

T.C.
KARA HARP OKULU
SAVUNMA BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HAREKAT ARAŞTIRMASI ANABİLİM DALI

BAZ REFERANS BULANIK ALFA İNDİRGEME YÖNTEMİ
VE AMPİRİK BİR UYGULAMA

DOKTORA TEZİ

Hazırlayan
Atilla KARAMAN

Tez Danışmanı
Doç.Dr. Metin DAĞDEVİREN

ANKARA - 2015

TEZ TANITIM FORMU

TEZİN TARİHİ: 21.01.2015

TEZİN TİPİ: Doktora Tezi

TEZİN BAŞLIĞI: Baz Referans Bulanık Alfa İndirgeme Yöntemi ve Ampirik Bir Uygulama

TEZİN YAPILDIĞI BİRİM: Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü Harekat Araştırması Anabilim Dalı

SPONSOR KURULUŞ: —

DAĞITIM LİSTESİ: Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü Tez Hazırlama, Onay, Dağıtım ve Muhafaza Esasları Kılavuzunda Belirtilen Yerlere

TEZİN ÖZETİ: Alfa İndirgeme Yöntemi (AİY), hiyerarşi içeren, birbiriyle kıyaslanamayan ve çatışan çok kriterli karar verme problemlerinde (ÇKKV) sıklıkla kullanılan yöntemlerden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci'nin (AHP) bir alternatifi ve onu genişleten bir yaklaşımdır. Bu yöntemin kıyaslanabilir üstünlükleri arasında AHP tarafından tutarsız olarak bulunmuş ÇKKV problemlerini tutarlılaştırması yer almaktadır. Bu çalışmada, AİY'ye dayalı bulanık bir ÇKKV yöntemi geliştirilmiş ve ampirik uygulama mikrofinans kurumlarının performans derecelendirmesinde kriterlere ağırlık ataması yapabilmek için eksik bilgili bir grup karar problemine uygulanmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Çok kriterli karar verme (ÇKKV), alfa indirgeme yöntemi, tutarlılık, bulanık küme teorisi, mikrofinans kurumları.

SAYFA SAYISI: 94

GİZLİLİK DERECE: Tasnif Dışı

T.C.
KARA HARP OKULU
SAVUNMA BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HAREKAT ARAŞTIRMASI ANABİLİM DALI

BAZ REFERANS BULANIK ALFA İNDİRGEME YÖNTEMİ
VE AMPİRİK BİR UYGULAMA

DOKTORA TEZİ

Hazırlayan
Atilla KARAMAN

Tez Danışmanı
Doç.Dr. Metin DAĞDEVİREN

ANKARA - 2015

KARA HARP OKULU

SAVUNMA BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Atilla KARAMAN'ın, Baz Referans Bulanık Alfa İndirgeme Yöntemi ve Ampirik Bir Uygulama konulu tez çalışması, jürimiz tarafından HAREKAT ARAŞTIRMASI Anabilim Dalında DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Prof.Dr. Cevriye TEMEL GENCER

Üye

Doç.Dr. Metin DAĞDEVİREN
(Danışman)

Üye

Doç.Dr. Ergün ERASLAN

Üye

Doç.Dr. Mehmet KABAK

Üye

Yrd.Doç.Dr. Özkan BALI

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

... / ... / 2015

(İmza ve Mühür)

Önder Haluk TEKBAŞ
Prof.Dr.
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Kara Harp Okulu Komutanı Tümgeneral İzzet ÇETİNGÖZ başta olmak üzere Kara Harp Okulu Komutanlığı'na ve Savunma Bilimleri Enstitüsü'ne, bu doktora tezinin şekillenmesinde akademik rehberliğiyle beni yönlendiren tez danışmanım Sayın Doç.Dr. Metin DAĞDEVİREN'e ve değerli tavsiyelerini esirgemeyen Tez İzleme Komitesi'nin saygıdeğer üyeleri Prof.Dr. Cevriye TEMEL GENCER ile Doç.Dr. Ergün ERASLAN'a, Anabilim Dalı Başkanım Yrd.Doç.Dr.Müh.Bnb. Özkan BALI'ye, tezimle ilgili önerileri için jüri üyesi Doç.Dr. Mehmet KABAK'a ve New Mexico Üniversitesi öğretim üyesi Prof. Florentin SMARANDACHE'ye de Alfa İndirgeme Yöntemiyle ilgili sorduğum sorulara verdiği kapsamlı cevaplar için teşekkürlerimi arz ederim.

Bulunduğum konuma gelebilmem için gecesini gündüzüne katarak her türlü desteği veren sevgili annem Ümmühani KARAMAN ile babam Veli KARAMAN'a ve doktora programım boyunca sabrını ve anlayışını esirgemeyen sevgili eşim Tuba KARAMAN ile kızım Fahrunnisa KARAMAN'a minnettarım.

Son olarak, burada ismini zikredemediğim tüm eğitim hayatım boyunca üzerimde emeği olan öğretmen ve öğretim üyeleri ile Harbiyeli değerli sınıf arkadaşlarıma da şükranlarımı sunarım.

T.C.
KARA HARP OKULU
SAVUNMA BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HAREKAT ARAŞTIRMASI ANABİLİM DALI
ANKARA 2015

BAZ REFERANS BULANIK ALFA İNDİRGEME YÖNTEMİ
VE AMPİRİK BİR UYGULAMA

DOKTORA TEZİ

Atilla KARAMAN

ÖZET

İnsanoğlunun yapmış olduğu her iş ve faaliyet bir karar sonucu gerçekleşmektedir. Birden fazla kıstas (kriter) bazında birbirine rakip alternatifler arasından (en iyiyi) seçme işi “karar” olarak tanımlanmaktadır. Kriterler ile alternatifler, karar verme ortamının gereklerine göre tek bir karar verici (KV) tarafından değerlendirilebileceği gibi birden çok kişiden oluşan KV grubu tarafından da değerlendirilebilir. Değerlendirme süreci içinde KV veya KV grubunun kriterler / alternatifler hakkında sahip olduğu bilgi seviyesi (tam veya eksik bilgi) de kullanılacak olan yöntemlerin tespitinde belirleyici olmaktadır. Bu tez çalışmasında, hem tam ve hem de eksik bilgili bulanık çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemlerini ikili karşılaştırma matrisleri çerçevesinde tutarlılaştırarak çözen bir yaklaşım geliştirilmiş ve devamında mikrofinans kurumlarının mali performans derecelendirmesinde kullanılacak olan finansal indikatörlere ağırlık ataması önerilen ÇKKV yöntemiyle eksik bilgili bulanık grup karar verme ortamında yapılmıştır.

Mikrofinans kurumları, sürdürülebilir kalkınma süreçlerindeki aktörlerden biri olarak alt gelir seviye gruplarına, özellikle de bu gelir grubundaki kadınlara, mikro/küçük ölçekli işletmeler kurabilmeleri için

finansal hizmetler sunmaktadır. Bu kurumlar, her ne kadar alt gelir gruplarına öncelikli olarak hizmet verse de, hem diğer finansal araçların getirisinden daha fazla bir getiri sağlayabilmesi hem de kalkınma politikalarında oynadıkları etkin roller açısından yatırımcıların ve ulusal/uluslararası paydaşların ilgisini çekmektedir. Finansal indikatörler, bu kurumlara yatırım yapmak isteyen yatırımcılar ile kalkınma süreçlerindeki diğer paydaşlara mikrofinans kurumlarını mali performanslarına göre derecelendirmede bir temel sağladığından yaşamsal bir öneme sahiptir.

Bu yaşamsal öneme rağmen mikrofinans kurumları için mevcutta bulunan finansal indikatörlerin sayıca fazla olması, her bir yatırımcının/paydaşın bu indikatörlerin tamamı üzerine derinlemesine analiz kapasitesinin eksikliği, mevcut finansal indikatörler arasındaki göreceli üstünlüklerin eksik bilgiye dayalı bir grup karar verme ortamında ve hiyerarşik bir yapıda ortaya konmak istenmesi ve bunun kesin rakamlar yerine muğlaklık içeren sözel/dilsel değişkenlerin aracılığıyla olması mikrofinans kurumlarının mali performans derecelendirmesini ÇKKV problemi olarak ortaya çıkarmaktadır.

Eksik bilgili bulanık karar verme problemleri için bu tez çalışmasıyla geliştirilen Baz Referans Yaklaşımına dayalı Bulanık Alfa İndirgeme Yöntemi'ne (BRBAİY) ait bir ampirik uygulamaya tezde yer verilmiştir. İlgili uygulamada üç kişiden oluşan KV grubundan mikrofinans kurumlarına ait iki hiyerarşik seviyede yapılandırılmış unsurlar (ana kategoriler ve bağlı finansal indikatörler) için göreceli önem dereceleri anket aracılığıyla alınmıştır. İkili karşılaştırmaların sayıca çokluğu nedeniyle iki KV eksik bilgili durumlara uygun baz referans yöntemini tercih etmiştir. KV grubunun oluşturduğu ikisi eksik, biri tam bilgili matrisin sentetik ikili karşılaştırma matrisinde bütünleştirilmesi, bütünleştirme sonrası (I), (m), (u) olarak ayrıştırılan matrislerden determinantı 0 olarak çıkmayanların MATLAB aracılığıyla bulunan alfa katsayıları ile tutarlı hale getirilmesi de dahil olmak üzere ilgili hesaplamalar ve durulaştırma işlemleri ilgili bölümde gösterilmiştir.

Bu tezde geliştirilen BRBAİY ile elde edilen kriter ağırlıklarından ilk hiyerarşide yer alan Risk ve Likidite, Genel Finansal Performans ve Finansman Yapısı'nın önde gelen üç kategori olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Bu tez çalışmasının son bölümünde elde edilen sonuçlar özetlenerek geliştirilen yöntemin hangi alanlara genişletebileceğiyle ilgili değerlendirmede bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler : Çok kriterli karar verme (ÇKKV), alfa indirgeme yöntemi, tutarlılık, bulanık küme teorisi, mikrofinans kurumları

Tez Yöneticisi : Doç.Dr. Metin DAĞDEVİREN

Sayfa Sayısı : 94

**REPUBLIC OF TURKEY
TURKISH MILITARY ACADEMY
DEFENSE SCIENCES INSTITUTE
DEPARTMENT OF OPERATIONS RESEARCH
ANKARA 2015**

**BASE REFERENCE FUZZY ALPHA DISCOUNTING METHOD
AND AN EMPIRICAL APPLICATION**

PHD THESIS

Atila KARAMAN

ABSTRACT

Each task and activity that a human being carries out is a result of a decision. “Decision” is defined as the selection (of the best) among competing alternatives based on multiple criteria. In regards with the decision making environment, the criteria and alternatives are either evaluated by one single decision maker or a group of decision makers. During the evaluation process, the level of information (full or missing) of the decision maker or decision making group about the criteria / alternatives is also significant in the identification of the methods to be used. In this study, an approach has been developed for the solution of the fuzzy multiple criteria decision making problems with full or missing information on the basis of making the pairwise comparison matrices consistent. The proposed approach has then been applied on identifying the criteria weights of the microfinance finance institutions for their financial performance ranking based on the missing information collected from the decision making group.

As one of the actors in sustainable development processes, microfinance institutions (MFI) provide financial services to low income classes, especially to women in this income class, to enable them in

establishing micro/small scale enterprises. Besides the provision of financial services to low income classes as a priority task, MFIs also draw the attention of investors and inter/national stakeholders as they both may provide a higher return when compared to those of other financial instruments and play efficient roles in development policies. Financial indicators for MFIs are of vital importance because they provide the basis for investors who are willing to invest in them and other stakeholders of development processes in ranking MFIs based on their financial performance.

Despite this vital importance, the following can be cited among the reasons for making the financial performance ranking of MFIs a multicriteria decision making (MCDM) problem: (i) high number of available financial indicators for MFIs; (ii) investors'/stakeholders' lack of comprehensive analysis capacity on overall financial indicators for MFIs; and (iii) willingness to identify relative importance among the available financial indicators based on group decision making in an incomplete information and hierarchical setting through the usage of linguistic variables instead of crisp numbers. In this sense, this thesis aims to develop a multiple criteria decision making method (MCDM) in a fuzzy group decision making setting with incomplete information for assigning weights to criteria to be used for ranking MFIs based on their financial performance.

An empirical application of the Fuzzy Alpha Discounting Method based on the Base Reference approach for the fuzzy MCDM problems with incomplete information developed in this thesis is demonstrated in the upcoming sections. For the empirical application, the relative importance among the financial indicators in two hierarchical levels for MFIs has been collected through a questionnaire that has been completed by a group of three decision makers. Due to the high number of pairwise comparisons among the financial indicators, two decision makers preferred the Base Reference approach appropriate for incomplete information settings. The upcoming sections of the thesis also show the calculations including the

aggregation of the two matrices with incomplete information and one matrix with full information in the synthetic pairwise comparison matrix, after aggregation making the decomposed (l), (m), and (u) matrices consistent through alpha coefficients in MATLAB for matrices where determinant is not equal to 0, and defuzzification of the obtained fuzzy weights.

The weights obtained through the Fuzzy Base Reference Alpha Discounting Method developed in this thesis for the first hierarchy level show that the first three categories are Risk and Liquidity, Overall Financial Performance, and Financing Structure.

The final section of this thesis summarizes the results obtained and evaluates the fields which the Fuzzy Alpha Discounting Method proposed in this thesis can be expanded on.

Keywords : Multiple criteria decision making (MCDM), alpha discounting method, consistency, fuzzy set theory, microfinance institutions

Advisor : Assoc.Prof.Dr. Metin DAGDEVIREN

Number of Pages : 94

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiv
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xv
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

1. KARAR TEORİSİ VE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME.....	5
a. Karar Teorisine Dair Bazı Temel Kavramlar	5
b. Çok Kriterli Karar Verme Adımları.....	7
c. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri için Sınıflandırma	8
2. BULANIK KÜME TEORİSİ.....	9
a. Klasik Küme ve Belirsizlik Kavramlarına Genel Bir Bakış	9
b. Bulanık Küme Teorisinde Temel Kavramlar ve Cebirsel İşlemler	10
3. ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ	14
a. Analitik Hiyerarşi Sürecinin Esinlendiği Çalışmalar	14
b. Analitik Hiyerarşi Sürecinin Ele Aldığı Karar Problemleri ve Hiyerarşi ..	14
c. Analitik Hiyerarşi Süreci Metodolojisi ve Uygulanan Matematiksel İşlemler	15
ç. Analitik Hiyerarşi Sürecine Karşı Yöneltilen Eleştiriler	18
d. Bulanık Analitik Hiyerarşi Sürecine Karşı Yöneltilen Eleştiriler	21

e. Bulanık Analitik Hiyerarşi Sürecinde Tutarlılık Üzerine Yapılan Çalışmalar	22
4. BAZ REFERANS ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ	24
a. Baz Referans Analitik Hiyerarşi Süreci Algoritması	24
b. Baz İkili Karşılaştırma Yöntemi	25
c. Baz Referans Analitik Hiyerarşi Sürecine Dair Örnek Uygulama	27

İKİNCİ BÖLÜM

ALFA İNDİRGEME YÖNTEMİ

1. DETERMİNİSTİK ALFA İNDİRGEME YÖNTEMİ	30
a. Alfa İndirgeme Yöntemi ve Analitik Hiyerarşi Süreci	31
b. Lineer Karar Verme Problemlerinin Tutarlılığa Göre Sınıflandırması	31
c. Alfa İndirgeme Yöntemi Uygulama Adımları	32
ç. Lineer Olmayan Karar Verme Problemleri için Genişletilmiş Alfa İndirgeme Yöntemi.....	34
d. Alfa İndirgeme Yöntemiyle Sayısal Uygulamalar	34
2. BULANIK ALFA İNDİRGEME YÖNTEMİ	43
a. Tam Bilgili Tek Karar Vericili Bulanık Alfa İndirgeme Yöntemi	43
b. Tam Bilgili Grup Karar Verme Durumu için Bulanık Alfa İndirgeme Yöntemi	52
c. Baz Referans Bulanık Alfa İndirgeme Yöntemi	58

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

EKSİK BİLGİLİ GRUP KARAR VERME ORTAMINDA MİKROFİNANS KURUMLARINA AİT FİNANSAL İNDİKATÖRLERE AĞIRLIK ATAMASI İÇİN BULANIK BİR YAKLAŞIM

1. ARAŞTIRMANIN KONUSU, AMACI, ÖNEMİ VE VARSAYIMLAR.....	61
a. Araştırmanın Konusu	61
b. Araştırmanın Amacı	61
c. Araştırmanın Önemi.....	61
ç. Araştırmanın Varsayımları	62
2. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ.....	63
a. Kuramsal Çerçeve	63
b. Araştırmanın Kapsamı ve Sınırlılıkları	63
c. Araştırmanın Yöntemi ve Verilerin Toplanması	63
ç. Evren ve Örneklem	65
d. Verilerin Çözümlemesi.....	65
3. BAZ REFERANS ALFA İNDİRGEME YÖNTEMİNE DAYALI AMPİRİK ÇALIŞMA	65

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

1. SONUÇLAR	80
2. GELECEK ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER	83
KAYNAKÇA	85
EKLER	94

TABLolar LİSTESİ

Sayfa

Tablo-1: Tek Kriterli Karar Matrisi.....	6
Tablo-2: Çok Kriterli Karar Matrisi	6
Tablo-3: İkili Karşılaştırma için Lineer Derecelendirme Ölçeği (Saaty, 1980).....	16
Tablo-4: Ortalama Rassal Tutarlılık Endeksi (RI) Değerleri (Saaty, 2006).....	18
Tablo-5: Baz Referans ve İlgili Alternatifler için Önem Derecesi Atamaları (Hotman, 2005).....	28
Tablo-6: Baz Referans İkili Karşılaştırma Tablosu (Hotman, 2005).....	29
Tablo-7: AİY ile Elde Edilen Oranlar ve Yüzde İndirgeme Değerleri (Smarandache, 2010)	40
Tablo-8: AHP ile Elde Edilen Oranlar ve Yüzde İndirgeme Değerleri (Smarandache, 2010)	41
Tablo-9: Ürün Kalite Kriterleri için Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi (Tzeng ve Huang, 2011)	47
Tablo-10: Tam Bilgili Tek KVli BAİY ile Elde Edilen Bulanık Kriter Ağırlıkları.....	49
Tablo-11: Tam Bilgili Tek KVli BAİY ile Elde Edilen Bulanık Kriter Ağırlıkları.....	50
Tablo-12: Ürün Kalite Kriterleri için Normalize Matris.....	50
Tablo-13: Ürün Kalite Kriterleri için Sol ve Sağ Değerler.....	51

Tablo-14: Sözel Değişkenler ve Tanımlanan Bulanık Sayılar (Tzeng ve Huang, 2011)	54
Tablo-15: KV Grubunun Kriterlere İlişkin Sözel Değişken Bazındaki İkili Karşılaştırma Matrisleri (Tzeng ve Huang, 2011).....	54
Tablo-16: KV Grubunun Kriterlere İlişkin ÜBS Bazındaki İkili Karşılaştırma Matrisleri (Tzeng ve Huang, 2011).....	55
Tablo-17: Sentetik İkili Karşılaştırma Matrisi (Tzeng ve Huang, 2011).....	56
Tablo-18: Tam ve Eksik Bilgili Durum için Karşılaştırma Soru Sayısı.....	64
Tablo-19: Ampirik Çalışmada Kullanılacak Sözel Değişkenler ve Tanımlanan Bulanık Sayılar	66
Tablo-20: KV1 için Birinci Seviye Baz Referans Bulanık İkili Karşılaştırma Tablosu	67
Tablo-21: KV2 için Birinci Seviye Bulanık İkili Karşılaştırma Tablosu.....	67
Tablo-22: KV3 için Birinci Seviye Baz Referans Bulanık İkili Karşılaştırma Tablosu	68
Tablo-23: Ampirik Çalışma için Sentetik İkili Karşılaştırma Matrisi	69
Tablo-24: (I) Matrisi	70
Tablo-25: (m) Matrisi	70
Tablo-26: (u) Matrisi	70
Tablo-27: Baz Referans Bulanık Alfa İndirgeme Yöntemiyle Elde Edilen Kriter Ağırlıkları	73
Tablo-28: Sıralı Kriter Ağırlıkları	74
Tablo-29: Normalize Matris	75

Tablo-30: Is ve rs Değerler	75
--	-----------

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil-1: ÇNKV Yöntemlerinin Sınıflandırılması.....	9
Şekil-2: “Yaş” Sözel Değişkeninin Hiyerarşik Yapısı	12
Şekil-3: ÜBS’ye Ait Üyelik Fonksiyonu	13
Şekil-4: Dezert’in Örnek Zayıf Tutarsız Karar Verme Probleminin Şebeke Gösterimi	37
Şekil-5: Ürün Kalitesinin Hiyerarşik Yapısı (Tzeng ve Huang, 2011).....	47

KISALTMALAR LİSTESİ

AHP	Analitik Hiyerarşi Süreci
AİY	Alfa İndirgeme Yöntemi
BAİY	Bulanık Alfa İndirgeme Yöntemi
BR-AHP	Baz Referans AHP
BRBAİY	Baz Referans Bulanık Alfa İndirgeme Yöntemi
ÇAKV	Çok Amaçlı Karar Verme
CFCS	Bulanık Verileri Belirgin Skorlara Dönüştürme
CI	Tutarlılık Endeksi
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme
ÇNKV	Çok Nitelikli Karar Verme
CR	Tutarlılık Rasyosu
Eff	Verimlilik
Ex	Giderler
FS	Finansman Yapısı
IC	Kurumsal Özellikler
KV	Karar Verici
MCDM	Multiple Criteria Decision Making
MFI	Microfinance Institution
OFP	Genel Finansal Performans
Oİ	Açılım Göstergeleri
P	Üretkenlik
R	Gelirler
RCFCS	Revize CFCS
RI	Ortalama Rassal Tutarlılık
RL	Risk ve Likidite
ÜBS	Üçgen Bulanık Sayı

GİRİŞ

Çok kriterli karar verme (ÇKKV) literatüründe önerilmiş olan yöntemlerin kendilerine göre hem üstün hem de zayıf oldukları yanları vardır. Akademik çevreleri de aşarak karar içeren farklı alanlarda en fazla kullanılagelen ÇKKV yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) karar verme problemlerini bir hiyerarşi dahilinde yapılandırmayı kolay hale getirmesine karşın bazı araştırmacıların eleştirilerine de maruz kalmıştır.

