoğlu, K. (2010). *Karar Verme Yöntemleri*. Ankara: Detay Yayıncılık**,** 74.

Yu, J.R., Shing, W.Y. (2013). Fuzzy analytic hierarchy process and analytic network process: An integrated fuzzy logarithmic preference programming. *Applied Soft Computing,* 13(4),1792-1799.

Yüksel, İ., Dağdeviren, M. (2007). Using the analytic network process (ANP) in a SWOT analysis-A case study for a textile firm. *Information Sciences*,177(6), 3364-3382.

Yüksel, İ Dağdeviren, M. (2010). Using the fuzzy analytic network process (ANP) for Balanced Scorecard (BSC): A case study for a manufacturing firm. Expert Systems with Applications, 37, 1270–1278.

Zadeh, L.A. (1968). Probability of measure of fuzzy events. *Journal of Mathematical Analysis and Application,* 23, 421-427.

Zadeh, L.A. (1987). *Outline of a new approach to the analysis of complex systems and design process*. New York: John Wiley&Sons, 16.

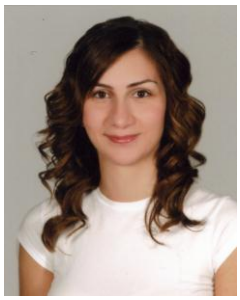
Zhang, K., Kluck, C., Achari, G. (2009). A Comparative Approach for Ranking Contaminated Sites Based on the Risk Assessment Paradigm Using Fuzzy PROMETHEE. *Environmental Management*, 44(5), 952-967.

Zimmermann, H.J. (1990). *Fuzzy Set Theory and its Application*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 35.

Zhoua, X., Jiangb,W., Shi, Y. (2010). Credit risk evaluation by using nearest subspace method. *Procedia Computer Science*, 1, 2449–2455.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler



Soyadı, Adı	: ARIKAN, Rabia
Uyruğu	: T.C.
Doğum tarihi ve yeri	: 06/01/1983 Ankara
Medeni hali	: Evli
Telefon	: 0 (312) 204 65 03
e-posta	: rabiacanbolat@gazi.edu.tr

Eğitim Derecesi	**Okul /Program**	**Mezuniyet Yılı**
Doktora	Gazi Üniversitesi/Endüstri Mühendisliği	Devam ediyor
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi/Endüstri Mühendisliği	2008
Lisans	Gazi Üniversitesi/Endüstri Mühendisliği	2005
Lise	Konya 23 Nisan Lisesi	2000

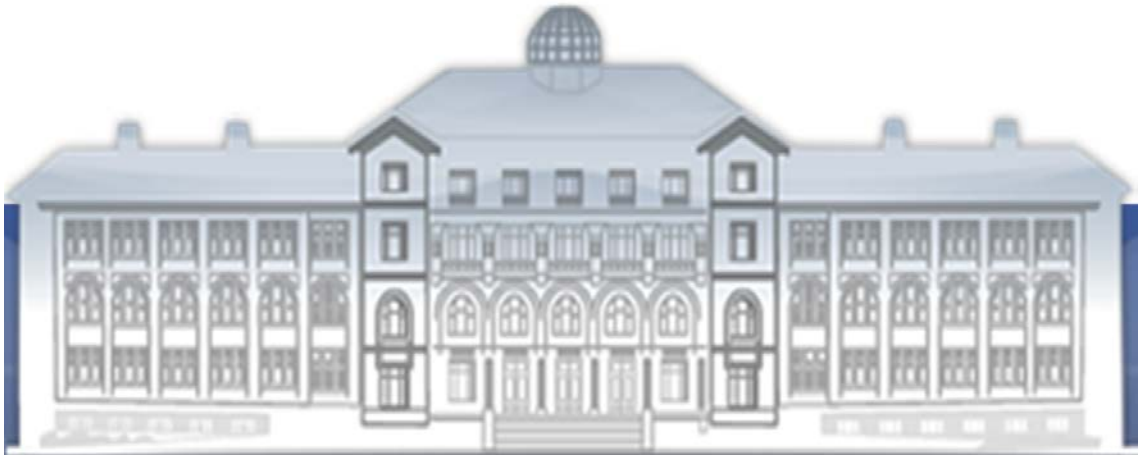
İş Deneyimi, Yıl	**Çalıştığı Yer**	**Görev**
2007-Devam ediyor	Hazine Müsteşarlığı	Hazine Uzmanı
2005-2007	Asaş Alüminyum San. ve Tic. A.Ş.	Kalite Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Arıkan, R., Dağdeviren, M., Kurt, M., "A Fuzzy Multi-Attribute Decision Making Model for Strategic Risk Assessment", International Journal of Computational Intelligence Systems, Vol. 6, No. 3 (May, 2013), 487-502



GAZİ GELECEKTİR..