Bu çalışmanın hareket noktası, Dodd, Donegan, ve McMaster (1995) tarafından AHP yöntemi için yöneltlen tutarlılık oranının keyfi olarak belirlenmesi eleştirisi olmuştur. Bu açıdan, bu çalışma “Keyfi bir tutarlılık oranı yerine acaba ilgili ikili karşılaştırma matrisinde tam tutarlılığı veya hemen hemen tam tutarlılığı sağlamak mümkün müdür?” sorusuna bir cevap bulabilmeyi hedeflemiştir. Ek olarak bu çalışma, bu durumu sadece deterministik ÇKKV problemleri için değil aynı zamanda bulanık ÇKKV problemleri için de göz önünde bulundurmuştur.

ÇKKV problemleriyle uğraşan analistler tutarsızlık durumunu aşmanın yanı sıra bazen kriterler/alternatifler arasında önem derecelerinin sözel değişkenler aracılığıyla belirtildiği (bulanık tipteki) problemlerle de karşı karşıya kalabilmektedir. Karar verici (KV) veya KV grubunun ÇKKV problemi unsurları hakkında tam bilgi sahibi olmayıp ikili karşılaştırmalarını eksik bilgili olarak aktarmaları analistlerin durumunu daha da zorlaştıran başka bir faktördür.

Bu çalışma, bulanık ÇKKV problemlerindeki ikili karşılaştırma matrisleri için tutarlılaştırmanın nasıl sağlanabileceğiyle ilgili bir yöntem öneren ilk çalışmalardan biridir. Özellikle bulanık ÇKKV problemlerinin eksik bilgili hallerinde mevcut bulunan ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılaştırılarak ilgili ÇKKV probleminin çözümünün nasıl yapılacağı mikrofinans kurumlarının mali performans derecelendirilmesinde kullanılacak

kriterlere ait ağırlıklarının belirlendiği ampirik bir uygulamayla bu çalışmada gösterilmiştir.

1980'lerden günümüze sürdürülebilir kalkınma politikalarının etkin ve vazgeçilmez araçlarından biri olan mikrofinans terim olarak geleneksel veya klasik finans sisteminin dışında kalmış müşterilere, özellikle yoksul ve alt gelir grubundan bireylere, finansal hizmetler sağlama faaliyeti anlamına gelmektedir. Ledgerwood (2000:1), mikrofinans kurumlarının finansal aracılık hizmetleri sağlamanın yanı sıra grup kurma, öz güven geliştirme ile grup üyelerinin finansal okur-yazarlık ve yönetim yeteneklerine yönelik eğitim faaliyetlerini de içeren sosyal aracılık hizmetleri de sağladığını belirterek mikrofinans tanımının hem finansal hem de sosyal aracılığı içerdiğini de ifade etmiştir.

Geleneksel finans sisteminin aksine mikrofinans sisteminde hacimce küçük ve vadesi kısa krediler verilirken kredilerin geri ödeme garantisi olarak teminat yerine krediyi alanın çizdiği karakter ve verdiği güvene dayanılmaktadır. Yine geleneksel finans kurumlarından farklı olmak üzere çoğu mikrofinans kurumu, altyapısı zayıf bölgelerde faaliyet gösteren, daha az dokümantasyon gerektiren ama daha fazla iş yoğunluklu merkezileşmemiş küçük birimlerden oluşan ve kar amacı gütmeyen organizasyonlardır. Mikrofinans, neredeyse çoğunluk olarak kadınlardan oluşan, yoksul bireylerin bir grup kurarak kredilere başvurduğu "ortak yükümlülük" kavramını finans literatürüne kazandırmıştır. Bu kavram çerçevesinde, grup içerisindeki birey(ler)e verilecek olan krediler grubun diğer üyelerince onaylanmakta ve böylelikle grup kredinin geri ödenmesinden ortak olarak sorumlu olmaktadır (Brau ve Woller, 2004).

Yukarıda da bahsedildiği gibi temelde bazı farklılıklar gösterebilir de mikrofinans kurumlarından, aynen geleneksel finans kurumlarından istendiği gibi, performanslarına ilişkin raporlama yapmaları çeşitli paydaşlarca ve farklı nedenlerle beklenmektedir.

Yöneticiler, hem kurum hem de alt birimler seviyesinde dikkatlerini ve odaklanmalarını gerektirecek operasyonel alanları görebilmek için finansal ve sosyal performans bilgisine ihtiyaç duyarken; yatırımcılar, iş planı hedefleri ve diğer potansiyel yatırımlara göre değer ölçümü yapmak ve kurumsal performansı saptamak için finansal bilgiyi kullanmakta; diğer fon sağlayıcılar, belirli faaliyetler için mali kaynak sağlamak veya mevcut hibe veya kredileri izlemek için bu bilgilere gereksinim duymakta; denetleyici kuruluşlar, başta kendi sorumluluk alanlarına giren finansal hizmet sağlayıcılarının ilgili kanunlara ne kadar uygun davrandıklarını ölçmek ve bu kurumları denetleyebilmek için finansal bilgiden yararlanmakta ve karar alıcılar / kanun yapıcılar da finans sektörünü yapılandırmak ve korumak, politika ile kanunların uygunluğundan emin olmak ve finansal katılım artışını desteklemek için bütünleştirilmiş kurumsal mali performans bilgisini talep etmektedirler (Ledgerwood, O'Keeffe ve Arevalo, 2013:321-322).

Mikrofinans kurumlarının sözü geçen paydaşlar tarafından derecelendirmeye tabi tutulmasında kullanılacak olan karşılaştırılabilir finansal indikatörlere (kriterlere) grup karar verme ortamında ve bulanık eksik bilgili bir durumda tutarlılık bazında ağırlık atamasının yapılması mikrofinans literatüründe henüz çalışılmamıştır.

Bu doktora tezi, karşılaştırılabilir finansal performans indikatörlerinin sayıca çokluğu ve buna bağlı olarak KV grubunun tüm bu indikatörler üzerinde kapsamlı analiz yeteneği olmaması halinde eksik bilgili halleri de içerebilecek şekilde sözel değişkenlerin kullanılabildiği bulanık bir ÇKKV yaklaşımı olan Baz Referans Bulanık Alfa İndirgeme Yöntemini (BRBAİY) önermektedir.

Bu çalışmada bölümlerine göre şu konular kapsamaktadır: Birinci Bölümde, karar teorisi ile bulanık küme teorisine dair temel bilgi ve kavramlar, deterministik Alfa İndirgeme Yöntemi'nin (AİY) dayandığı Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve eksik bilgili deterministik ÇKKV problemleri için Baz Referans AHP yaklaşımı kısaca tanıtılarak literatürde geçen AHP'ye

karşı yöneltilmiş tutarlılık ve hesaplama sürecinin de dahil olduğu eleştirilere yer verilmiştir.

İkinci Bölüm, deterministik ÇKKV problemleri için AİY'nin ayrıntılarıyla beraber örnek uygulamaları içerecek şekilde incelenmesiyle başlamaktadır. Bunu takiben, hem tam bilgili hem de eksik bilgili durumları da içerecek şekilde tek kişi ve grup karar verme halleri için bu tezde önerilen Bulanık AİY (BAİY) ile BRBAİY tanıtılmış ve literatürde geçen örnek problemler üzerinde uygulamalar gösterilmiştir.

Üçüncü Bölümde, önerilen BRBAİY, mikrofinans kurumlarının mali performans derecelendirmesinde kullanılacak kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi için bir bulanık eksik bilgili grup karar verme problemine uygulanmıştır.

Dördüncü ve son bölümde elde edilen sonuçlar özetlenerek öneriler sunulmuş olup ileriki çalışmalarda nelerin kapsanabileceği belirtilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

1. KARAR TEORİSİ VE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

a. Karar Teorisine Dair Bazı Temel Kavramlar

İnsanoğlunun yapmış olduğu her iş ve faaliyet bir karar sonucu gerçekleşmektedir. Birden fazla kriter bazında birbirine rakip alternatifler arasından (en iyiyi) seçme işi “karar” olarak tanımlanmaktadır. Bu yönden, karar verme süreci hakkında bir teori geliştirmek aynı zamanda insanoğlunun faaliyetlerini anlama yönünde atılmış adımlardan biridir. Bununla birlikte, Karar Teorisi beşeri faaliyetlerin sadece bir kısmına, özellikle de KV’nin özgür iradesini nasıl kullandığına, odaklanmaktadır. KV’nin alternatifler arasından rastlantısal olmayan bir yolla yapacağı seçim ise hedef yönelimli bir faaliyet olmaktadır (Hansson, 2005:5-6, 9). Bu nedenle, Karar Teorisi bir problemin nesnel (kontrol edilen; örneğin, üretim süreci davranışı gibi) ve öznel (kontrol eden; örneğin, KV gibi) taraflarını bir araya getirmektedir (White, 2006:137). Bu açıdan, Karar Teorisini problematik durumlarda karar verilebilirliğin araştırılması olarak tanımlamak yanlış olmaz (White, 2006:159).

Bir karar alma sürecinde KV’nin/KVlerin karar verme hedefine ulaşmada sahip olduğu seçenekleri (alternatifleri) karakterize etmeyi ve nicelemeyi olası kılan, bir hükmün ölçülebilir bir yönüne “kriter” denir (Voogd, 1983; Eastman, Jiang, Toledano, 1993; Rauscher ve diğerleri, 2000). Hızlı değişen günümüz koşulları altında KV’nin içlerinden tercih yapması gerektiği seçenekler arasında çatışmaya düşmeden bir seçim yapabilmesi çok nadir olabilmektedir, çünkü günümüz insanının karşılaştığı olduğu karar verme süreci çoğu kez tek kriter yerine aynı yönde olmayan çoklu kriterler içermektedir. KV’nin karşılaştığı olduğu çatışma hali de zaten birbiriyle rekabet halinde bulunan bu birden çok hedef yönelimli kriteri dengeleyerek

kapsamlı bir yargıya ulaşırken ortaya çıkmaktadır (Belton ve Stewart, 2003:1). Bu sorun, karar teorisi literatüründe bütünleştirme sorunu olarak ele alınmıştır (Roy, 2005:14). Bütünleştirme sorununu aşağıdaki gibi örnekleyebiliriz:

Bir yolcunun belli bir bütçe kısıtı altında A şehrinden B şehrine seyahat etmesi gerektiğini ve üç vasıta seçeneğiyle karşı karşıya olduğunu varsayalım (Tablo-1). KV'nin, bütçe kısıtı altında S_1 seçeneğini en küçük maliyetli olması sebebiyle S_2 ve S_3 seçeneklerine yeğ tutacaktır.

Tablo-1: Tek Kriterli Karar Matrisi

Seçenekler	Kriter
	K_1 : Maliyet
S_1 : Tren	28 TL
S_2 : Otobüs	30 TL
S_3 : Uçak	94 TL

Tablo-1'de gösterilen tek kriterli karar matrisine “seyahat süresi” kriteri eklenerek aşağıda gösterilen çok kriterli karar matrisi oluşturulmuştur (Tablo-2).

Tablo-2: Çok Kriterli Karar Matrisi

Seçenekler	Kriterler	
	K_1 : Maliyet	K_2 : Seyahat Süresi
S_1 : Tren	28 TL	8 saat
S_2 : Otobüs	30 TL	6 saat
S_3 : Uçak	94 TL	1 saat

KV'nin karşı karşıya kalmış olduğu mesele basit gibi görünse de sorun (daha kısa sürede B şehrine ulaşmanın KV'ye daha yüksek bir fayda sağladığı varsayımı altında) seyahat süreleriyle maliyetler arasında denge

kurmada yer almaktadır. KV, belli bir miktar paraya ne kadar zaman satın alabileceği gibi bir soruya bu durumda yanıt veremeyeceği için seyahat süresi ve maliyetin birbirleriyle kıyaslanamaz birimler olduğu ortaya çıkmaktadır.

Yukarıdaki örnekte hiçbir seçenek bir diğerine her iki kriter bazında üstün gelememektedir. Bu durum mevcut örnek açısından ele alınacak olursak S_1 seçeneği daha ucuz olmasına rağmen seyahat süresi diğerlerine göre daha uzundur. Çok Kriterli Karar Vermenin (ÇKKV) KV açısından buradaki önemi aralarında rekabet bulunan birden çok kriteri dengeleyecek yöntemleri sağlamasında yer almaktadır (Belton ve Stewart, 2003:5).

b. Çok Kriterli Karar Verme Adımları

ÇKKV süreçlerinin genel amacı yapılandırılmamış ferdi kararlardan veya grup kararlarından doğan sınırlamaların üstesinden gelmek için sistematik analiz kullanarak birden çok kritere dayanan alternatifleri değerlendirmeye tabi tutmak ve alternatifler arasından seçim yapmaktır (Linkov ve diğerleri, 2006'dan aktaran Milz, 2008). Ancak farklı teorik temellerden türetilerek geliştirilmiş çok fazla sayıda ÇKKV yöntemi olmasına rağmen araştırmacıların yöntemlerini yapısal olarak dayandırdığı genelleyici ÇKKV süreçlerinin sayısı çok da fazla değildir. Linkov ve diğerleri (2007) genelleyici ÇKKV sürecini dört adımda tanımlarken Scott (2005) üç, Keeney ve Raifa (1976) ile Belton ve Stewart (2003) beş, Duckstein ve Opricovic (1980) ile Saaty (2006) altı, Hyde ve diğerleri (2004) on adımda tanımlamıştır. Bahsi geçen araştırmacılardan Linkov ve diğerleri (2007), Duckstein ve Opricovic (1980) ile Hyde ve diğerleri (2004) geliştirdikleri genelleyici ÇKKV süreçlerinde temel terimler olan kriter ve alternatifi açık olarak belirtirken Keeney ve Raifa (1976), Belton ve Stewart (2003) ile Saaty'de (2006) açıkça belirtilmemiştir. Seçilmiş olan ÇKKV yönteminin sonuç olarak önerdiği uygun/tercih edilen alternatifin KV(ler) tarafından kabul edilmemesi durumunda tüm ÇKKV sürecinin baştan uygulanmasını ise

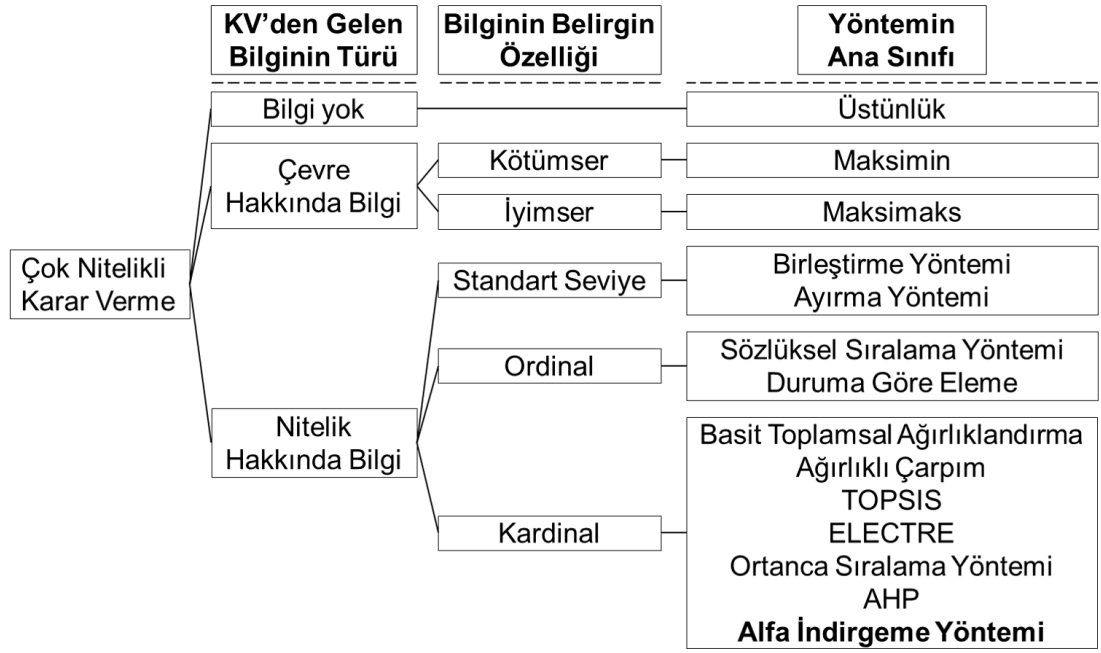
Duckstein ve Opricovic (1980) belirtilmiş olup kendilerine ait genelleyici ÇKKV sürecini aşağıdaki gibi önermişlerdir:

1. Hedef(ler)e ulaşmak için alternatif sistemler geliştirmek/tasarlamak (alternatif üretimi)
2. Sistem yeteneklerini hedef(ler)le ilişkilendiren sistem değerlendirme kriterlerini saptamak
3. Ölçütler açısından alternatifleri değerlendirmek (tüm kriterlerin değerlerini belirleme)
4. Normatif çok kriterli bir analiz yöntemini uygulamak (örneğin, uzlaşma sıralaması gibi)
5. Bir alternatifi en uygun/tercih edilen olarak kabul etmek
6. Eğer nihai çözüm kabul edilmezse yeniden bilgi toplamak ve ÇKKV adımlarını baştan uygulamak.

c. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri için Sınıflandırma

ÇKKV yöntemlerini daha iyi anlayabilmek için bu yöntemlerin sınıflandırmasına bakmak yararlı olacaktır. ÇKKV yöntemleri eldeki bilginin kesinlik/belirsizlik durumuna göre deterministik, stokastik ve bulanık olarak üç grupta sınıflandırılabilir (Schneider, 2008) gibi KV'nin karşı karşıya kaldığı alternatiflerin/çözüm kümesinin sonlu sayıda olup olmaması durumuna göre de sınıflandırılabilir. Sonlu sayıda alternatif içeren karar verme problemleri için Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKKV) ve sonsuz sayıda alternatif içeren karar verme problemleri için Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) olmak üzere iki grupta sınıflanmıştır (Yoon ve Hwang, 1995:2).

Bu doktora tez çalışmasında bulanık hali geliştirilmiş olan Alfa İndirgeme Yöntemi (AİY), Yoon ve Hwang'ın taksonomisine göre ÇNKKV altında yer almakta olup ilgili yönteme ait ayrıntılı sınıflandırma aşağıda gösterilmiştir (Şekil-1).



Şekil-1: ÇNKV Yöntemlerinin Sınıflandırılması

2. BULANIK KÜME TEORİSİ

a. Klasik Küme ve Belirsizlik Kavramlarına Genel Bir Bakış

Bulanık küme teorisi ve bu teoriyle ilişkili bulanık mantık teorisi geliştirilmeden önce matematiksel anlamda klasik küme ve klasik mantığın geçerliliği söz konusuydu. Cantor (1895), klasik küme teorisinin temellerini atarken klasik anlamdaki kümeyi şöyle tanımlamaktaydı:

“[...] küme [...], algımızın ve düşüncemizin belirgin ve iyi ayrıksanmış nesnelerininin (ki bu nesnelere kümenin elemanları denir) bir bütünde toplanması[dır].”

Bu tanımdaki “nesne”nin soyut ya da somut olsun iyi tanımlanmış ve diğer nesnelerden ayırt edilebilir olması gerekmektedir. Buna bağlı olarak nesneler (kümenin elemanları) karakteristik değer olarak ya kümenin içindedir ya da değildir. Klasik küme teorisine göre, kime “yetişkin” deneceği belirsiz olduğu için “yetişkinler kümesi” diye bir küme olamaz, zira yetişkinlik

kavramı kültürden kültüre ve hatta insandan insana değiştiğinden bu kavramı tanımlayan kesin ve sınırları belli bir kıstas bulunmamaktadır. Ancak, “18 yaşından gün almış kişiler kümesi” şeklinde ifade edilen bir küme geçerlidir çünkü kapsamı belli ve kümeyi oluşturan kıstas nesnel bir niteliktedir. Klasik mantık açısından konuya değinmek gerekirse  n rmelerin sadece ‘doğru’ ya da ‘yanlış’ doğruluk değerleri vardır. Bu sebeple, belirsizlik klasik anlamda kapsam d hilinde değildir.

Heisenberg (1927), bir parçacığın hem konumunun hem momentinin aynı belirginlikte ölçülemeyeceği, konumu biliniyorsa momentinin, momenti biliniyorsa konumunun tam olarak bilinemeyeceği şeklinde özetlenebilecek Belirsizlik İlkesini ileri sürdü. Parçacık seviyesinde tanımlanan belirsizlik daha sonraları genelleştirilerek çok değerli mantık sistemlerinin ortaya çıkışına zemin hazırlandı. Bu gelişmeyle klasik mantıktaki  n rmelere ‘doğru’ ya da ‘yanlış’ doğruluk değer ataması haricinde bir de “belirlenemezlik”in derecelendirildiği bir üçüncü doğruluk değerinin atanabilmesi sağlandı.

Łukasiewicz (1930) ile Black’in (1937)  nc l k edip katkıda bulunduğu çok/sürekli değerli mantık, eř anlı olarak Azeri asıllı Amerikalı bilim adamı Zadeh (1965a, 1965b) ve Alman Klaua (1965) tarafından klasik küme teorisinin bir genişletmesi olan bulanık küme teorisiyle yeni bir aşamaya ulaştı. Zadeh’in bulanık küme olarak adlandırdığı kavramı Klaua, farklı bir terminoloji kullanarak “ok değerli küme” olarak ifade etmiştir.

b. Bulanık Küme Teorisinde Temel Kavramlar ve Cebirsel İşlemler

Dereceli yapılar teorisi olarak da adlandırılan bulanık küme teorisi iki temel kabule dayanmaktadır: (i) Gerçek dünyada durumlar ya belirgin değildir ya da tam olarak ifade edilemezler; ve (ii) Tam tanımlar verilerin çok detaylı incelenmesine bağlıdır. Bu kabuller ışığında bulanık kavramlar belirginlikten yoksun, sınamanın ve gerçekte  l mlenebilecek düzeyde bir tanım getirmenin zor olduğu kavramlardır (Markusen, 2003).

Bulanık küme, klasik kümeden farklı olarak küme elemanlarının aidiyetinin $[0,1]$ kapalı aralığında belirlendiği kümedir. Tanım itibarıyla, boş küme olmamak kaydıyla X evrensel kümeysen $A \subset X$ 'in üyelik fonksiyonu μ_A ile belirtilir. $\mu_A : X \rightarrow [0, 1]$ şeklinde tanımlı ve $[0,1]$ kapalı aralığındaki değerler üyelik derecesini vermektedir.

Bunun haricinde bulanık küme teorisini klasik küme teorisinden ayıran en önemli özellik sayısal değişkenler yerine sözel değişkenlerin kullanımıdır. Bir sözel değişken $(x, T(x), U, G, \dot{M})$ şeklindeki beşli yapıyla tanımlanmıştır. Burada,

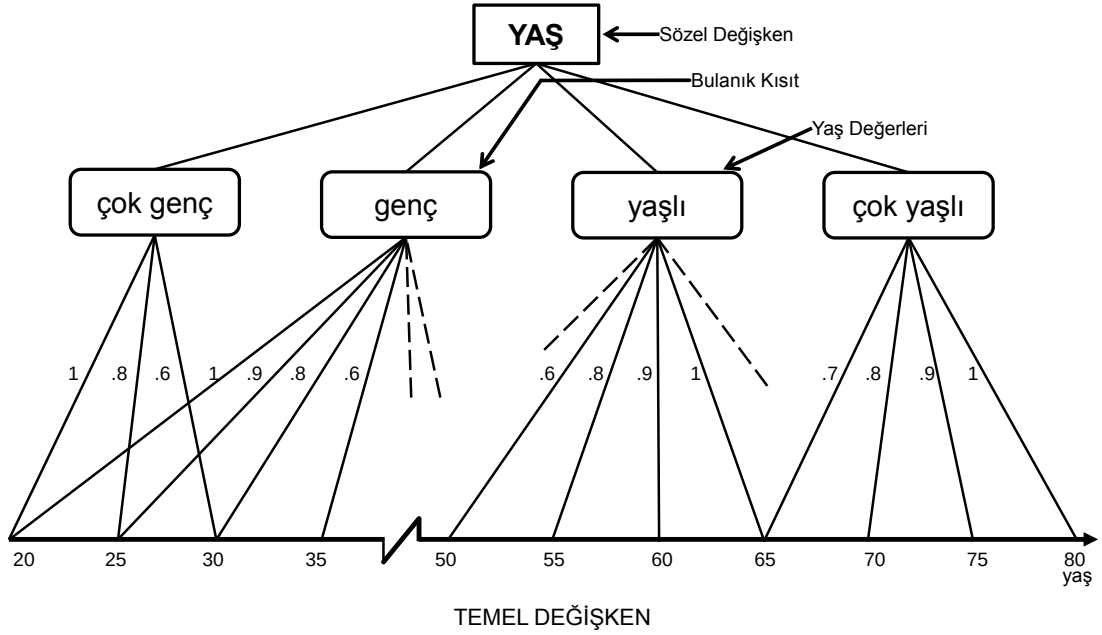
- x , herhangi bir değişken;
- $T(x)$, x 'in adlarının kümesini;
- U , x 'in yer aldığı evrensel kümeyi;
- $G, T(x)$ içindeki terimleri üreten, genellikle dilbilgisel şekli olan sözdizimsel kuralı;
- $\dot{M}(x)$, x 'in kendi değerini anlamı ile birleştiren semantik kuralı belirtmektedir.

Örnek (Zadeh, 1971): $x, U = [0, 100]$ evrensel kümesinde “yaş” olarak adlandırılmış bir sözel değişken olsun. U temel değişkeni insan hayatındaki yıl cinsinden yaşı burada temsil etmekteyken x 'e bağlı terimler – ki bunlar da bulanık kümelerdir – “genç”, “yaşlı”, “çok yaşlı”, vb. şeklinde ifadelendirilmiş olsun. $\dot{M}(x)$, bu terimlere anlam atayan bir kural olduğundan $\dot{M}(\text{yaşlı})$ şöyle yazılır: $\dot{M}(\text{yaşlı}) = \{(u, \mu_{\text{yaşlı}}(u)) \mid u \in [0, 100]\}$ ki burada

$$\mu_{\text{yaşlı}}(u) = \begin{cases} 0 & u \in [0, 50] \\ \left(1 + \left(\frac{u-50}{5}\right)^{-2}\right)^{-1} & u \in [50, 100] \end{cases}$$

$T(x)$, x değişkenine bağlı terim kümesini tanımlar. Bu örnek için, $T(\text{yaş}) = \{\text{yaşlı}, \text{çok yaşlı}, \text{o kadar yaşlı değil}, \text{aşağı yukarı genç}, \text{oldukça genç}, \text{çok genç}\}$ şeklindedir. $G(x)$ de terim kümesindeki terimlerin

adlandırmalarını türeten bir kuraldır. Bu ilişkilerin hiyerarşik yapısı aşağıda gösterilmiştir (Şekil-2).



Şekil-2: “Yaş” Sözel Değişkeninin Hiyerarşik Yapısı

Güven aralığı fikrinin genişletmesini temsil eden bulanık sayılar, reel sayıların bulanık bir altkümesidir. Dubois ve Prade’nin (1978) tanımlamasına göre, $\tilde{A}$ bulanık sayısı bir bulanık kümeye ait olup üyelik fonksiyonu, x kriteri temsil ederken, $\mu_{\tilde{A}}(x):R \rightarrow [0, 1]$ ($0 \leq \mu_{\tilde{A}}(x) \leq 1$, $x \in X$) şeklinde ifade edilir ve aşağıdaki özelliklerle belirtilir:

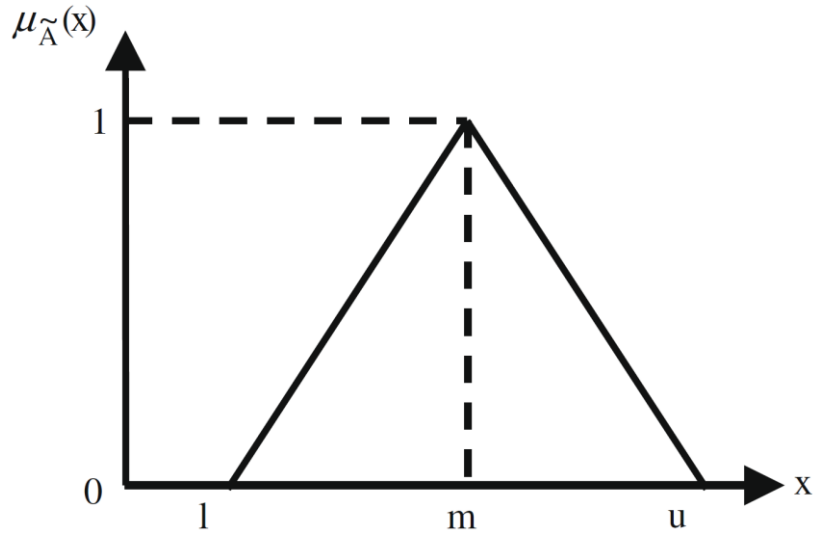
1. $\mu_{\tilde{A}}(x)$, reel sayılar kümesinden $[0, 1]$ kapalı aralığına bir sürekli eşleme fonksiyondur.
2. $\mu_{\tilde{A}}(x)$, **konveks** bir bulanık altkümedir. Bu durumda, x ’in artan değerleri için üyelik değeri monoton artan/azalan ya da önce monoton artıp sonra monoton azalandır.
3. $\mu_{\tilde{A}}(x)$, bir bulanık altkümenin **normalize** halidir. Bu durumda, en az bir eleman için üyelik değerinin 1 olması yeterlidir.

ÇKKV problemlerinde sıkça kullanılan bulanık sayı türlerinden biri olan üçgen bulanık sayılar (ÜBS), adından da anlaşılacağı üzere, (l, m, u)

olarak üç değerle gösterilmektedir. Burada l , alt sınır; m , mod (ya da en olası değer); ve u da üst sınır anlamına gelmektedir. ÜBS'ye ait üyelik fonksiyonu matematiksel olarak

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} (x - l) / (m - l) & \text{eğer } l \leq x \leq m, \\ (u - x) / (u - m) & \text{eğer } m \leq x \leq u, \\ 0 & \text{diğer hallerde} \end{cases}$$

şeklinde ifade edilir. ÜBS üyelik fonksiyonu grafiksel gösterimi aşağıdaki gibidir (Şekil-3).



Şekil-3: ÜBS'ye Ait Üyelik Fonksiyonu

ÜBS'nin özelliklerine ve Zadeh (1975) tarafından önerilen genişletme tanımlarına bağlı olarak, $\tilde{A}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{A}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ şeklinde verilmiş iki ÜBS ve de r herhangi bir pozitif reel sayı olmak üzere $\tilde{A}_1$ ve $\tilde{A}_2$ üzerindeki cebirsel işlemler şöyle ifade edilebilir (Chen ve Hwang, 1992):

- Toplama ($\oplus$): $\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$
- Çıkarma ($\ominus$): $\tilde{A}_1 \ominus \tilde{A}_2 = (l_1 - u_2, m_1 - m_2, u_1 - l_2)$ $l_i, m_i, u_i > 0$
- Çarpma ($\otimes$): $\tilde{A}_1 \otimes \tilde{A}_2 = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2)$
- ÜBS'nin r reel sayısı ile çarpımı: $r \otimes \tilde{A}_1 = (r l_1, r m_1, r u_1)$ $r, l_i, m_i, u_i > 0$

- Bölme ($\oslash$): $\tilde{A}_1 \oslash \tilde{A}_2 = (l_1 / u_2, m_1 / m_2, u_1 / l_2)$
- Tersini Alma: $\tilde{A}_1^{-1} = (1 / u_1, 1 / m_1, 1 / l_1)$ $l_i, m_i, u_i > 0$

3. ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ

a. Analitik Hiyerarşi Sürecinin Esinlendiği Çalışmalar

ÇKKV yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), hiyerarşik olarak yapılandırılmış bir sistemdeki birden fazla niteliğe dayanan öznel karar verme sürecini modellemek için geliştirmiştir (Saaty, 1972, 1977, 1980). AHP'nin geliştirilmesinde esinlenen bilimsel keşifler 1860'lara kadar dayandırılmış (Ishizaka ve Labib, 2011) olup bunların bir özeti aşağıda verilmiştir.

Doğrudan ağırlık ataması yerine, AHP'nin esasını oluşturan ve psikologlarca eşli kıyaslar olarak adlandırılan, ikili karşılaştırmaların Yokoyama (1921) ve Thurstone'nin (1927) çalışmalarından itibaren psikolojide kullanılmakta olduğu görülmektedir. AHP'nin ana özelliği olan kriterlerin hiyerarşik bir yapıda ifade edilmesi ilk olarak Miller'in (1966) doktora tezinde önerilmiş ve ilgili uygulamalara Miller'in (1969, 1970) çalışmalarında yer verilmiştir. Lineer 1-9 ölçeği, psikolojik gözlemlere dayanmakta olup (Fechner, 1860 ve Stevens, 1957) her bir seviyedeki öğelerin sayısı Miller'in (1956) 7 ± 2 öge tavsiyesinden esinlenilmiştir.

b. Analitik Hiyerarşi Sürecinin Ele Aldığı Karar Problemleri ve Hiyerarşi

AHP, karmaşık olmayan karar verme problemleri üzerinde çalışan bireyler tarafından kullanılabileceği gibi en yararlı olduğu kullanım alanı alınacak kararların uzun vadeli etkilerinin olduğu, insan algı ve yargılarını içeren, özellikle de yüksek getirisi bulunan karmaşık grup karar verme problemleridir (Bhushan ve Kanwal, 2004).

AHP'nin uygulanabileceği karar durumları arasında şunlar yer alır (Forman ve Saul, 2001):

1. Tercih etme: Genellikle birden fazla kriterin dâhil olduğu karar problemlerinde alternatifler kümesinden bir alternatifin seçimi.
2. Sıralama: Bir alternatifler kümesini en çok istenenden en az istenene olacak şekilde sıraya koyma.
3. Önceliklendirme: Bir alternatifler kümesinden sadece tek bir alternatifi seçme ya da sadece onları sıralama yerine kümedeki alternatiflerin göreceli liyakatlerini belirleme.
4. Kaynak tahsisi: Alternatifler arasında kaynakların dağıtımının sağlanması.
5. Karşılaştırmalı değerlendirme: Bir organizasyondaki süreçlerin sektörde türünün en iyisi olan diğer organizasyonların süreçleriyle kıyaslanması.
6. Kalite yönetimi: Kalite iyileştirme ve kalitenin çok boyutlu yönleriyle ilgilenme.
7. Uyuşmazlıkların çözümü: Birbiriyle görünürde uyuşmayan hedefleri ve pozisyonları olan taraflar arasındaki çekişmelerin halledilmesi.

AHP, tüm karar verme problemlerini hiyerarşik bir yapı içerisinde ele alır. Hiyerarşi, üst bileşen hariç diğer her bir bileşenin bir ya da daha fazla bileşenin alt seviyesinde bulunduğu karar problemine konu olan öğeleri sıralayan ve düzenleyen katmanlı bir sistemdir (Saaty, 2009). Bu yolla, karar verme sürecine katılanların hiyerarşiyi oluştururken karar problemini, bağlamını ve grup içerisinde yer alan diğer katılımcıların düşünce ve duygularını anlamaları arttırılmış olur (Saaty, 2008).

c. Analitik Hiyerarşi Süreci Metodolojisi ve Uygulanan Matematiksel İşlemler

AHP metodolojisindeki beş adım şöyle özetlenebilir (Saaty, 2008):

1. Karar hedefini, hedefe ulaşmaktaki alternatifleri ve alternatifleri değerlendirmedeki kriterleri içerecek bir hiyerarşi şeklinde problemi modelle.

2. İkili karşılaştırmalara dayanan bir yargılar dizisi oluşturarak hiyerarşinin ögeleri arasındaki öncelikleri kur.

3. Bu yargıları hiyerarşi için genel önceliklerin bir kümesini oluşturacak şekilde sentezle.

4. Bu yargıların tutarlılığını kontrol et.

5. Bu sürecin sonuçlarına dayanarak nihai bir karara ulaş.

Saaty (1977), kriter ve alternatifler arasında ikili karşılaştırmaların sayısal olarak ortaya konması için lineer 1-9 ölçeğini önermiştir (Tablo-3). Saaty'nin lineer ölçeğine alternatif olarak Harker ve Vargas (1987) üslü ölçek ile karekök ölçek; Lootsma (1989) geometrik ölçek; Ma ve Zheng (1991) ters lineer ölçek; Donegan, Dodd ve McMaster (1992) asimptotik ölçek; Salo ve Hämäläinen (1997) dengeli ölçek; Ji ve Jiang (2003) sözel ve geometrik karma ölçek; Saaty ve Özdemir (2003) ile Millet ve Schoner (2005) negatif değerlerin de bulunabildiği ölçek; ve Ishizaka, Balkenborg ve Kaplan (2010) logaritmik ölçek kullanarak kriter/alternatiflerin ikili karşılaştırmalarını yapmışlardır. Tüm bu önerilen ölçekler içerisinde Saaty'nin (1977) önerdiği lineer ölçek uygulamada en fazla kullanılagelen ölçek olmuştur.

Tablo-3: İkili Karşılaştırma için Lineer Derecelendirme Ölçeği (Saaty, 1980)

Önem Değerleri	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki bileşen de amaca eşit derecede katkıda bulunmakta.
3	Bir miktar önemli	Deneyim ve yargı bir bileşeni ötekine kısmen yeğ tutturmakta.
5	Çok daha önemli	Deneyim ve yargı bir bileşeni ötekine güçlü bir derecede yeğ tutturmakta.
7	Çok daha fazla önemli	Deneyim ve yargı bir bileşeni ötekine çok güçlü bir derecede yeğ tutturmakta. Önemi pratikte de kanıtlıdır.
9	Mutlak derecede önemli	Bir bileşeni ötekine yeğ tutturana kanıt olabilecek en yüksek geçerliliktedir.
2, 4, 6, 8	Ara önem değerleri	Uzlaşa gerektiğinde kullanılır.

Hiyerarşik yapıdaki bileşenlere ölçek değer atamaları gerçekleşip $n \times n$ boyutundaki ikili karşılaştırma matrisleri hazırlandıktan sonra AHP'nin uygulanmasında şu matematiksel işlemlerle devam edilmektedir (Kamal ve Subhi, 2001'den aktaran Özyörük ve Özcan, 2005):

- İkili karşılaştırma matrisinde her sütun için, sütun toplamalarının alınması ve matristeki elemanların ilgili sütun toplamına bölünerek matrisin normalleştirilmesi.

- Normalleştirilmiş matriste her alternatif ya da kriter için oluşmuş satır toplamalarının alınması. (Bu aşamada hesaplanan değerler kriterler ya da seçenekler için öncelik değerleridir ve bu değerlerin oluşturduğu matris ise öncelik vektör matrisidir.)

- Öncelik vektörü ile oluşturulan öncelik matrisindeki, her kriter ya da seçenek için elde edilmiş olan öncelik değerlerinin, o kriter ya da seçeneğe ait ikili karşılaştırma matrisinde bulunan sütundaki tüm elemanlarla çarpılması. (Bu aşamada hesaplanan değerlerle oluşturulan matris ağırlıklandırılmış toplam matristir.)

- Ağırlıklandırılmış toplam matristeki satır toplam değerlerinin, öncelik matrisi satır değerlerine bölünmesi ve oluşan $(n \times 1)$ boyutundaki son matristeki değerlerin aritmetik ortalamasının alınmasıyla $\lambda_{\max}$ değerinin hesaplanması.

- Tutarlılık endeksi (CI)'nin hesaplanması: $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$

- Tablo-4 ve CI'nın kullanılması ile tutarlılık oranı (CR)'nin hesaplanması: $CR = CI / RI$ (RI: Ortalama Rassal Tutarlılık). AHP'de tutarlılık oranı 0.10 değerinden küçük çıkmalıdır. Bulunan bu değer 0.10'dan büyük ise ikili karşılaştırma matrisi incelenmeli ve yapılacak düzenlemenin ardından adımlar tekrar edilmelidir.

- Kriterler bazında hesaplanan alternatif öncelikleri ile, kriterlerin kendi aralarında ikili karşılaştırılmaları sonucu elde edilen kriter önceliklerinin her alternatif için çarpılması ile ulaşılmak istenen son öncelik değerinin hesaplanması.

Tablo-4: Ortalama Rassal Tutarlılık Endeksi (RI) Değerleri (Saaty, 2006)

N	1	2	3	4	5	6	7	8
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41
N	9	10	11	12	13	14	15	
RI	1.45	1.49	1.51	1.54	1.56	1.57	1.58	

Smarandache'nin (2010) de belirttiği üzere eğer $\lambda_{\max}$ kare matrisin boyutuna eşitse bu durumda karar verme problemi tutarlıdır ve ilgili normalleştirilmiş öz vektör (Perron-Frobenius vektörü) öncelik vektörüdür.

Eğer $\lambda_{\max}$ kare matrisin boyutundan daha büyük çıkarsa bu durumda karar verme problemi tutarlı değildir. Bu aşamada, matrisin karesi alınır ve elde edilen matrisin tekrar karesi alınarak A^2 , A^4 , A^8 , ... vb şeklindeki matris dizisi elde edilir. Her bir durumda, iki ardıl normalleştirilmiş öz vektörler arasındaki fark belirlenmiş eşik noktasından daha küçük oluncaya kadar maksimum öz değeri ve ilgili normalleştirilmiş öz vektörü hesaplanmaya devam eder. Belirlenmiş eşik noktasından küçük olan son öz vektör öncelik vektörü olacaktır.

ç. Analitik Hiyerarşi Sürecine Karşı Yöneltilen Eleştiriler

Farklı disiplinlerde AHP metodolojisiyle yapılmış çok fazla sayıdaki çalışmaya rağmen AHP'ye aynı zamanda farklı eleştiriler de yöneltilmiştir. Bu eleştiriler ilgili yöntemin eksikliklerini giderecek öneriler sunmaktan tamamen geçersiz bir yöntem olduğu iddiasını da içermeye kadar geniş bir yelpazeye yayılmış bulunmaktadır.

Hem nicel hem de nitel kriter ve alternatifleri aynı tercih ölçeğine dayanarak değerlendirmeye tabi tutmaya olanağı AHP'nin güçlü yanlarından biri olarak belirtilmiştir. Lakin ölçek içerisinde geçen sözel ifadelerin kullanılan

dilden kaynaklı olmak üzere muğlaklık içermesi eleştirilmiştir (Donegan, Dodd ve McMaster, 1992).

İkili karşılaştırmaların yapılabilmesi için AHP oran ölçeklerine gereksinim duymaktadır. Kullanılan ölçekte mutlak sıfırın yer almıyor oluşu da eleştiri noktalarından bir diğeridir (Dodd ve Donegan, 1995; Barzilai, 2005). Özellikle mutlak sıfırın ölçekte yer almaması sebebiyle tercihlerin oran ölçekleriyle temsil edilemeyeceği öne sürülmüştür (Barzilai, 2005). Saaty (2006), ağırlıklandırılmış toplama işleminde olduğu gibi şayet yapılan ölçümleme bütünleştirilmek isteniyorsa oran ölçeği kullanımının tek olası ölçüm tekniği olduğunu ifade etmiştir.

Saaty'nin (1977) lineer 1-9 ölçeğine alternatif olarak geliştirilen ölçeklerden Bölüm 1.3.c'de bahsedilmiştir. Lootsma (1989) önermiş olduğu geometrik ölçeğin lineer ölçeğe tercih edilebilir olduğunu öne sürerken Salo ve Hämäläinen (1997) lineer ölçek değerlerinin eşit bir biçimde dağılmayan yerel ağırlıkları sonuç olarak verdiğini, bunun da tercihen birbirine yakın olan öğelerin kıyaslanmasında duyarlılık eksikliğine neden olduğunu bildirmişlerdir. Donegan, Dodd ve McMaster (1992) lineer ölçekte sınırlama problemi (uç değer 9'dan fazla bir değer ikili karşılaştırmada ifade edilememesi) olduğu eleştirisini yaparak KVlerin ikili karşılaştırmalarda geçişli olmayan bağıntı/ilişki kurmaya zorlandıklarını belirtmişler ve asimptotik ölçeği önermişleridir. Lineer ölçekte negatif değerlerin olmamasına Saaty ve Özdemir (2003) ile Millet ve Schoner (2005) değinerek negatif değerleri de içerecek bir ölçek önerisinde bulunulmuştur.

Diğer yapılan eleştirilerden bir tanesi de sıra değiştirme sorunu ile ilgili olandır. Saaty (1977), çalışmasında kriter/alternatif önceliklerinin belirlenmesinde kullanılan öncelik vektörünü hesaplarken sağ özvektör yaklaşımını (bir kriterin/alternatifin değerine göre ne kadar iyi olduğu, en büyük vektör değerinin en iyiyi temsil ettiği durum) kullanmıştı. Johnson, Beine ve Wang (1979) ise öncelik vektörünün sol özvektör yaklaşımıyla (bir kriterin/alternatifin değerine göre ne kadar kötü olduğu, en küçük vektör

değerinin en iyi temsil ettiği durum) da hesaplanabileceğini ancak bu iki farklı yaklaşımla hesaplanan öncelik vektörünün birbirinden farklı sonuçlar doğurabileceğini (kriter/alternatiflerin sıralamasının seçilen yaklaşıma göre farklı çıkması) göstermişlerdir. Literatürdeki diğer çalışmalarda sıra değiştirme sorununun seçilen hesaplama yaklaşımının yanı sıra ana olarak beş farklı tipte ortaya çıkabileceği (Belton ve Gear, 1983; Triantaphyllou ve Mann, 1989; Triantaphyllou, 2001'den aktaran Wikipedia) ve dört tipinin AHP'nin yanı sıra TOPSIS, ELECTRE ve varyantı olan diğer ÇKKV yöntemlerini de etkilediği bulgusuna ulaşılmıştır (Triantaphyllou, 2000; Triantaphyllou, 2001; Wang ve Triantaphyllou, 2008'den aktaran Wikipedia).

Elde edilen sıralama sonuçlarının tutarlılığının kontrol edilmesi için Saaty (1977) tarafından geliştirilen tutarlılık endeksi ve tutarlılık oranına da eleştiriler yöneltilmiştir. Kwiesielewicz ve van Uden (2004) ile Bana e Costa ve Vansnick (2008) yöneltilmiş oldukları eleştirilerde tutarlılık endeksinin matrislerde birbiriyle çelişen ifadelerle izin verebildiği ifade edilirken Karapetrovic ve Rosenbloom (1999) tarafından yapılan eleştiride tutarlılık endeksinin makul matrisleri reddettiği durumların bulunduğu vurgulanmıştır. Bu eleştirilere ek olarak Harker (1987), Golden ve Wang (1989), Dodd, Donegan ve McMaster (1995), Monsuur (1996) ile Lamata ve Peláez (1998a, 1998b, 1999) %10 olarak belirlenmiş tutarlılık rasyosunun keyfi bir ölçüm değeri olduğunu ileri sürmüşlerdir. Tutarlılığın ölçümüne yönelik alternatifler de üretilmiş olup Peláez ve Lamata (2003) matris determinantını temel alan ve matris boyutunun bir fonksiyonu olan yeni bir tutarlılık endeksi geliştirmiştir. Smarandache (2010) ise matris boyutundan bağımsız olarak tutarlılığın sadece matris determinantının 0'a eşitlenmesiyle elde edilebileceğini ve determinantı 0 haricinde bir değer çıkan matrislerin zayıf tutarsız ve güçlü tutarsız olmak üzere sınıflandırılabilceğini belirtmiştir. İlgili matrisi tutarlılaştırmada kullanılan α katsayısının aynı zamanda o matrisin tutarlılık oranını da vereceğini söylemiştir. Tutarlılık endeksi için Ishizaka ve Labib (2011) daha güçlü bir eleştiri yaparak bir matrisin tutarsızlığını ilan edecek değer kesim kuralının ne olabileceğini, bu kuralın matris boyutuna dayandırılıp dayandırılmayacağını ve Saaty'nin (1977) lineer ölçeği

haricinde bir ölçek kullanıldığında tutarlılık tanımının nasıl uyarlanması gerektiğini sormuşlardır.

AHP'ye yöneltilen eleştirilerden en şiddetli olanını AHP'nin geçersiz bir metodoloji olduğunu belirterek Barzilai (2010) yapmıştır. Barzilai, Miller'in (1966, 1969, 1970) hem Karar Teorisine hem de AHP'ye olan katkılarına rağmen ilgili literatürde gerekli atıfların yapılmadığını ifade ederek Miller'in bir matematikçi olmadığını, AHP'nin de temelini oluşturan Miller'in metodolojisinde matematiksel hatalar bulunduğunu ve bunların AHP'de aynen tekrarlandığı için AHP'nin geçerli bir metodolojiye dayanmadığını yazmıştır. Devamla, yapılageldiği üzere AHP ölçek değerleri üzerinde toplama ve çarpma işlemlerinin uygulanamayacağına zira alternatiflerin mutlaka afin geometrisindeki düz bir çizginin üzerine karşılık gelmesi gerektiğini, afin düz bir çizgi üzerindeki noktaların oranı tanımsız olduğundan tercih oranlarının da tanımsız olacağını ifade etmiştir. AHP ölçeklerini oluşturmak için uygulanan geçersiz bu işlemlerin AHP'nin anlamsız sonuçlar üretmesine neden olduğunu belirterek AHP yöntemine şu eleştirileri de yöneltilmiştir: lineer tercih fonksiyonu katsayılarının göreceli önemi temsil eden ağırlıklara karşılık gelemeyeceği ve bu sebepten dolayı Miller'in kriter ağacını kullanarak ayrıştırılamayacağı, tercih ölçeklerinin oluşturulmasında özvektör yönteminin doğru yöntem olmadığı, lineer ölçek değerleri olan 1-9 sayılarının "sözel ölçek değerlerine" atanmasının keyfi yapıldığı ve "sözel ölçek değerleri" için herhangi bir temelin bulunmadığı.

d. Bulanık Analitik Hiyerarşi Sürecine Karşı Yöneltilen Eleştiriler

Bulanık AHP (FAHP)'ye yöneltilen eleştirilerin bir çoğu ilginçtir ki Saaty (2006) ile Saaty ve Tran (2007, 2010)'dan gelmektedir. Bu çalışmalarda, AHP'de kullanılan ölçeğin zaten bulanık bir yapıda olduğu, mevcut bu halin üzerine tekrar bir bulanıklık katmanının eklenmesinin gereksiz olduğu vurgulanmış ve sayısal örneklerle bulanık yaklaşımın AHP'ye özgün öz vektör yaklaşımından daha iyi sonuçlar üretmediği gösterilmiştir.

Bu çalışmalara ek olarak Wang ve diğlerleri (2008), Chang (1996) tarafından önerilen ÜBS'ye dayalı FAHP analiz yönteminin bazı kriter ve alternatifler için 0 ağırlığı ürettiğini sayısal örneklerle belirtmişlerdir. Dubois (2011) ile Ohnishi ve diğlerleri (2008) FAHP'de eşleniklik durumunun garanti edilemeyeceğini ve bulanık öz vektörlerin matematiksel açıdan tanımlanmasının zor olduğunu göstermişlerdir. Zhu (2012), ÜBS'ye dayalı FAHP'nin 2 x 2'lik bulanık ikili karşılaştırma matrislerinde ve bazı eksik bilgili matrislerde kullanılamayacağını ve işlemler sonunda elde edilen önceliklerin temel mantıksal ilkeleri ihlal ettiğinden yöntemin geçersiz olduğunu ifade etmiştir.

e. Bulanık Analitik Hiyerarşı Sürecinde Tutarlılık Üzerine Yapılan Çalışmalar

AHP'nin yaygın bir şekilde bir uygulama alanı bulmasıyla beraber ilgili yöntemin bulanık versiyonlarını araştırmacılar geliştirmeye başlamıştır. Ancak geliştirilen FAHP yöntemleri için tutarlılık rasyosu ve endeksi üzerine çalışmaların geçmişi ise çok da gerilere gitmemektedir.

FAHP'de tutarlılık konusu ilk defa Salo (1996) tarafından ele alınmıştır. Salo tutarlılığı bulanık oranların (üyelik dereceleri 1'e eşit değerler dizisi) ortalama değerleri cinsinden tanımlamıştır. İlgili çalışmada, ortalama değerler dizisi tarafından tanımlanmış olası alan içinde kalan belirgin göreceli ağırlıklar kümesi eğer mevcutsa bulanık matris tutarlı kabul edilmektedir. Salo, matrisin tutarlı olmadığı (belirgin ağırlıkların olmadığı) durumda, olası alanı genişleten ve aynı zamanda olası ağırlıkları garantileyen basit bir sezgisel yöntem önermiştir. Bu sezgisel yaklaşım, İslam ve diğlerleri (1997) tarafından özgün üyelik derecelerini önemli bir derecede bozacağından eleştirilmiş ve tutarsız bilginin halihazırda korunabileceğinden bunun alternatifleri sıralamada kullanılabileceği tespitinde bulunulmuştur.

Daha sonraki bir çalışmada Leung ve Cao (2000) göreceli ağırlıkların olası alanı çerçevesini benimsemiştir. Öncelikle bulanık oranların tolerans

sapmalarını içerecek bir olası bölgeyi oluşturarak bulanık tutarlılığı ilgili bölge içerisinde göreceli ağırlıkların var olması olarak tanımlamışlardır. Bu bulanık tanım tutarlılık testi için temel oluşturmakta, testi geçip de halihazırda tutarsız veri barındıran matrislerden tutarsız oranları filtrelemeyi sağlamaktadır. Genişletme ilkesini kullanarak filtrelenmiş bilgidен yerel bulanık ağırlıklar türetilmekte ve devamında evrensel bulanık ağırlıklara ulaşılmaktadır. Evrensel bulanık ağırlıklardan da maksimum-minimum küme dereceleme yöntemiyle belirgin sıralama bilgisi elde edilmektedir.

Wang ve Chen (2008), eksik bilgili bulanık AHP yönteminde bulanık sözel tercih ilişkileri (Fuzzy LinPreRA) yöntemini kullanarak toplamsal eşlenik özellik ve tutarlıkta ikili karşılaştırma matrisleri kurmuşlardır. Yazarlar, önerdikleri yöntemin n-1 adet ikili karşılaştırma bilgisinden yararlanarak tutarlı sıralamalar üretebildiğini öne sürmüşlerdir.

Yapılan son çalışmalardan birinde Bulut ve diğerleri (2012), Jenerik Bulanık AHP yöntemini geliştirerek uzman grubu için karar matrisi üzerinde standart bir tutarlılık kontrolü sağlamışlar ve Merkezi Tutarlılık İndeksini önerip gemi varlıklarının yönetimiyle ilgili bir karar problemine uygulamışlardır.

Yine aynı çalışmanın devamı niteliğinde olan Duru ve diğerlerinin (2012) yaptığı çalışmada Rejim Değiştiren Bulanık AHP yöntemi geliştirilmiş ve Bulut ve diğerleri (2012) tarafından önerilen Merkezi Tutarlılık İndeksi yardımıyla uzman tutarlılık seviyelerinin önceliklendirilmesi sağlanmıştır.

Ancak yukarıdaki çalışmalardan çok azı eksik bilgili bulanık AHP’de tutarlılığı çalışmış olup çarpımsal açıdan tutarlılık yerine toplamsal tutarlılığı araştırma konusu olarak işlemişlerdir. Ayrıca, Wang ve Chen’in (2008) çalışması grup yerine ferdi karar verme durumunu kapsamıştır.

4. BAZ REFERANS ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ

Bir KV'nin ilgili hiyerarşide bulunan sıralı öğeler (kriterler/alternatifler) için önem derecelerini her zaman için ifade edemeyeceği durumlar da vardır. Eksik bilgili bir ortamın olduğu bu tarz durumlarda KVler çok iyi bildikleri bir kriteri diğer kriterlerle karşılaştırmaya daha yatkındırlar. Hotman (2005), bu ilkeden yola çıkarak mühendislik süreç seçim problemleri için Baz Referans AHP (BR-AHP) Yöntemini geliştirmiştir.

BR-AHP'de basit olarak şu ilkeye dayanır: Bir KV üzerinde çok fazla bilgi sahibi olmadığı iki kriter/alternatif ve bilgi sahibi olduğu bir kriter/alternatifi içeren karar verme probleminde önem derecelerini atayabilmek için önce bilgi sahibi olmadığı ilk kriteri bilgi sahibi olduğu kriterle, müteakiben bilgi sahibi olmadığı ikinci kriteri bilgi sahibi olduğu kriterle karşılaştırarak ilk iki kriter için önem derecesi atamasını çıkarım yoluyla yapabilir. Bu yöntemle daha az karşılaştırmayla sadece bilinen bir kriter (baz referans) üzerinden önem derecesi atamaları da rahatlıkla yapılabilmektedir.

a. Baz Referans Analitik Hiyerarşi Süreci Algoritması

BR-AHP algoritması aşağıdaki şu dört adımdan oluşmaktadır (Hotman, 2005):

1. Karar verme problemini bir hiyerarşi olarak tasarla.
2. Kriterler arasındaki göreceli önem derecelerini ikili karşılaştırma yöntemiyle ata.
3. Baz alternatifi seç ve baz alternatife bağlı olarak diğer alternatiflere göreceli önem derecesi atamasını baz ikili karşılaştırma yöntemini kullanarak yap.
4. Adım 2 ve 3'te elde edilen sıralamaları bütünleştirerek her bir alternatif için sıralamayı belirle.

BR-AHP algoritması çoğu aşamada geleneksel AHP adımlarını takip etmesine karşın farklılığı baz ikili karşılaştırma yönteminin kullanıldığı Adım 3'ten gelmektedir. Geleneksel ikili karşılaştırma yönteminde n adet alternatif için $n(n-1)/2$ adet karşılaştırma neticesinde önem derecesi ataması yapılması gerekirken baz ikili karşılaştırma yönteminde sadece $n-1$ adet karşılaştırma yeterlidir.

m adet kriter ve n adet alternatifli bir karar probleminde AHP yönteminin her bir alternatif için $n(n-1)/2$ adet karşılaştırma yapması gerekmektedir. m adet kriter içinse $mn(n-1)/2$ adet karşılaştırma gerçekleştirilmelidir. Karar verme probleminin amacına ulaşabilmek için toplam ikili karşılaştırma bu durumda $m(m-1)/2$ adet olacaktır. Geleneksel AHP yönteminde ulaşacağımız nihai toplam ikili karşılaştırma sayısı ise $mn(n-1)/2 + m(m-1)/2 = m/2(n^2-n+m-1)$ 'dir.

BR-AHP'de ise her bir alternatif için sadece $n-1$ adet karşılaştırma, m adet kriter içinse $m(n-1)$ adet karşılaştırma yeterlidir. Karar probleminin amacına ulaşabilmek için yapılacak karşılaştırma $m(m-1)/2$ 'dir. BR-AHP'deki nihai toplam ikili karşılaştırma sayısı ise $m(n-1)/2 + m(m-1)/2 = m/2(2n + m - 3)$ 'dir. AHP ile BR-AHP arasındaki toplam ikili karşılaştırma sayısı arasındaki fark ise $m/2(n-1)(n-2)$ 'dir.

b. Baz İkili Karşılaştırma Yöntemi

İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması sırasında gerektiğinden daha fazla bilgi toplanır. Bir KV, n alternatifli bir karar verme probleminde ikili karşılaştırma matrisinin sağ üst tarafını doldurabilmek için uygun bir şekilde seçilmiş $n-1$ adet önem derecesi ataması yeterli olabilecekken $n(n-1)/2$ adet karşılaştırma yapması gerekmektedir. Yine de bu fazladan bilgi, baz ikili karşılaştırma matrisini düzenlemek için kullanılabilir. Kriterler ve alternatifler seviyesi arasındaki baz ikili karşılaştırma matrisi şöyle tanımlanabilir (Hotman, 2005):

$$B = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_k} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & & \frac{w_2}{w_k} & & \frac{w_2}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_2} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_k} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ \frac{w_k}{w_1} & \frac{w_k}{w_2} & \dots & \frac{w_k}{w_k} & \dots & \frac{w_k}{w_n} \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_k} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \\ \frac{w_n}{w_2} & \frac{w_n}{w_2} & & \frac{w_n}{w_k} & & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & b_{12} & \dots & b_{1k} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & 1 & \dots & b_{2k} & \dots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ b_{k1} & b_{k2} & \dots & 1 & \dots & b_{kn} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nk} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Burada; B, $(n \times n)$ boyutunda bir ikili karşılaştırma matrisini; k, baz satırını; w_k / w_j ise $(k, j \in 1, 2, \dots, n \text{ olmak üzere})$ k'nci alternatifin j'nci alternatife olan göreceli önemini belirtmektedir.

Bu durumda, KV'nin baz alternatifi belirlemesi ve sonrasında baz alternatifi diğer alternatiflerle (b_{kj}) karşılaştırması gerekmektedir. Bir ileriki aşamadaysa, baz ikili karşılaştırma matrisinin mevcuttaki temel öğelerinden elde edilen bilgiyle eksik değerlerin hesaplanması gelmektedir. Baz ikili karşılaştırma matrisinin temel öğelerinin değeri belli bir kritere kıyasla iki farklı alternatifin ağırlıkları arasındaki orandır. Örneğin; b_{kj} , ortak bir kritere kıyasla k'nci alternatifin ağırlığıyla (w_k) j'nci alternatifin ağırlığı $(w_j; j \in 1, \dots, n; j \neq k)$ arasındaki orandır: $b_{kj} = w_k / w_j$

Eksik olan öğelerin değerleri üzerinde herhangi bir varsayımda bulunmaya gerek duymaksızın temel öğelerden elde edilmiş bilgiyi kullanarak eksik öğelerin (b_{ij}) değerleri kolaylıkla hesaplanabilir. Örnek olarak (b_{ij}) 'ye ait bir değer belirtilmediğini ancak b_{ki} ve b_{kj} için değerlerin bulunduğunu varsayalım. O halde;

$$b_{ij} = w_i / w_j = \frac{w_k / w_j}{w_k / w_i} = \frac{b_{kj}}{b_{ki}} \quad (2)$$

Denklem (2)'yi kullanarak Denklem (3)'te gösterildiği gibi temel öğelerin eşlenikleri kolaylıkla hesaplanabilir:

$$b_{ik} = \frac{b_{kk}}{b_{ki}} = \frac{1}{b_{ki}} \quad (3)$$

Saaty'nin (1980) kullandığı 9'luk önem derecesi ölçeğiyle tutarlılığı sağlayabilmek için baz ikili karşılaştırma matrisindeki otomatik değer atamalarında düzeltme yapılması bir zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır. 9'dan daha yüksek bir değer atamasından kaçınmak için daha düşük değeri seçecek olan *min* operatörü kullanılırken 1/9'dan daha düşük bir değer atamasından kaçınmak için daha yüksek değeri seçecek olan *max* operatörü kullanılır. Düzeltilmiş baz ikili karşılaştırma matrisi bu durumda aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$B = [b_{ij}] \quad b_{ij} > 0, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

$$b_{ij} = \begin{cases} 1 & i = j \\ \min \left\{ 9, \frac{b_{kj}}{b_{ki}} \right\} & \frac{b_{kj}}{b_{ki}} > 1, i \neq j \\ \max \left\{ \frac{1}{9}, \frac{b_{kj}}{b_{ki}} \right\} & \frac{b_{kj}}{b_{ki}} < 1, i \neq j \end{cases}$$

c. Baz Referans Analitik Hiyerarşi Sürecine Dair Örnek Uygulama

BR-AHP için Hotman'ın (2005) örnek uygulaması seçilmiştir. Problem özet olarak bir KV'nin en iyi mikro enkapsülasyon yöntemini seçmesi üzerine odaklanmıştır. Mikroenkapsülasyon, aktif bir maddenin çevresinin bir veya daha fazla kaplama maddesi ile sarılıp kaplanmasını sağlayan bir teknolojidir ve günümüzde bu alanda patent kayıtları arasına girmiş 1000'den fazla teknik bulunmaktadır. Problemden KV'den 5 kritere kıyasla 6 mikroenkapsülasyon yöntem alternatifleri (*Spray Drying, Pan Coating, Air Suspension, Coacervation, Interfacial Polymerization, In Situ Polymerization*) arasından en iyisini seçmesi beklenmektedir. KV'nin baz referans olarak

“Coacervation” yöntemini belirlediği varsayımından yola çıkarak aşağıdaki 5 göreceli önem derecesi ataması yapılmıştır (Tablo-5).

Tablo-5: Baz Referans ve İlgili Alternatifler için Önem Derecesi Atamaları (Hotman, 2005)

Alternatifler	<i>Spray Drying</i>	<i>Pan Coating</i>	<i>Air Suspension</i>	Coacervation	<i>Interfacial Polymerization</i>	<i>In Situ Polymerization</i>
Coacervation	4	3	2	1	4	5

Bu aşamada, baz referanstan hareketle eksik bilgili diğer önem derecelerinin hesaplanmasına geçilir. Öncelikle, eşlenik önem dereceleri hesaplanabilir:

$$\begin{aligned}
 b_{41} &= 4 & b_{14} &= 1/4 = 0.25 & b_{42} &= 3 & b_{24} &= 1/3 = 0.33 \\
 b_{43} &= 2 & b_{34} &= 1/2 = 0.5 & b_{45} &= 4 & b_{54} &= 1/4 = 0.25 \\
 b_{46} &= 5 & b_{64} &= 1/5 = 0.2
 \end{aligned}$$

Bu değerlerden hareketle diğer eksik değerlerin hesaplanmasına geçilebilir. Örnek olarak b_{3j} değerlerinin hesaplanması aşağıda gösterilmiştir:

$$b_{31} = b_{41} / b_{43} = 4 / 2 = 2$$

$$b_{32} = b_{42} / b_{43} = 3 / 2 = 1.5 \approx 2 \text{ (Saaty 9'luk ölçeğinde böyle bir değer bulunmadığından yukarıya doğru yuvarlama yapılır.)}$$

$$b_{35} = b_{45} / b_{43} = 4 / 2 = 2$$

$$b_{36} = b_{46} / b_{43} = 5 / 2 = 2.5 \approx 3$$

Son durumda baz referans ikili karşılaştırma tablosu şöyle olacaktır (Tablo-6):

Tablo-6: Baz Referans İkili Karşılaştırma Tablosu (Hotman, 2005)

Alternatifler	<i>Spray Drying</i>	<i>Pan Coating</i>	<i>Air Suspension</i>	Coacervation	<i>Interfacial Polymerization</i>	<i>In Situ Polymerization</i>
<i>Spray Drying</i>	1	1	1/2	1/4	1	1
<i>Pan Coating</i>	1	1	1/2	1/3	1	2
<i>Air Suspension</i>	2	2	1	1/2	2	3
Coacervation	4	3	2	1	4	5
<i>Interfacial Polymerization</i>	1	1	1/2	1/4	1	1
<i>In Situ Polymerization</i>	1	1/2	1/3	1/5	1	1

Hotman (2005), Tablo-6 üzerinde uyguladığı AHP yöntemine göre şu ağırlık değerlerini elde etmiştir: Spray Drying (%10), Pan Coating (%12), Air Suspension (%21), Coacervation (%39), Interfacial Polymerization (%10), In Situ Polymerization (%8).

İKİNCİ BÖLÜM

ALFA İNDİRGEME YÖNTEMİ

1. DETERMİNİSTİK ALFA İNDİRGEME YÖNTEMİ

Smarandache (2010) tarafından deterministik hali geliştirilmiş olan AİY, Saaty'nin (1977) geliştirdiği AHP'ye hem bir alternatif hem de AHP'yi genişleten bir yöntemdir. AİY, AHP'de olduğu gibi, karar verme problemi için oluşturulan hiyerarşinin öğeleri arasındaki sadece ikili karşılaştırmalarla sınırlı kalmayıp aynı zamanda homojen lineer eşitlikler olarak ifade edilebilen herhangi n-li ($n \geq 2$ için) karşılaştırmayı da kapsar.

AİY'deki genel fikir; n-li karşılaştırmalardan sadece sıfır çözümü olacak şekilde ifade edilen eşitliklerin homojen lineer sistemini sıfırdan farklı çözümü olan bir sisteme dönüştürmek amacıyla katsayıları azaltan veya arttıran $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$ gibi sıfırdan farklı pozitif parametreleri her bir ifadenin sağ taraf katsayılarına atamaktır.

Bu sistemin genel çözümü bulunduktan sonra tüm α değerlerine belli değerler atamak için kullanılan ilkeler yöntemin ikinci önemli kısmıdır. Smarandache, α 'lara değer ataması için Adillik İlkesini önermektedir. Adillik İlkesi, özetle her bir katsayının aynı yüzdeyle indirgenerek katsayılar arasında adaletin gözetilmesidir.

İkili karşılaştırmalı tutarlı karar verme problemleri için Adillik İlkesiyle beraber kullanılan AİY, AHP ile aynı sonucu vermektedir. Ancak zayıf tutarsız karar verme problemlerinde anılan yöntem, AHP'den farklı bir sonuç çıkarmaktadır. Aynı zamanda bu yöntem, iki öğeli ve öğeler arasındaki öncelikleri belirten iki tercih ifadesinin bulunduğu güçlü tutarsız karar verme problemleri için doğruluğu ispat edilebilir bir sonuç verirken hiyerarşik öge ve tercih ifade sayısı ikiden fazla olan ÇKKV problemleri için Adillik İlkesinin

yerini tüm α parametrelerine sayısal değerler atayan başka bir ilkenin kullanılması gerektiği Smarandache (2010) tarafından ifade edilmiştir.

a. Alfa İndirgeme Yöntemi ve Analitik Hiyerarşi Süreci

Smarandache (2010), önermiş olduğu AİY ile AHP arasında bir karşılaştırma yapmış ve şu bulguları paylaşmıştır:

1. AİY'nin genel çözümü AHP'ninki de dâhil olmak üzere tüm çözümleri içerir.
2. AİY, sadece ikili karşılaştırmalarla sınırlı kalmayıp kriterler arasında tüm karşılaştırma türlerini kullanır.
3. AİY, belli şartlar altında eksik bilgili karar verme problemlerine de uygulanabilir.
4. Tutarlı problemler için AHP ve AİY/Adillik İlkesi aynı sonucu verir.
5. Büyük boyutlu karar verme problemleri için AİY'deki eşitlikler (bazı α parametrelerine bağlı olarak) bir matris formun altına konabilir ve sonra 0 olacak şekilde matrisin determinantı matematik yazılımlar kullanılarak bilgisayarda kolaylıkla hesaplanabilir.
6. AİY, homojen lineer eşitliklere veya lineer olmayan eşitliklere ve/veya eşitsizliklere dönüştürülebilen tüm tercih ifadelerinin bulunduğu karar verme problemleri için işe yarayabilir.

b. Lineer Karar Verme Problemlerinin Tutarlılığa Göre Sınıflandırması

Smarandache (2010), homojen lineer eşitlikler olarak ifade edilebilen karar verme problemlerini şu üç sınıfa ayırmıştır:

1. Hiyerarşiye ait öğeler x_i olarak belirtilmiş olsun. Bir x_i değişkeninin bir eşitlikten diğer bir eşitliğe herhangi bir ikamesiyle tüm eşitliklerle uyumlu bir sonuç alınıyorsa lineer karar verme problemi tutarlıdır.
2. Bir eşitlikten diğer bir eşitliğe bir x_i değişkeninin en az bir tane ikamesiyle aşağıdaki şekillerde gösterildiği gibi en az bir eşitlikle uyumsuz bir sonuç alınıyorsa lineer karar verme problemi zayıf tutarsızdır:

$$WD(1) \left\{ \begin{array}{l} x_i = k_1 \cdot x_j, k_1 > 1; \\ x_i = k_2 \cdot x_j, k_2 > 1, k_2 \neq k_1 \end{array} \right\}$$

veya

$$WD(2) \left\{ \begin{array}{l} x_i = k_1 \cdot x_j, 0 < k_1 < 1; \\ x_i = k_2 \cdot x_j, 0 < k_2 < 1, k_2 \neq k_1 \end{array} \right\}$$

veya

$$WD(3) \{x_i = k \cdot x_j, k \neq 1\}$$

Bir x değişkeninin y'den büyük olma (tercih edilebilirliği) ($x > y$) koşulu farklı oranlarla sağlanıyorsa (mesela, $x = 3y$ ve $x = 5y$), yukarıda WD'lerde belirtilen zayıf uyumsuzluklar ortaya çıkar. Bu durum için tüm uyumsuzlukların yukarıda belirtildiği gibi olması gerekir.

3. Eğer bir x_i değişkeninin bir eşitlikten diğer bir eşitliğe en az bir tane ikamesiyle aşağıda gösterildiği gibi en az bir eşitlikle uyumsuz bir sonuç alınıyorsa lineer karar verme problemi güçlü tutarsızdır:

$$0 < k_1 < 1 < k_2 \text{ veya } 0 < k_2 < 1 < k_1 \text{ iken}$$

$$SD(4) \left\{ \begin{array}{l} x_i = k_1 \cdot x_j; \\ x_i = k_2 \cdot x_j; \end{array} \right\}$$

Diğer bir deyişle bir eşitlikten $x_i < x_j$ elde edilirken diğer bir eşitlikten tam tersi bir eşitsizlik olan $x_j < x_i$ elde edilir. Güçlü tutarsızlık için (SD4) gibi en az bir tutarsızlığın var olması gerekir; bu durum için zayıf tutarsızlıkların olup olmaması önem taşımaz.

c. Alfa İndirgeme Yöntemi Uygulama Adımları

AIY, daha önce belirtildiği gibi, tutarsız bir karar verme problemindeki hiyerarşik öğeler için ifadelendirilen öncelik katsayılarını belli yüzdelere indirgeyerek tutarlı bir karar verme problemine dönüştürmektedir. AIY, bunu yapabilmek için şu adımları izler:

1. Hiyerarşik öğeler (kriterler ve alternatifler) kümesi, $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$, $n \geq 2$, elemanları arasındaki ilişkileri KV(ler)den önce kriterler sonra alternatifler için al ve tercih ifadeleri kümesini, $P = \{P_1, P_2, \dots, P_m\}$, $m \geq 1$, oluştur. Her bir P_i tercih ifadesi $C_1, C_2, \dots, C_n$ hiyerarşi öğelerinin

bir lineer homojen eşitliğidir: $P_i = f(C_1, C_2, \dots, C_n)$. Hiyerarşi öğelerinin ağırlığı içinse $m: C \rightarrow [0, 1]$ şeklinde bir temel kanı ataması oluşturulsun, öyle ki $m(C_i) = x_i$, $0 < x_i < 1$ ve $\sum_{i=1}^n m(C_i) = \sum_{i=1}^n x_i = 1$. Böylelikle, her hiyerarşi öğesinin kendi grubu içerisinde alacakları ağırlık toplamı 1 değerine eşitlenmektedir.

2. P tercih ifadeleri kümesiyle uyumlu tüm x_i değişkenlerini bulmamız gerekir. Bu suretle, eşlenik matrisi $A = (a_{ij})$, $1 \leq i \leq m$ ve $1 \leq j \leq n$ olan $m \times n$ boyutunda eşitliklerin homojen lineer sistemini elde ederiz. Bu sistemin sıfırdan farklı çözümlere sahip olması için A matrisinin mertebesi kesinlikle n 'den, diğer bir söyleyişle hiyerarşi öğelerinin sayısından, küçük olmalıdır.

3. A matrisinin determinantını, $\det(A)$, hesapla.

4. Eğer $\det(A) = 0$ ise karar problemi tutarlıdır zira eşitlikler sistemi bağımlıdır. Bu durumda, sistemi parametreleştirmek şart değildir. Parametreleştirme durumunda Adillik İlkesini (tüm α parametrelerinin birbirine eşitlenmesi) kullanılabilir: $\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_p > 0$. Parametreleri ve ikincil değişkenleri yerine koyarak sistemin çözümünü elde et. Bu çözümü (her bir bileşeni tüm bileşenlerin toplamına bölerek) normalleştir. Bunun sonucunda (bileşenlerinin toplamı 1 etmesi gereken) öncelik vektörünü elde et.

5. Eğer $\det(A) \neq 0$ ise karar problemi tutarsızdır zira homojen lineer sistemin sadece sıfır çözümü vardır. Tutarsızlığın türüne göre ya Adım 6'ya ya da Adım 7'ye git.

6. Eğer tutarsızlık zayıf düzeydeyse sağ taraf katsayılarını parametreleştirip sistem matrisini $A(\alpha)$ olarak belirt. Parametrik eşitliği elde edebilmek için $\det(A(\alpha)) = 0$ 'ı hesapla. Eğer Adillik İlkesi kullanılıyorsa tüm parametreleri birbirine eşitle ve $\alpha > 0$ için çöz. $A(\alpha)$ 'daki α 'yı değiştir ve elde edilen bağımlı homojen lineer sistemi çöz. Adım 4'tekine benzer şekilde her bir ikincil değişkeni 1 ile değiştir ve öncelik vektörünü elde edebilmek için ulaşılan çözümü normalleştir.

7. Eğer tutarsızlık güçlü düzeydeyse Adillik İlkesi istenildiği gibi işe yaramayabilir. Başka bir yaklaşımlı ilke tasarla ya da KV'den daha fazla bilgi edinerek karar verme probleminin güçlü düzeydeki tutarsızlıklarını tekrar gözden geçir. Adımları baştan uygula.

Tutarlı ve zayıf tutarsız karar verme problemlerinde Adillik İlkesi'nin kullanıldığı AİY'de genel çözüm sonucu elde edilen α değerine göre karar verme problemi için aşağıdaki tutarlılık ve tutarsızlık dereceleri söz konusudur:

a) Eğer $0 < \alpha < 1$ ise o zaman α , karar verme probleminin tutarlılık derecesidir ve $\beta = 1 - \alpha$ da karar verme probleminin tutarsızlık derecesini belirtir.

b) Eğer $\alpha > 1$ ise o zaman $1/\alpha$ karar verme probleminin tutarlılık derecesidir ve $\beta = 1 - 1/\alpha$ da karar verme probleminin tutarsızlık derecesini belirtir.

ç. Lineer Olmayan Karar Verme Problemleri için Genişletilmiş Alfa İndirgeme Yöntemi

Hiyerarşi öğeleri arasındaki öncelik ilişkilerinin lineer olmayan homojen (veya hatta homojen olmayan) eşitlikler şeklinde ortaya çıktığı durum için AİY'yi genelleştirmenin zor olmayacağı belirtilmiştir. (Smarandache, 2010). Tercihlerin bu lineer olmayan sistemi bağımlı olmak zorundadır (diğer bir ifadeyle çözümün – ana değişkenlerin – en az bir tane ikincil değişkene bağlı olması zorunludur). Eğer sistem bağımlı değilse aynı yolla parametreleştirilebilir. Üstelik bu lineer olmayan AİY'nin ikinci kısmında (sağlanacak ek bilgiye bağlı olarak) ikincil değerlerin her birine bazı değerler atanabilir; ancak tüm parametreler için sayısal değerlerin bulunabilmesine yardım edecek bir ilkenin de tasarlanmasına da gereksinim vardır. (Genel çözümden böylelikle türetilen) belirli bir sonuç elde edilir. Buradan normalleştirilen sonuç öncelik vektörünü verecektir. Ancak, Lineer Olmayan AİY daha karmaşıktır ve yapılandırılması her bir lineer olmayan karar verme problemine bağlıdır.

d. Alfa İndirgeme Yöntemiyle Sayısal Uygulamalar

Aşağıda AİY için sayısal uygulamalara yer verilmiştir. AİY kurgusal tutarlı ve zayıf tutarsız karar verme problemleri üzerine uygulanmıştır:

▪ *Tutarlı Karar Verme Problemlerinin AİY ile Çözümü:* Aşağıda verilen kurgusal tutarlı karar verme problemi için hem AİY hem de AHP uygulanmış ve her iki yöntemden de aynı sonuçla elde edildiği görülmüştür.

Üç kriterli, {C1, C2, C3}, bir karar verme problemi için KV'den kriterler arasındaki öncelik ilişkilerini belirten aşağıdaki tercih ifadeleri alınmış olsun:

- C1, C2'ye göre 4 kat önemlidir.
- C2, C3'e göre 2 kat önemlidir.
- C3, C1'e göre 1/8 kat önemlidir.

C1'in C2'ye göre 4 kat ve C2'nin de C3'e göre 2 kat önemli olması sebebiyle kriterler arasında mükemmel geçişgenlik sağlandığından C1'in de C3'e göre 8 kat önemli olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Kriterler arasındaki ilişkilerdeki geçişgenlik KV tarafından tam olarak yansıtıldığından bu karar problemi tutarlı bir karar problemidir.

Yukarıda belirtilen problemi öncelikle AİY ile çözelim:

$$m(C1) = x, m(C2) = y, m(C3) = z \text{ olsun.}$$

Problemin homojen lineer sistemi şöyledir:

$$x = 4y, y = 2z, z = x/8$$

Sadece sıfır çözümü olacak şekilde eşitlikleri ifade edersek:

$$x - 4y = 0 \quad y - 2z = 0 \quad z - x/8 = 0.$$

Bu sistemin eşlenik A_1 matrisi ise şöyledir:
$$\begin{pmatrix} 1 & -4 & 0 \\ 0 & 1 & -2 \\ -1/8 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

$\det(A_1) = 0$ olarak bulunduğundan karar verme problemi tutarlıdır.

Bu homojen lineer sistemi (z sabit iken $y = 2z$ ve $x = 4(2z) = 8z$ olarak bulunur) çözersek $[8z \ 2z \ z]$ vektörü olarak belirlediğimiz genel çözüme ulaşırız. z herhangi bir reel sayı olabilir ($x = 8z$ ile $y = 3z$ ana değişkenlerken z , ikincil bir değişken olarak kabul edilebilir). $z = 1$ yapılarak vektör değerleri olarak $[8 \ 2 \ 1]$ 'e ulaşırız ve sonrasında normalleştirerek (her bir vektör bileşenini $8 + 2 + 1 = 11$ 'e bölerek) öncelik vektörü $[8/11 \ 2/11 \ 1/11]$ 'i elde ederiz. Böylelikle, kriter ağırlıkları $[0.73 \ 0.18 \ 0.09]$ olacaktır.

Aynı problemi AHP ile çözelim. Kriterler için KV tarafından belirtilmiş önceliklere ait ikili karşılaştırma matrisi:

$$A_1 = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 8 \\ 1/4 & 1 & 2 \\ 1/8 & 1/2 & 1 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 4 & 8 \\ 0.25 & 1 & 2 \\ 0.125 & 0.5 & 1 \end{pmatrix} \text{ şeklinde de belirtilebilir.}$$

$$A_1 \text{ matrisimizin karesini alırsak: } A_1^2 = \begin{pmatrix} 3 & 12 & 24 \\ 0.75 & 3 & 6 \\ 0.375 & 1.5 & 3 \end{pmatrix}.$$

Bu matrise ait öz vektör:

$$\begin{pmatrix} 3 & 12 & 24 \\ 0.75 & 3 & 6 \\ 0.375 & 1.5 & 3 \end{pmatrix} \begin{matrix} = 3 + 12 + 24 = 39 \\ = 0.75 + 3 + 6 = 9.75 \\ = 0.375 + 1.5 + 3 = 4.875 \end{matrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 0.73 \\ 0.18 \\ 0.09 \end{pmatrix}$$
$$39 + 9.75 + 4.875 = 53.625$$

olarak kriter ağırlıkları belirlenmiş olur. Görüldüğü üzere tutarlı karar verme problemleri için hem AİY hem de AHP aynı sonucu vermektedir.

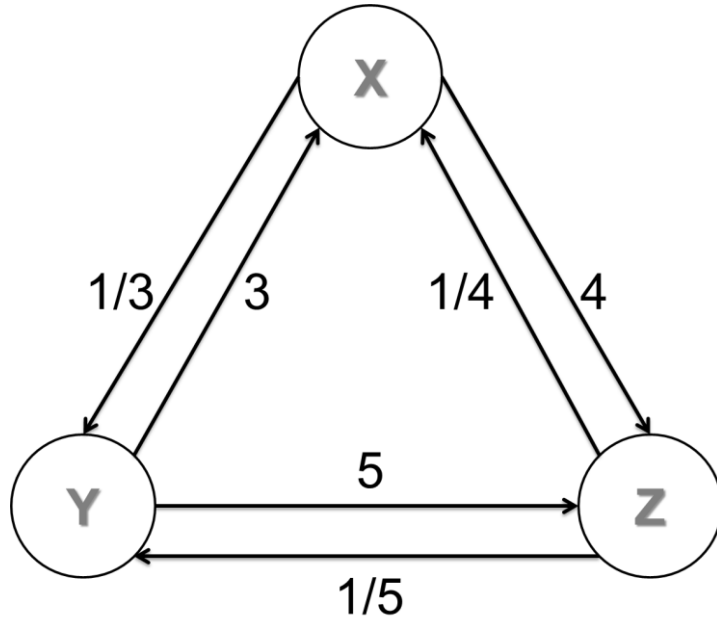
▪ *Zayıf Tutarsız Karar Verme Problemlerinin AİY ile Çözümü:*
Aşağıda verilen kurgusal zayıf tutarsız karar verme problemlerine AİY uygulanmış ve sonuçları gösterilmiştir.

Smarandache (2010), Dezert tarafından sağlanmış ikili karşılaştırmalı bir zayıf tutarsız karar verme problemine AİY uygulamıştır. Problem şöyledir:

Üç kriterli, (x, y, z), bir karar verme problemi için öncelikler şöyle belirtilmiş olsun:

- x, z'ye göre 4 kat önemlidir.
- y, x'e göre 3 kat önemlidir.
- y, z'ye göre 5 kat önemlidir.

Kriterler için KV tarafından belirtilmiş önceliklere ait ikili karşılaştırma şebeke gösterimi (Şekil 4) ve matris olarak aşağıda verilmiştir.



Şekil-4: Dezert'in Örnek Zayıf Tutarsız Karar Verme Probleminin Şebeke Gösterimi

$$A_1 = \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 4 \\ 3 & 1 & 5 \\ 1/4 & 1/5 & 1 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0.33 & 4 \\ 3 & 1 & 5 \\ 0.25 & 0.2 & 1 \end{pmatrix} \text{ şeklinde de belirtilebilir.}$$

AHP ile çözmeye çalışırsak temel öz vektörün, $\lambda_{\max}$, 3.08577 olarak elde edildiği görülecektir. Kriterlere atanan ağırlıklar [0.2797 0.6267 0.0936] olarak hesaplanır. Tutarlılık endeksi, $CI = 0.0429$, ve tutarlılık oranı,

CR = 0.074, olarak bulunur. CR, %10'dan küçük çıktığı için KV'nin öznel değerlendirmesinin AHP bazında tutarlı olduğu söylenebilir.

Aynı problemi AİY ile çözümünde öncelikle homojen lineer eşitlik sistemi kurulmalıdır:

$$x - 4z = 0 \quad y - 3x = 0 \quad y - 5z = 0 \text{ ya da } z - 1/5y = 0$$

Bu sistemin eşlenik A_1 matrisi ise şöyledir:
$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & -4 \\ -3 & 1 & 0 \\ 0 & -1/5 & 1 \end{pmatrix}$$

$\det(A_1) = -1.4 \neq 0$ olarak bulunduğundan karar verme problemi tutarlı değildir. Tutarlı olmayan karar verme problemleri için öncelikle katsayılar α parametrelerinin ($\alpha_i > 0$) atanması gerekmektedir:

$$x = 4\alpha_1 z \rightarrow x/z = 4\alpha_1 \quad y = 3\alpha_2 x \rightarrow y/x = 3\alpha_2 \quad y = 5\alpha_3 z \rightarrow y/z = 5\alpha_3$$

$\frac{x}{z} \cdot \frac{y}{x} = (4\alpha_1) \cdot (3\alpha_2) \Rightarrow \frac{y}{z} = 12\alpha_1\alpha_2$ eşitliğinin $\frac{y}{z} = 5\alpha_3$ ile tutarlı olması için $12\alpha_1\alpha_2 = 5\alpha_3$ eşitliğine ya da $2.4\alpha_1\alpha_2 = \alpha_3$ (parametrik eşitliğine) sahip olunmalıdır.

$$\begin{aligned} \frac{x}{z} &= 4\alpha_1 \Rightarrow x = 4\alpha_1 \cdot z \\ \text{Son haliyle } \frac{y}{x} &= 3\alpha_2 \Rightarrow y = 3\alpha_2 \cdot x & \text{ sistemi çözümlerse şu genel} \\ \frac{y}{z} &= 5\alpha_3 \Rightarrow y = 12\alpha_1\alpha_2 \cdot z \end{aligned}$$

çözümüne ulaşılır: $[4\alpha_1 z \quad 5(2.4\alpha_1\alpha_2)z \quad z]$ ya da $[4\alpha_1 z \quad 12\alpha_1\alpha_2 z \quad z]$.

Genel	normalleştirilmiş	öncelik	vektörü:
$\left[\frac{4\alpha_1}{4\alpha_1 + 12\alpha_1\alpha_2 + 1} \quad \frac{12\alpha_1\alpha_2}{4\alpha_1 + 12\alpha_1\alpha_2 + 1} \quad \frac{1}{4\alpha_1 + 12\alpha_1\alpha_2 + 1} \right]$		olarak	elde edilir.

Burada, $\alpha_1, \alpha_2 > 0$; ($\alpha_3 = 2.4\alpha_1\alpha_2$)'dir.

α parametrelerinin ($\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 > 0$) sayısal değerlerini bulmak için Adillik İlkesini kullanılarak tüm üç orantının aynı değerle indirgenmesi durumunda yukarıda parametrik eşitlik olarak belirttiğimiz eşitlik, $2.4\alpha_1^2 = \alpha_1$ veya $2.4\alpha_1^2 - \alpha_1 = 0$, $\alpha_1(2.4\alpha_1 - 1) = 0$ olur. Buradan $\alpha_1 = 0$ veya $\alpha_1 = \frac{1}{2.4} = \frac{5}{12}$. α değerleri 0'dan büyük olması gerektiğinden $\alpha_1 = 0$ reddedilir ve $\alpha_1 = 5/12$ olarak alınır. $0 < \alpha_1 < 1$ olduğundan sistemin tutarlılığı $\alpha = 5/12 = 0.4167$ ve sistemin tutarsızlığı $\beta = 1 - \alpha = 1 - 0.4167 = 0.5833$ 'tür. Sistem şu hale gelir:

$$\begin{aligned} \frac{x}{z} &= 4 \cdot \frac{5}{12} = \frac{20}{12} \\ \frac{y}{x} &= 3 \cdot \frac{5}{12} = \frac{15}{12} \\ \frac{y}{z} &= 5 \cdot \frac{5}{12} = \frac{25}{12} \end{aligned}$$

Dikkat edilirse $\frac{x}{z} \cdot \frac{y}{x} = \frac{20}{12} \cdot \frac{15}{12}$ veya $\frac{y}{z} = \frac{25}{12}$ olacağından tutarlılığın

sağlandığı görülecektir. Yukarıdaki eşitliklerimizden $x = \frac{20}{12}z$ ve $y = \frac{25}{12}z$

elde ederiz. Öncelik vektörü $\left[\frac{20}{12}z \quad \frac{25}{12}z \quad 1z \right]$ ve normalleştirilmiş hali

$$\frac{\frac{20}{12}}{\frac{20}{12} + \frac{25}{12} + 1} = \frac{\frac{20}{12}}{\frac{20}{12} + \frac{25}{12} + \frac{12}{12}} = \frac{20}{57}, \frac{\frac{25}{12}}{\frac{20}{12} + \frac{25}{12} + \frac{12}{12}} = \frac{25}{57}, \frac{1}{\frac{20}{12} + \frac{25}{12} + \frac{12}{12}} = \frac{12}{57} \text{ olur. Buradan, kriterlere}$$

ait ağırlıklarımız $[0.3509 \quad 0.4386 \quad 0.2105]$ olarak elde edilir.

Sonuç itibariyle, problemde tüm orijinal orantılar aynı faktörle ($\alpha_1 = \frac{5}{12}$) çarpılarak indirgenmiştir ve aşağıda gösterildiği gibi her birinin %41.6'sı alınmıştır (Tablo-7).

Tablo-7: AİY ile Elde Edilen Oranlar ve Yüzde İndirgeme Değerleri
(Smarandache, 2010)

Oranlar	İndirgeme Yüzdesi
4 yerine $\frac{x}{z} = \frac{\frac{20}{57}}{\frac{12}{57}} = \frac{20}{12} = \frac{5}{3} = 1.\bar{6}$ olur.	$\frac{\frac{20}{12}}{\frac{4}{3}} = \frac{5}{12} = \alpha_1 = \%41.\bar{6}$
3 yerine $\frac{y}{x} = \frac{\frac{25}{57}}{\frac{20}{57}} = \frac{25}{20} = 1.25$ olur.	$\frac{\frac{25}{20}}{\frac{3}{12}} = \frac{5}{12} = \alpha_1 = \%41.\bar{6}$
5 yerine $\frac{y}{z} = \frac{\frac{25}{57}}{\frac{12}{57}} = \frac{25}{12} = 2.08\bar{3}$ olur.	$\frac{\frac{25}{12}}{\frac{5}{12}} = \frac{5}{12} = \alpha_1 = \%41.\bar{6}$

Yukarıda da belirtildiği üzere AİY ancak ve ancak tutarlı karar problemlerinde AHP ile aynı sonucu verir. Dezert'in karar verme probleminde elde edilen tutarlılık oranı, CR, %10'dan düşük olduğundan KV'nin öznel değerlendirmesi AHP uygulaması açısından tutarlı olarak kabul edilmiştir. Ancak, AİY tüm katsayılarda tutarlılığı sağlamayı amaç edindiğinden AHP'de elde edilen sonuçla AİY'de elde edilen sonuç farklı olmaktadır.

Smarandache (2010), AHP'de elde edilen öncelik vektörü değerleri, [0.2797 0.6267 0.0936], Tablo 8'de gösterildiği gibi orijinal değerlerle oranladığında iki orantı için indirgeme olurken bir orantıda yükseltgeme olduğunu belirtmiştir. Yazar, bu değişkenlik için herhangi bir makul açıklamanın olup olmadığını sorarak AHP'nin geçerliliğini sorgulamıştır.

Tablo-8: AHP ile Elde Edilen Oranlar ve Yüzde İndirgeme Değerleri
(Smarandache, 2010)

Oranlar:	İndirgeme Yüzdesi:
4 yerine $\frac{x}{z} = \frac{0.2797}{0.0936} \cong 2.29882$ olur.	$\frac{2.29882}{4} \cong \%74.7050$
3 yerine $\frac{y}{x} = \frac{0.6267}{0.2797} \cong 2.2406$ olur.	$\frac{2.2406}{3} \cong \%74.6867$
5 yerine $\frac{y}{z} = \frac{0.6267}{0.0936} \cong 6.6955$ olur.	$\frac{6.6955}{5} \cong \%133.9100$

AIY, AHP'nin de kapsadığı ikili karşılaştırmalar için de işe yararken aynı zamanda n-li karşılaştırma durumları için de geçerlidir. Bununla ilgili olarak Smarandache (2010) çalışmasında şu örnekle devam etmiştir:

Üç kriterli, {C1, C2, C3}, bir karar verme problemi için KV'den kriterler arasındaki öncelik ilişkilerini belirten aşağıdaki tercih ifadeleri alınmış olsun:

- C1, toplandığında C2'den 2 ve C3'ten 3 kat önemlidir.
- C2, C1'den $\frac{1}{2}$ kat önemlidir.
- C3, C1'den $\frac{1}{3}$ kat önemlidir.

Fark edileceği üzere AHP bu örneğe uygulanamaz çünkü kriterler arasındaki öncelikler ilişkileri açısından ilk tercihin şekli ikili bir karşılaştırma değildir. Eğer mevcut haliyle eşitliklerin bu homojen lineer sistemini çözersek $x = y = z = 0$ elde ederiz zira eşlenik matrisin determinanı

$$\det \begin{pmatrix} 1 & -2 & -3 \\ -1/2 & 1 & 0 \\ -1/3 & 0 & 1 \end{pmatrix} = -1 \neq 0$$

Ancak determinantın 0'a eşit çıkmaması istediğimiz bir durum değildir. Bu sebepten, sağ taraf katsayılarının her biri parametreleştirilir ve yukarıdaki sistem için genel çözüm aranır.

$$\begin{cases} x = 2\alpha_1 y + 3\alpha_2 z \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} y = \frac{\alpha_3}{2} x \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} z = \frac{\alpha_4}{3} x \end{cases} \quad (7)$$

Burada $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4 > 0$ 'dır.

(5)'e (6) ve (7)'deki ifadeler yerleştirilirse şu elde edilir:

$$x = 2\alpha_1 \left(\frac{\alpha_3}{2} x \right) + 3\alpha_2 \left(\frac{\alpha_4}{3} x \right) \quad 1 \cdot x = (\alpha_1 \alpha_3 + \alpha_2 \alpha_4)$$

$$x \text{ ifadesinden de } \alpha_1 \alpha_3 + \alpha_2 \alpha_4 = 1 \text{ (parametrik eşitlik)} \quad (8)$$

$$\text{Sistemin genel çözümü } \begin{cases} y = \frac{\alpha_3}{2} x \\ z = \frac{\alpha_4}{3} x \end{cases}, \text{ buradan da öncelik vektörü:}$$

$$\left[x \quad \frac{\alpha_3}{2} x \quad \frac{\alpha_4}{3} x \right] \rightarrow \left[1 \quad \frac{\alpha_3}{2} \quad \frac{\alpha_4}{3} \right] \text{ olarak elde edilir.}$$

Adillik İlkesi gereği tüm katsayılar aynı yüzdeyle indirgenir. O halde,

$$(8)'de \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha > 0'ı yerine konursa $\alpha^2 + \alpha^2 = 1$, buradan $\alpha = \frac{\sqrt{2}}{2}$$$

elde edilir. Öncelik vektörü $\left[1 \quad \frac{\sqrt{2}}{4} \quad \frac{\sqrt{2}}{6} \right]$ olur ve bu normalleştirilirse

$$[0.62923 \quad 0.22246 \quad 0.14831]$$

C1 C2 C3 sonucuna ulaşılır. En büyük ağırlık C1'e
x y z

atanmıştır. Bunun sağlaması aşağıda gösterilmiştir:

$$\frac{y}{x} \cong 0.35354 \text{ olur } 0.50 \text{ yerine; yani orijinal halinin } \frac{\sqrt{2}}{2} = \%70.71\text{'dir.}$$

$$\frac{z}{x} \cong 0.23570 \text{ olur } 0.333 \text{ yerine; yani orijinal halinin } \%70.71\text{'dir.}$$

$x \cong 1.41421y + 2.12132z$ olur $2y + 3z$ yerine; yani, 2'nin %70.71'i ve 3'ün %70.71'i'dir. Sonuç itibariyle, her bir katsayı için adil bir indirgeme yapılarak sonuç elde edilmiştir.

2. BULANIK ALFA İNDİRGEME YÖNTEMİ

Bu bölüm, tam ve eksik bilgili durumları kapsayacak şekilde hem tek KVli hem de grup karar verme durumu için bu tez çalışmasında geliştirilen BAİY'leri ayrı ayrı göstermektedir.

Geliştirilen BAİY'ler Smarandache'nin (2010) deterministik lineer ÇKKV problemleri için önermiş olduğu AİY'yi genişleterek tam veya eksik bilgili durumlarda sözel değişkenli tercih ifadelerine bağlı tek KVli veya grup ortamındaki ÇKKV problemlerinin çözümü için alternatif bir yaklaşım sunmaktadır. Önerilen yöntemin güçlü tarafı, bulanık tercih ifadelerine bağlı olarak kurulmuş bulanık ikili karşılaştırma matrislerinin hesaplanan α değerleriyle alt sınır, en olası değer ve üst sınır matris determinantlarının 0'a eşitlenmesi ve böylelikle ikili karşılaştırma matrisleri şeklinde ifade edilebilen bulanık ÇKKV problemleri için tutarlılığın sağlanmasında alternatif bir yol olmasıdır.

a. Tam Bilgili Tek Karar Vericili Bulanık Alfa İndirgeme Yöntemi

Sözel değişkenler aracılığıyla bulanık olarak ifade edilebilen kriterler arası ilişkiler, KVlere belirgin katsayılarla bağlı kalmadan öznel tercihlerini belirtmede büyük bir kolaylık sağlamaktadır. Bu bölümde, tam bilgili tek KVli

durumlar için BAİY tanıtılmış ve bu yöntem kullanılarak bulanık önem derecelerine dayalı bir ÇKKV problemi üzerinde uygulama yapılmıştır.

Önerilen tam bilgili tek KVli BAİY için adımlar şöyledir:

1. ÇKKV problemine konu kriterleri bir hiyerarşiye bağlı olarak sapta.
2. Ölçekleri belirlenmiş olan sözel değişkenler ve bunlara karşılık gelen bulanık önem dereceleri ışığında KV'den öznel tercih ifadelerini al ve bulanık ikili karşılaştırma matrisini oluştur.

3. Kullanılan bulanık önem derecelerinin ÜBS yapısında olması durumunda bulanık ikili karşılaştırma matrisini alt sınır (l), en olası değer (m) ve üst sınır (u) matrisleri olacak şekilde üçe ayırıştır.

4. (l), (m) ve (u) matrislerini köşegenin üst tarafı için l_{ij} 'ye ÜBS'nin en küçük, m_{ij} 'ye ÜBS'nin ortanca ve u_{ij} 'ye ÜBS'nin en büyük sayıları gelecek şekilde kurulduğunu sına.

5. $\det(l)$, $\det(m)$ ve $\det(u)$ hesapla. Eğer determinant değerleri 0'a eşitse ilgili matris tutarlı demektir. İlgili matrislerde sütun değerlerini normalize hale getir ve sonrasında satır ortalamalarını alarak ilgili matris için kriter ağırlıklarını hesapla.

6. Eğer Adım 5'te $\det \neq 0$ elde edilmişse ilgili matris tutarsızdır. Tüm katsayılar arasında ayırım yapmama temeline dayanan Adillik İlkesi'ne bağlı olarak $\det=0$ 'ı sağlayacak 0'dan büyük reel sayı cinsinden α değer(ler)ini bul.

7. Adım 6'da elde edilen $\det=0$ 'ı sağlayan α değişkeni için elde edilen çözüm kümesi:

a. Tek elemandan oluşuyorsa köşegenin üstünü α ve köşegenin altını $1/\alpha$ değeriyle çarp ve elde edilen matrisin $\det=0$ verdiğini sına. Eğer matris tutarlıysa, ilgili matrisin kriter ağırlıklarını hesapla.

b. Birden çok elemandan oluşuyorsa; $\alpha < 1$ olanları için en büyük değerli elemanı, $\alpha > 1$ olanları için $1/\alpha$ işlemi sonucu en büyük değeri üreten elemanı α katsayısı olarak belirle. Köşegenin üstünün α ve köşegenin aşağısının $1/\alpha$ değeriyle çarpımından elde edilecek matrislerden yeni değerli matris elemanlarının ölçek uç değerleri olan 1/9 ile 9 değerlerini en az sayıda aşma koşulunu sağladığını ve

çözüm kümesinden seçilen α katsayısına bağlı olarak matrisin $\det=0$ verdiğini sına. Sonrasında ilgili matrisin kriter ağırlıklarını hesapla.

c. (b)'deki işlemler sonucu ölçek uç değer aşımı olmuşsa ve farklı α değerleriyle matris çarpımı aynı sayıda ölçek değer aşımı yapan matris elemanı sayısını veriyorsa ilgili α değerlerinin her biriyle ayrı ayrı ilgili matrisin kriter ağırlıklarını hesapla ve sonrasında bunların aritmetik ortalamasını bul.

8. Her bir kriter için yeni oluşan (l), (m) ve (u) matrislerinden elde edilen bulanık ağırlıklar için durulaştırma uygula ve nihai belirgin kriter ağırlıklarını hesapla.

Durulaştırma adımı için Opricovic ve Tzeng (2003) tarafından geliştirilen Bulanık Verileri Belirgin Skorlara Dönüştürme (Converting Fuzzy Data into Crisp Scores - CFCS) Yöntemi'nin revize hali kullanılmaktadır. CFCS, Chen ve Hwang'ın (1992) yöntemine benzer bir şekilde geliştirilmiştir. En küçük ve en büyük bulanık sayı yoluyla sol ve sağ ağırlıkları belirleme yaklaşımına benzer bir yol kullanarak bulanık ağırlıklara karşılık gelen durulaştırılmış sayılar CFCS ile belirlenebilmektedir. Toplam ağırlık üyelik fonksiyonlarına göre ağırlıklı bir ortalama olarak hesaplanmaktadır. CFCS durulaştırma yönteminin başlıca özellikleri:

- Belirgin ve bulanık kriterlerden oluşan karma kümeli ÇKKV problemleri için de kullanılabilir.
- Bulanık ağırlıkları belirgin sayılara dönüştürmek için uygulanabilir.
- Üyelik fonksiyonunu ve x eksenindeki göreceli konumu göz önünde bulundurarak dönüşüm yapar.
- Üyelik fonksiyonunu dönüşüm dâhilindeki bir ağırlıklandırma fonksiyonu olarak kullanır.
- Centroid durulaştırma yönteminin aksine aynı en olası (m) değerli iki simetrik ÜBS'yi birbirinden ayırt edebilir.

Aşağıdaki Revize CFCS (RCFCS) uygulama adımlarına başlamadan önce ilgili matris satır değerlerinin ÜBS yapısı gereği küçükten büyüğe sıralı olduğunu sınanması gerekir. Eğer bu yapıda değilse ilgili sıralamayı yaptıktan sonra aşağıdaki adımlarla devam edilir:

1. Matris normalizasyonu:

$$i^{\max} = \max_{ij}, i^{\min} = \min_{ij}, \Delta^{\max}_{\min} = \max_{ij} - \min_{ij} \text{ iken}$$

tüm alternatifler $a_j, j = 1, \dots, J$ için

$$x_{lj} = (l_{ij} - i^{\min}) / \Delta^{\max}_{\min}$$

$$x_{mj} = (m_{ij} - i^{\min}) / \Delta^{\max}_{\min}$$

$$x_{rj} = (r_{ij} - i^{\min}) / \Delta^{\max}_{\min}$$

2. $j = 1, \dots, J$ için sol (ls) ve sağ (rs) normalize değerlerini hesapla:

$$x^{ls}_j = x_{mj} / (1 + x_{mj} - x_{lj}) \quad x^{rs}_j = x_{rj} / (1 + x_{rj} - x_{mj})$$

3. $j = 1, \dots, J$ için toplam normalize belirgin değeri hesapla:

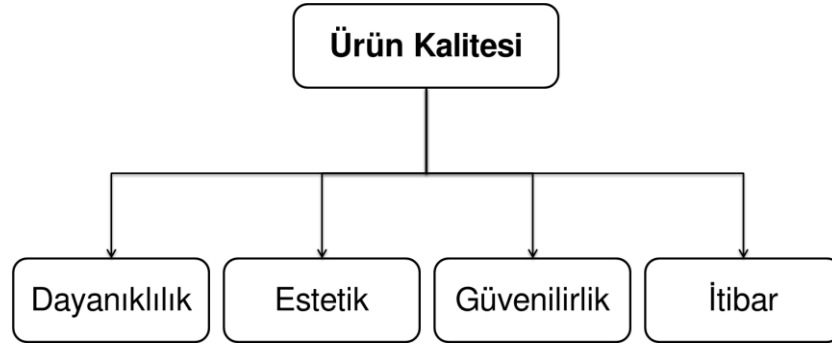
$$x^{crisp}_j = [x^{ls}_j (1 - x^{ls}_j) + x^{rs}_j x^{rs}_j] / [1 - x^{ls}_j + x^{rs}_j]$$

4. $j = 1, \dots, J$ için belirgin ağırlıkları hesapla:

$$f_{ij} = i^{\min} + x^{crisp}_j \Delta^{\max}_{\min}$$

$$w_{ij} = f_{ij} / \sum f_{ij}$$

Örnek uygulama için Tzeng ve Huang'dan (2011) bir problem seçilmiştir. Problem özet olarak şöyledir: Bir firmanın ürün kalitesinin şu dört kriteri kullanarak değerlendirebileceği varsayalım: Dayanıklılık, Estetik, Güvenilirlik, İtibar. KV, optimal ürün kalitesini uygun bir bütçeye bağlı olarak sağlayabilmek için kriterlere bulanık olarak atanacak ağırlıkları FAHP kullanarak belirlemek istemektedir. Ürün kalitesi problemiyle ilgili hiyerarşik yapıyı yazarlar Şekil-5'teki gibi belirtmişlerdir.



Şekil-5: Ürün Kalitesinin Hiyerarşik Yapısı (Tzeng ve Huang, 2011)

Yazarlar, bulanık ikili karşılaştırma matrisini Tablo-9'daki gibi vermişlerdir.

Tablo-9: Ürün Kalite Kriterleri için Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi (Tzeng ve Huang, 2011)

Kalite Kriteri	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>G</i>	<i>İ</i>
<i>Dayanıklılık (D)</i>	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)	(1/6, 1/5, 1/4)	(6, 7, 8)
<i>Estetik (E)</i>	(1/4, 1/3, 1/2)	(1, 1, 1)	(1/8, 1/7, 1/6)	(1, 2, 3)
<i>Güvenilirlik (G)</i>	(4, 5, 6)	(6, 7, 8)	(1, 1, 1)	(8, 9, 9)
<i>İtibar (İ)</i>	(1/8, 1/7, 1/6)	(1/3, 1/2, 1)	(1/9, 1/9, 1/8)	(1, 1, 1)

Geometrik ağırlık yöntemini kullanarak her bir kriter için bulanık ağırlıkları tespit eden yazarlar durulaştırma için Alan Merkezi yöntemini kullanmış ve kriterler için [0.2278, 0.0898, 0.6572, 0.0498] ağırlıklarını bulmuşlardır. Dikkat edilecek olursa kriterlere FAHP ile atanan toplam ağırlık 1 üst sınır değerini aşarak 1.0246 çıkmıştır.

Tam bilgili tek KVli durumlar için BAİY ile kriter ağırlıklarını tespit etmek için yukarıda anlatılan Adım 4'ten itibaren sırasıyla şunlar uygulanır:

- (l), (m) ve (u) matrislerine ayrıştırma işlemi:

(l)	D	E	G	İ
D	1	2	1/6	6
E	1/2	1	1/8	1
G	6	8	1	8
İ	1/6	1	1/8	1

(m)	D	E	G	İ
D	1	3	1/5	7
E	1/3	1	1/7	2
G	5	7	1	9
İ	1/7	1/2	1/9	1

(u)	D	E	G	İ
D	1	4	1/4	8
E	1/4	1	1/6	3
G	4	6	1	9
İ	1/8	1/3	1/9	1

- $\det(l)$, $\det(m)$ ve $\det(u)$ hesapla.

$\det(l) = 0$ (Tutarlı) Kriter ağırlıkları = [0.1974, 0.0748, 0.6638, 0.0640]

$\det(m) = 0.078609221$

$\det(u) = -0.399305556$

- (m) ve (u) matrislerini tutarlı hale getirmek için ilgili α 'ları bul.

$\det(m) = 0$ değerini sağlayacak α 'ları bulmak için açık kaynak bir yazılım olan Sympy (2012), aşağıdaki kodla beraber çalıştırılmıştır.

```
>>> from sympy import *
>>> from sympy.matrices import *
>>> x = symbols('x')
>>> M = Matrix([[1, 3*x, x/5, 7*x], [1/(3*x), 1, x/7, 2*x], [5/x, 7/x, 1, 9*x],
[1/(7*x), 1/(2*x), 1/(9*x), 1]])
>>> solve(M.det())
```

$\det(m)=0$ 'a ulaşmada kullanılacak denklem $-27x^2/49 + 39x/10 - 128/15 + 637/90x - 49/27x^2$ ve bu denklemi 0 değerine eşitleyen çözüm kümesi $[14/9, 35/9, 7/6, 7/15]$ yukarıdaki kod ile hesaplanmıştır. $\det(m)=0$ 'ı sağlayacak α değeri olarak $7/6$ seçilmiştir zira (m) matrisinin tutarlılık oranını diğer katsayılar göre en yüksek çıkaran değerdir ($\alpha > 1$ olduğu için $1/\alpha = 1/(7/6) = 0.8571$) (Çözüm kümesindeki diğer α değerleri tarafından sağlanan tutarlılık oranları şöyledir: $14/9$ için 0.6429; $35/9$ için

0.2571 ve 7/15 için 0.4667). (m) matrisinde köşegenin üstü 7/6 ve alt tarafının 6/7 ile çarpımı neticesinde $\det(m)=0$ çıkmış, oluşan yeni matrisin 9 ölçeğine yakın (sadece bir katsayı 9'u aşmıştır) olduğu görülmüştür. Elde edilen kriter ağırlıkları [0.2585, 0.0898, 0.6119, 0.0425].

$\det(u) = -3x^2/4 + 475x/96 - 355/36 + 475/72x - 4/3x^2 = 0$ 'ı sağlayan çözüm kümesi olarak [2, 3/8, 32/9, 2/3] benzeri bir kodla hesaplanmıştır. (u) matrisinde en yüksek tutarlılığı (0.67) sağlayan 2/3 değeriyle köşegenin üst ve 3/2 değeriyle de alt tarafının çarpımı neticesinde $\det(u) = 0$ çıkmış, oluşan yeni matrisin 9 ölçeği sınırlarında kaldığı görülmüştür. Elde edilen kriter ağırlıkları [0.2056, 0.0855, 0.6470, 0.0620].

- (l), (m) ve (u) matrislerinden her bir kriter için elde edilen Tablo-10'daki bulanık kriter ağırlıkları için RCFCS ile durulaştırma uygula.

Tablo-10: Tam Bilgili Tek KVli BAİY ile Elde Edilen Bulanık Kriter Ağırlıkları

	l	m	u = r
D	0.1974	0.2558	0.2056
E	0.0748	0.0898	0.0855
G	0.6638	0.6119	0.6470
i	0.0640	0.0425	0.0620

Aşağıdaki RCFCS durulaştırma adımlarına başlamadan önce Tablo 10'daki l, m, u sütunlarında belirtilen değerleri ÜBS formuna getirebilmek amacıyla her bir satır için Tablo-11'de gösterildiği gibi küçükten büyüğe doğru sırala.

Tablo-11: Tam Bilgili Tek KVli BAİY ile Elde Edilen Bulanık Kriter Ağırlıkları

	l	m	u = r
D	0.1974	0.2056	0.2558
E	0.0748	0.0855	0.0898
G	0.6119	0.6470	0.6638
i	0.0425	0.0620	0.0640

RCFCS durulaştırma adımlarına göre şu sonuçlar elde edilmiştir:

1. Matris Normalizasyonu: $i^{\max}=0.6638$, $i^{\min}=0.0425$, $\Delta^{\max}_{\min}=0.6213$ ile oluşturulan normalize matris Tablo-12’de gösterilmiştir.

Tablo-12: Ürün Kalite Kriterleri için Normalize Matris

	l	m	r
D	0.2494	0.2625	0.3433
E	0.0521	0.0693	0.0762
G	0.9166	0.9729	1.0000
i	0.0000	0.0314	0.0346

2. Sol (ls) ve sağ (rs) normalize değerleri hesaplanarak Tablo-13’te gösterilmiştir.

Tablo-13: Ürün Kalite Kriterleri için Sol ve Sağ Değerler

	<i>ls</i>	<i>rs</i>
<i>D</i>	0.2591	0.3177
<i>E</i>	0.0681	0.0757
<i>G</i>	0.9210	0.9736
<i>i</i>	0.0304	0.0345

3. Toplam normalize belirgin değerler hesaplanarak $x^{crisp}_j = [0.2767, 0.0687, 0.9697, 0.0306]$ olarak bulunmuştur.

4. Son adımda $f_{ij} = [0.2144, 0.0851, 0.6450, 0.0615]$ olarak elde edilmiş ve belirgin ağırlıklar $w_{ij} = [0.2131, 0.0846, 0.6412, 0.0611]$ şeklinde hesaplanmıştır.

RCFCS ile durulaştırma sonucu belirgin kriter ağırlıkları sıralaması Güvenilirlik (%64.12), Dayanıklılık (%21.31), Estetik (%8.46), İtibar (%6.11) şeklinde olmuş, bunun Tzeng ve Huang'ın (2011) FAHP'yle ulaştığı sıralamaya aynı olduğu gözlemlenmiştir. Tzeng ve Huang'ın (2011) çözüm olarak belirttiği belirgin kriter ağırlıkları toplamının üst sınır değer olan 1'i aştığı yukarıda belirtilmişti. Her iki yöntemle atanan ağırlıkları karşılaştırmak için FAHP sonucu normalize edildiğinde ilk üç kriter olan Dayanıklılık, Estetik ve Güvenilirlik için FAHP'nin AİY'ye göre daha fazla atama yaptığı dördüncü kriter olan İtibar için AİY'nin FAHP'ye göre daha fazla bir ağırlık ataması yaptığı saptanmıştır. Ağırlıklardaki bu farklılıklar her iki yöntemin bulanık sayıları işleme alma süreçlerinden ve durulaştırma yöntemlerinden kaynaklı olduğu şeklinde değerlendirilmektedir.

b. Tam Bilgili Grup Karar Verme Durumu için Bulanık Alfa İndirgeme Yöntemi

Bu bölümde, tam bilgili grup karar verme durumu için BAİY tanıtılmış ve bu yöntem kullanılarak bulanık önem derecelerine dayalı bir ÇKKV problemi üzerinde uygulama yapılmıştır. Tam bilgili durumdaki tek KVli BAİY ve grup KVli BAİY arasındaki fark, birden fazla KV'den oluşan gruptan alınan bulanık ikili karşılaştırmaların grup BAİY'deki sentetik ikili karşılaştırma matrisinde bütünleştirilmesidir.

Önerilen tam bilgili grup karar verme durumu için BAİY için adımlar şöyledir:

1. ÇKKV problemine konu kriterleri bir hiyerarşiye bağlı olarak saptır.
2. Ölçekleri belirlenmiş olan sözel değişkenler ve bunlara karşılık gelen bulanık önem dereceleri ışığında KV'den öznel tercih ifadelerini al ve bulanık ikili karşılaştırma matrisini oluştur.

3. Oluşturulan bulanık matrisleri Buckley (1985) tarafından önerilen geometrik ortalama yöntemini $(\tilde{a}_{ij} = \left(\tilde{a}_{ij}^1 \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{ij}^n \right)^{1/n})$ kullanarak sentetik ikili karşılaştırma matrisinde bütünleştir.

4. Kullanılan bulanık önem derecelerinin ÜBS yapısında olması durumunda sentetik ikili karşılaştırma matrisini alt sınır (l), en olası değer (m) ve üst sınır (u) matrisleri olacak şekilde üçe ayırıştır.

5. (l), (m) ve (u) matrislerini köşegenin üst tarafı için l_{ij} 'ye ÜBS'nin en küçük, m_{ij} 'ye ÜBS'nin ortanca ve u_{ij} 'ye ÜBS'nin en büyük sayıları gelecek şekilde kurulduğunu sına.

6. $\det(l)$, $\det(m)$ ve $\det(u)$ hesapla. Eğer determinant değerleri 0'a eşitse ilgili matris tutarlı demektir. İlgili matrislerde sütun değerlerini normalize hale getir ve sonrasında satır ortalamalarını alarak ilgili matris için kriter ağırlıklarını hesapla.

7. Eğer Adım 6'da $\det \neq 0$ elde edilmişse ilgili matris tutarsızdır. Tüm katsayılar arasında ayırım yapmama temeline dayanan Adillik İlkesi'ne bağlı olarak $\det=0$ 'ı sağlayacak 0'dan büyük reel sayı cinsinden α değer(ler)ini bul.

8. Adım 7’de elde edilen $\det=0$ ’ı sağlayan α değişkeni için elde edilen çözüm kümesi:

a. Tek elemandan oluşuyorsa köşegenin üstünü α ve köşegenin altını $1/\alpha$ değeriyle çarp ve elde edilen matrisin $\det=0$ verdiğini sına. Eğer matris tutarlıysa, ilgili matrisin kriter ağırlıklarını hesapla.

b. Birden çok elemandan oluşuyorsa; $\alpha < 1$ olanları için en büyük değerli elemanı, $\alpha > 1$ olanları için $1/\alpha$ işlemi sonucu en büyük değeri üreten elemanı α katsayısı olarak belirle. Köşegenin üstünün α ve köşegenin aşağısının $1/\alpha$ değeriyle çarpımından elde edilecek matrislerden yeni değerli matris elemanlarının ölçek uç değerleri olan $1/9$ ile 9 değerlerini en az sayıda aşma koşulunu sağladığını ve matrisin çözüm kümesinden seçilen α katsayısına bağlı olarak $\det=0$ verdiğini sına. Sonrasında ilgili matrisin kriter ağırlıklarını hesapla.

c. (b)’deki işlemler sonucu ölçek uç değer aşımı olmuşsa ve farklı α değerleriyle matris çarpımı aynı sayıda ölçek değer aşımı yapan matris elemanı sayısını veriyorsa ilgili α değerlerinin her biriyle ayrı ayrı ilgili matrisin kriter ağırlıklarını hesapla ve sonrasında bunların aritmetik ortalamasını bul.

9. Her bir kriter için yeni oluşan (l), (m) ve (u) matrislerinden elde edilen bulanık ağırlıklar için RCFCS yöntemiyle durulaştırma uygula ve nihai belirgin kriter ağırlıklarını hesapla.

Örnek uygulama için Tzeng ve Huang’ın (2011) FAHP için konu aldığı şu problem seçilmiştir: Tayvan’ın başkenti Taipei’de Emniyet Müdürlüğü’ne bağlı bir karakol inşa edilmek istenmektedir. Mühendislik hizmetlerinin tedarik edileceği firmanın seçimi bir ihale süreci sonucunda yapılacaktır. İhaleye beş firma teklif vermiştir. Firmaların tekliflerinin 6 farklı kritere göre değerlendirilebilmesi için bu kriterlere bulanık ağırlık ataması her bir firmanın temsilcisinden oluşan karar grubundan alınacak geribildirim sonrası FAHP kullanılarak yapılmak istenmektedir. Teklif veren 5 firmanın temsilcilerince 6 kriter için ifade edilmiş bulanık ikili karşılaştırma matrislerini yazarlar Tablo 14’teki sözel değişkenleri kullanarak belirtmişlerdir.

Tablo-14: Sözel Değişkenler ve Tanımlanan Bulanık Sayılar (Tzeng ve Huang, 2011)

Sözel Değişkenler	LAB	LVs	LEs	LWk	LEq	Eq	Wk	Es	Vs	Ab
Bulanık Sayılar	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{9}$
ÜBS İfadesi	$\left(\frac{1}{9}, \frac{1}{9}, \frac{1}{7}\right)$	$\left(\frac{1}{9}, \frac{1}{7}, \frac{1}{5}\right)$	$\left(\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3}\right)$	$\left(\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1\right)$	$\left(\frac{1}{3}, 1, 1\right)$	(1, 1, 3)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(7, 9, 9)

Firma temsilcilerinin oluşturduğu KV grubu tarafından altı kriter için sözel değişken ataması Tablo 15'te ve buna karşılık gelen ÜBS değerleri Tablo 16'da gösterilmiştir.

Tablo-15: KV Grubunun Kriterlere İlişkin Sözel Değişken Bazındaki İkili Karşılaştırma Matrisleri (Tzeng ve Huang, 2011)

Temsilci1	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1	Wk	Es	Wk	Eq	Eq
K2		1	Wk	Eq	Eq	Wk
K3			1	Eq	LEs	LEs
K4				1	LWk	LWk
K5					1	Eq
K6						1

Temsilci2	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1	LWk	Wk	Eq	Eq	LWk
K2		1	Wk	Wk	Wk	LWk
K3			1	LVs	LVs	LVs
K4				1	LWk	LWk
K5					1	LWk
K6						1

Temsilci3	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1	LEs	Eq	Wk	Eq	LVs
K2		1	Wk	Ab	Vs	LEs
K3			1	Es	Wk	LVs
K4				1	Eq	LAB
K5					1	LVs
K6						1

Temsilci4	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1	LWk	LEs	Wk	LVs	Es
K2		1	Es	Vs	LAB	Vs
K3			1	Wk	LAB	Wk
K4				1	LAB	Wk
K5					1	Ab
K6						1

Temsilci5	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1	Wk	Es	LWk	LVs	LEq
K2		1	Wk	LEs	LVs	LWk
K3			1	LVs	LAB	LEs
K4				1	LWk	Wk
K5					1	Es
K6						1

Tablo-16: KV Grubunun Kriterlere İlişkin ÜBS Bazındaki İkili Karşılaştırma Matrisleri (Tzeng ve Huang, 2011)

Temsilci1	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$
K2		1	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$
K3			1	$\tilde{1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$
K4				1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
K5					1	$\tilde{1}$
K6						1

Temsilci2	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}^{-1}$
K2		1	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}$	$\tilde{3}^{-1}$
K3			1	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$
K4				1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
K5					1	$\tilde{3}^{-1}$
K6						1

Temsilci3	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{1}$	$\tilde{7}^{-1}$
K2		1	$\tilde{3}$	$\tilde{9}$	$\tilde{7}$	$\tilde{5}^{-1}$
K3			1	$\tilde{5}$	$\tilde{3}$	$\tilde{7}^{-1}$
K4				1	$\tilde{1}$	$\tilde{9}^{-1}$
K5					1	$\tilde{7}^{-1}$
K6						1

Temsilci4	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}$
K2		1	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{7}$
K3			1	$\tilde{3}$	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{3}$
K4				1	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{3}$
K5					1	$\tilde{9}$
K6						1

Temsilci5	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{1}^{-1}$
K2		1	$\tilde{3}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$
K3			1	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$
K4				1	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{3}$
K5					1	$\tilde{5}$
K6						1

Tam bilgili grup karar verme durumu için BAİY algoritmasının üçüncü adımından itibaren şöyle devam edilir:

Tablo 16'da yer alan bulanık ikili karşılaştırma matrislerini Buckley (1985) tarafından önerilen geometrik ortalama yöntemini kullanarak

$$(\tilde{a}_{ij} = \left(\tilde{a}_{ij}^1 \otimes \tilde{a}_{ij}^2 \otimes \tilde{a}_{ij}^3 \otimes \tilde{a}_{ij}^4 \otimes \tilde{a}_{ij}^5 \right)^{1/5}) \text{ sentetik ikili karşılaştırma matrisinde}$$

bütünleştir. Örnek olarak sentetik ikili karşılaştırma matrisinde $\tilde{a}_{12}$ şöyle hesaplanır:

$$\begin{aligned}\tilde{a}_{12} &= \left((13,5) \otimes \left(\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1 \right) \otimes \left(\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3} \right) \otimes \left(\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1 \right) \otimes (13,5) \right)^{1/5} \\ &= \left(\left(1 \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{7} \times \frac{1}{5} \times 1 \right)^{1/5}, \left(3 \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{3} \times 3 \right)^{1/5}, \left(5 \times 1 \times \frac{1}{3} \times 1 \times 5 \right)^{1/5} \right) \\ &= (0.356, 0.725, 1.528)\end{aligned}$$

Elde edilen sentetik ikili karşılaştırma matrisi Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo-17: Sentetik İkili Karşılaştırma Matrisi (Tzeng ve Huang, 2011)

SM	K1			K2			K3			K4			K5			K6		
K1	1	1	1	0.356	0.725	1.528	1.052	1.719	3.005	0.725	1.552	3.272	0.415	0.459	1.016	0.467	0.750	1.332
K2				1	1	1	1.246	3.323	5.348	1.380	2.068	3.323	0.573	0.803	1.310	0.491	0.859	1.719
K3							1	1	1	0.517	0.789	1.332	0.181	0.254	0.369	0.191	0.300	0.467
K4										1	1	1	0.245	0.333	0.844	0.339	0.644	1.290
K5													1	1	1	0.859	1.165	2.068
K6																1	1	1

• Adım 4 için Tablo 17’den ilgili değerler alınarak (l), (m), (u) matrisleri oluşturulur ve ilgili matrislerin tutarlı (det=0) olup olmadığını anlamak için Adım 5’te belirtilen det(l), det(m) ve det(u) hesaplanır.

$$\det(l) = -0.154829852$$

$$\det(m) = 0 \text{ (Tutarlı) Kriter ağırlıkları } [0.1407, 0.2052, 0.0705, 0.1004, 0.2745, 0.2086]$$

$$\det(u) = -0.254535372$$

(l) ve (u) matrislerini tutarlı hale getirmek için ilgili α ’lar ve kriter ağırlıkları Adım 6-8’de anlatıldığı gibi bulunur.

$\det(l)=0$ değerini sağlayacak α 'ları bulmak için ticari bir yazılım olan Matlab (2012), aşağıdaki kodla beraber çalıştırılmıştır.

```
>>syms x
>>[1,0.355952780922759*x,1.051547496797280*x,0.724779663677696*x
,0.415243646538506*x,0.467043677451134*x
2.809361391720650*(1/x),1,1.245730939615520*x,1.379729661461210*x,
0.572923975862493*x,0.491118609918737*x
0.950979392795590*(1/x),0.802741561760231*(1/x),1,0.51728185797178
7*x,0.181315480962959*x,0.190661840137195*x
1.379729661461210*(1/x),0.724779663677696*(1/x),1.933182044931760*
(1/x),1,0.245340640939278*x,0.338503759465827*x
2.408224685280690*(1/x),1.745432277458060*(1/x),5.515248861757630*
(1/x),4.075965548029610*(1/x),1,0.858620703484489*x
2.141127368338320*(1/x),2.036168004640400*(1/x),5.244888013670840*
(1/x),2.954176939062780*(1/x),1.164658615779660*(1/x),1]
>>L=ans
>>det(L)
>>solve(ans)
```

$\det(l)=0$ değerini sağlayan çözüm kümesi [1.8899, 2.6928] olarak bulunmuş ve tutarlılaştırmada kullanılacak olan α olarak 1.8899 seçilmiştir zira bu değerle matris tutarlılık oranı en yüksek çıkmaktadır ($\alpha>1$ için tutarlılık= $1/1.8899=0.5291$). 1.8899 ile (l) matris elemanlarının çarpımı sonucu $\det(l)=0$ çıktığı görülmüş ve kriter ağırlıkları [0.1608, 0.2256, 0.0845, 0.1031, 0.2351, 0.1908] olarak hesaplanmıştır.

$\det(u)=0$ değerini sağlayan çözüm kümesi [0.4459, 0.5405, 0.6234, 0.7479] olarak bulunmuş ve tutarlılaştırmada kullanılacak olan α olarak 0.7479 seçilmiştir zira bu değerle matris tutarlılık oranı en yüksek çıkmaktadır ($\alpha<1$ için tutarlılık=0.7479). 0.7479 ile (u) matris elemanlarının çarpımı sonucu $\det(u)=0$ çıktığı görülmüş ve kriter ağırlıkları [0.1991, 0.2267, 0.0726, 0.1076, 0.2299, 0.1641] olarak hesaplanmıştır.

Adım 9'daki RCFCS durulaştırma işlemi sonucu elde edilen kriter ağırlıkları [0.1664, 0.2237, 0.0739, 0.1043, 0.2415, 0.1902] olarak bulunmuştur. Tzeng ve Huang'ın (2011) uyguladıkları FAHP yöntemiyle elde edilen belirgin kriter ağırlıkları olan [0.2000, 0.2720, 0.0940, 0.1380, 0.3220, 0.2630] üst sınır olan 1'i aşarak toplamda 1.289 etmektedir. BAİY sonuçlarıyla karşılaştırabilmek için normalize hale getirilen FAHP belirgin kriter ağırlıklarına [0.1552, 0.2110, 0.0729, 0.1071, 0.2498, 0.2040] göre her iki yöntem için sıralamanın ($K5 > K2 > K6 > K1 > K4 > K3$) aynı olduğu ve K1, K2, K3 kriterleri için BAİY'nin ve K4, K5, K6 kriterleri için FAHP'nin daha fazla ağırlık ataması yaptığı gözlemlenmiştir. Ağırlıklardaki bu farklılıklar her iki yöntemin bulanık sayıları işleme alma süreçlerinden ve durulaştırma yöntemlerinden kaynaklı olduğu şeklinde değerlendirilmektedir.

c. Baz Referans Bulanık Alfa İndirgeme Yöntemi

Bu bölümde, Hotman'ın (2005) eksik bilgili deterministik ÇKKV problemleri için geliştirmiş olduğu Baz Referans İkili Karşılaştırma yaklaşımına dayalı eksik bilgi bulunan bulanık ÇKKV problemleri için Baz Referans BAİY (BRBAİY) algoritması tanıtılmıştır. Tekrar olmaması için algoritma grup karar verme durumlarını kapsamaktadır. Eksik bilgili grup KVli BRBAİY ile tek KVli BRBAİY arasındaki fark tek KV durum için algoritmada sentetik ikili karşılaştırma matrisindeki bütünleştirme adımının (Adım 4) olmamasıdır.

Önerilen eksik bilgili grup karar verme durumu için BRBAİY algoritması için adımlar şöyledir:

1. ÇKKV problemine konu kriterleri bir hiyerarşiye bağlı olarak saptar.
2. Ölçekleri belirlenmiş olan sözel değişkenler ve bunlara karşılık gelen bulanık önem dereceleri ışığında KVlerden öznel tercih ifadelerini baz referans satırını oluşturacak şekilde oluştur.
3. Baz referansa bağlı olarak eksik değerli hücrelere bulanık göreceli önem derecesi atamasını baz ikili karşılaştırma yöntemini kullanarak yap.

4. Oluşturulan bulanık matrisleri Buckley (1985) tarafından önerilen geometrik ortalama yöntemini $(\tilde{a}_{ij} = \left(\tilde{a}_{ij}^1 \otimes \dots \otimes \tilde{a}_{ij}^n \right)^{1/n})$ kullanarak sentetik ikili karşılaştırma matrisinde bütünleştir.

5. Kullanılan bulanık önem derecelerinin ÜBS yapısında olması durumunda sentetik ikili karşılaştırma matrisini alt sınır (l), en olası değer (m) ve üst sınır (u) matrisleri olacak şekilde üçe ayırıştır.

6. (l), (m) ve (u) matrislerini köşegenin üst tarafı için l_{ij} 'ye ÜBS'nin en küçük, m_{ij} 'ye ÜBS'nin ortanca ve u_{ij} 'ye ÜBS'nin en büyük sayıları gelecek şekilde kurulduğunu sına.

7. $\det(l)$, $\det(m)$ ve $\det(u)$ hesapla. Eğer determinant değerleri 0'a eşitse ilgili matris tutarlı demektir. İlgili matrislerde sütun değerlerini normalize hale getir ve sonrasında satır ortalamalarını alarak ilgili matris için kriter ağırlıklarını hesapla.

8. Eğer Adım 7'de $\det \neq 0$ elde edilmişse ilgili matris tutarsızdır. Tüm katsayılar arasında ayırım yapmama temeline dayanan Adillik İlkesi'ne bağlı olarak $\det=0$ 'ı sağlayacak 0'dan büyük reel sayı cinsinden α değer(ler)ini bul.

9. Adım 8'de elde edilen $\det=0$ 'ı sağlayan α değişkeni için elde edilen çözüm kümesi:

a. Tek elemandan oluşuyorsa köşegenin üstünü α ve köşegenin altını $1/\alpha$ değeriyle çarp ve elde edilen matrisin $\det=0$ verdiğini sına. Eğer matris tutarlıysa, ilgili matrisin kriter ağırlıklarını hesapla.

b. Birden çok elemandan oluşuyorsa; $\alpha < 1$ olanları için en büyük değerli elemanı, $\alpha > 1$ olanları için $1/\alpha$ işlemi sonucu en büyük değeri üreten elemanı α katsayısı olarak belirle. Köşegenin üstünün α ve köşegenin aşağısının $1/\alpha$ değeriyle çarpımından elde edilecek matrislerden yeni değerli matris elemanlarının ölçek uç değerleri olan $1/9$ ile 9 değerlerini en az sayıda aşma koşulunu sağladığını ve matrisin çözüm kümesinden seçilen α katsayısına bağlı olarak $\det=0$ verdiğini sına. Sonrasında ilgili matrisin kriter ağırlıklarını hesapla.

c. (b)'deki işlemler sonucu ölçek uç değer aşımı olmuşsa ve farklı α değerleriyle matris çarpımı aynı sayıda ölçek değer aşımı

yapan matris elemanı sayısını veriyorsa ilgili α değerlerinin her biriyle ayrı ayrı ilgili matrisin kriter ağırlıklarını hesapla ve sonrasında bunların aritmetik ortalamasını bul.

10. Her bir kriter için yeni oluşan (l), (m) ve (u) matrislerinden elde edilen bulanık ağırlıklar için RCFCS yöntemiyle durulaştırma uygula ve nihai belirgin kriter ağırlıklarını hesapla.

BRBAİY için ampirik çalışmaya ve sonuçlarına Bölüm 3'te yer verilmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

EKSİK BİLGİLİ GRUP KARAR VERME ORTAMINDA MİKROFİNANS KURUMLARINA AİT FİNANSAL İNDİKATÖRLERE AĞIRLIK ATAMASI İÇİN BULANIK BİR YAKLAŞIM

1. ARAŞTIRMANIN KONUSU, AMACI, ÖNEMİ VE VARSAYIMLAR

a. Araştırmanın Konusu

Araştırma, sürdürülebilir kalkınma politikalarının etkin ve vazgeçilmez araçlarından biri olan mikrofinans kurumlarına ait finansal indikatörleri konu almaktadır.

b. Araştırmanın Amacı

Araştırma, mikrofinans kurumlarının ilgili paydaşlar (yöneticiler, yatırımcılar, diğer fon sağlayıcılar (donörler, kamu erki), denetleyici kuruluşlar, karar alıcılar, araştırmacılar) tarafından derecelendirmeye tabi tutulmasında kullanılacak olan karşılaştırılabilir finansal indikatörlere (kriterlere) grup karar verme ortamında ve bulanık eksik bilgili bir durumda ağırlık atamasının tutarlılık bazında yapılması için bir ÇKKV yaklaşımı geliştirmeyi amaçlamaktadır.

c. Araştırmanın Önemi

Mikrofinans kurumlarının sürdürülebilir kalkınma modelleri içerisinde kazanmış oldukları önem bu kurumların finansal hayatiyetlerini devam ettirmeleri yönündeki dikkatleri de arttırmıştır. Geniş bir yelpazede bulunan paydaşların finansal performans ölçümlemesi için kullanılan çok sayıdaki indikatörün tamamı üzerinde analitik seviyede kapsamlı bilgi sahibi olmak

yerine kendi mesleki deneyim, ilgi alanı ve amaçlarına yakın olan indikatörler üzerinde bilgi sahibi olma eğiliminde oldukları görülmektedir. Bu da kapsamlı bir çalışmada eksik bilgili bir durumu ortaya çıkarmaktadır. Bu araştırmanın en önemli özelliği, mali performans derecelendirmesinde kullanılacak olan indikatörler arasında önceliklendirmeyi bir bulanık ÇKKV problemi olarak ele alması ve eksik bilgili grup karar verme ortamında elde edilen önceliklendirme ifadelerinin tutarlılaştırılarak indikatörlere ağırlık atamasının yapılmasının sağlanmasıdır. Eksik bilgili bulanık karar matrislerinin tutarlılaştırılması için geliştirilen yaklaşım literatürde bir ilk özelliği taşımaktadır.

ç. Araştırmanın Varsayımları

- Konu hakkında KV grubuna uygulanan ankette bulunan kategorilerin ve finansal indikatörlerin mikrofinans kurumlarının mali derecelendirmesi için yeterli sayıda olduğu varsayılmaktadır.
- Araştırmada önerilen bulanık yaklaşıma kaynak veri sağlamak için uygulanan ankete cevap veren KV grubunun mikrofinans kurumlarına ait finansal indikatörlerin tamamında olmasa bile kendi eğitim ve mesleki tecrübeleri ışığında belli bir kısmı hakkında yeterli bir bilgi sahibi olduğu kabul edilmektedir.
- Araştırma kapsamında ankete verilen cevapların, ÇKKV yöntemlerinin doğası gereği, öznel kanılar olduğu bilinmektedir.
- Ankette yer alan indikatörler arası önceliklendirmeyi belirlemek için yer alan alanların kriterlere atanacak ağırlıkların belirlenmesinde eşit rol oynadıkları varsayılmaktadır.
- Ankette yer alan önceliklendirme derecelendirmesi için kullanılan bulanık ifadelerden “eşit öncelik”ten “mutlak öncelik”e uzanan ifadelerin üçgen yapıdaki $\tilde{1}, \tilde{3}, \tilde{5}, \tilde{7}, \tilde{9}$ ve bunun eşleniklerinin $\frac{\tilde{1}}{9}, \frac{\tilde{1}}{7}, \frac{\tilde{1}}{5}, \frac{\tilde{1}}{3}, \tilde{1}$ bulanık sayılarına karşılık geldiği varsayılmaktadır.

2. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

a. Kuramsal Çerçeve

Mikrofinans kurumlarının mali performans derecelendirmesine yönelik birden fazla indikatör mevcut olduğundan araştırma konusu yaklaşım açısından bir eksik bilgili ÇKKV problemi olarak ele alınmıştır. Mevcut finansal indikatörler arası önceliklendirme KV grubu tarafından sözel değişkenler aracılığıyla yapıldığından araştırma konusu bulanık çerçevede değerlendirilerek kuramsal çerçeve oluşturulmuştur.

b. Araştırmanın Kapsamı ve Sınırlılıkları

Bu araştırmada, mikrofinans sektörü üzerine çalışan araştırmacı ve profesyonellere EK-A'da bulunan İngilizce anket gönderilmiş ve ilgili kategori ve indikatörlerin önceliklendirilmesine yönelik kanıları alınmıştır. Araştırma kapsamı BRBAİY yönteminin geliştirilmesi ve ankete ilgili kişilerin verdikleri cevaplarla sınırlıdır.

c. Araştırmanın Yöntemi ve Verilerin Toplanması

Araştırmanın veri toplama tekniği beş sözel değişken ölçeğiyle hazırlanmış sorulardan oluşan ankettir. Verilerin toplanmasında kullanılan anket formu iki hiyerarşi için ilgili toplam 10 bölümden oluşmaktadır. Bölümlerin oluşturulması için MixMarket (2013) sitesinden yararlanılmıştır. Birinci hiyerarşide 9 ana finansal performans kategorisi, ikinci hiyerarşide her bir kategoriye bağlı finansal indikatörler yer almaktadır. Anket gönderilenler ya tam bilgili durum için ikili karşılaştırma bölümlerini ya da eksik bilgili durum için baz referans karşılaştırma bölümlerini doldurarak cevap verme seçeneklerine sahiptirler. Tam bilgili seçenek için toplam 227 adet ikili karşılaştırmalı soru varken baz referans seçeneğinde toplam 54 adet karşılaştırmalı soru vardır (Anketteki baz referans satırı için seçilen toplam 1 ana kategori ve 9 indikatörün karşılaştırma cevabı otomatikman “eşit öncelik”

olduğundan toplama ilave edilmemiştir). İlgili seçenekler için karşılaştırma sayısına dair bilgi Tablo-18’de gösterilmiştir.

Tablo-18: Tam ve Eksik Bilgili Durum için Karşılaştırma Soru Sayısı

	Kategori / İndikatör Sayısı	Tam Bilgili Durum Karşılaştırma Sayısı	Eksik Bilgili Durum Karşılaştırma Sayısı
Mali Performans Kategorileri	9	36	8
1. Kurumsal Özellikler	4	6	3
2. Finansman Yapısı	5	10	4
3. Açılım Göstergeleri	15	105	14
4. Genel Finansal Performans	3	3	2
5. Gelirler	4	6	3
6. Giderler	6	15	5
7. Verimlilik	5	10	4
8. Üretkenlik	7	21	6
9. Risk ve Likidite	6	15	5
Toplam	64	227	54

Karşılaştırmalarla tespit edilmek istenen önceliklendirme için olumlu sözel değişkenler kullanılmıştır. Anket katılımcılardan beklenen seçmiş oldukları tam ya da eksik bilgili durum için (Anket katılımcıları şayet eksik bilgili durumu seçmişlerse karşılaştırma yapmaya başlamadan önce ilgili baz referans satırına konacak indikatörü belirtmeleri gerekmektedir.) ilgili kısımlarda “Eşit öncelik”, “Zayıf öncelik”, “Güçlü öncelik”, “Çok güçlü öncelik”, “Mutlak öncelik” yargılarından uygun gördüklerini işaretlemeleridir.

ç. Evren ve Örneklem

Anket formu hazırlandıktan sonra yapısal açıdan uygun olduğuna dair uzman görüşü tez danışmanı Doç.Dr. Metin Dağdeviren'den, içeriksel açıdan uygun olduğuna dair uzman görüşü ise Bilkent Üniversitesi İktisat Bölümü öğretim üyesi Doç.Dr. Syed F. Mahmud'dan alınmıştır. Anketin gönderilebileceği potansiyel katılımcılara dair bir liste hazırlanmış ve tanıtım mektubuyla beraber Ekim 2013'te 35 katılımcıya gönderilmiş ve Kasım 2013 sonuna kadar cevap beklendiği belirtilmiştir. Son gönderim tarihinden önce hatırlatma yapılmasına rağmen anket katılım oranı %8.57 olmuş ve toplam 3 katılımcı (2'si Türk, 1'i yabancı) ankete cevap göndermişlerdir.

d. Verilerin Çözümlemesi

Bölüm 2.2.c'deki gibi modellenen araştırma için kullanılacak anketlerin kolay bir şekilde doldurulabilmesi için katılımcılara MS Excel dosyası formatında gönderilmiş, 3 katılımcıdan alınan ikisi eksik bilgili, biri tam bilgili anket formundaki katılımcılarca işaretlenmiş sözel değişkenlerin ifade ettiği ÜBS'ler ayrı MS Excel dosyalarında gösterilmiştir. Eksik matris hücreleri için baz referans yaklaşımına dayalı hesaplama, sentetik ikili karşılaştırma matrisinde bütünleştirme ve (l), (m) ile (u) matrislerine ait determinant hesaplamaları MS Excel 2013'te yapılmıştır. $\det \neq 0$ sonuçlu matrislerin tutarlılaştırılmasında kullanılacak pozitif reel sayı cinsinden α değerleri önce Sympy (2013) sonra Matlab (2013), eğer bu katsayılar bu yazılımlardan elde edilemiyorsa MS Excel 2013 ve GNumeric'teki sezgisel yaklaşımlarla değer bulma eklentileri yardımıyla bulunmuştur. BRBAİY algoritmasının geri kalan adımlarında da MS Excel 2013 kullanılmıştır.

3. BAZ REFERANS ALFA İNDİRGEME YÖNTEMİNE DAYALI AMPİRİK ÇALIŞMA

BRBAİY'ye dayalı ampirik çalışma, tez konusu olan mikrofinans kurumlarının mali performans derecelendirmesi çerçevesinde ilgili kriterlere

ağırlık yapılabilmesi amacıyla bulanık ve eksik bilgili grup karar verme problemi üzerine yapılmıştır. Ampirik çalışmadaki uygulama adımları Bölüm 2.2.c'de anlatılan algoritmayı takip etmektedir. Adım 1'de ÇKKV problemi iki hiyerarşik seviyeden oluşan bir yapı olarak saptanmıştır. Hiyerarşik seviyelerin saptanmasında MixMarket (2013) sitesinden alınan mikrofinans kurumlarına ait finansal performans kategori ve indikatörleri baz alınmıştır. Birinci hiyerarşik katmanda Kurumsal Özellikler, Finansman Yapısı, Açılım Göstergeleri, Genel Finansal Performans, Gelirler, Giderler, Verimlilik, Üretkenlik ile Risk ve Likidite'den oluşan 9 ana kategori yer alırken ikinci seviyede ilgili kategorilere ait finansal performans indikatörleri bulunmaktadır.

Adım 2 için EK-A'da bulunan İngilizce anket üç kişiden oluşan KV grubuna uygulanmıştır. Anket katılımcılarından ikisi uluslar arası bir örgütün araştırma biriminde kıdemli araştırmacı olarak çalışırken diğer anket katılımcısı uluslararası bir mikrofinans yatırım şirketinin Latin Amerika Bölgesi sorumlusu olarak çalışan bir mikrofinans profesyonelidir. Ankette hem ikili karşılaştırmaya (toplam 227 karşılaştırma) hem de baz referans karşılaştırmaya (toplam 54 karşılaştırma) yer verilmiş olup KVlerin ikisinin eksik bilgili durumlarda kullanılan baz karşılaştırma karar matrislerini doldurduğu gözlemlenmiştir. BRBAİY uygulaması için sözel değişkenler ve tanımlanan ÜBS'ler Tablo-19'daki gibidir.

Tablo-19: Ampirik Çalışmada Kullanılacak Sözel Değişkenler ve Tanımlanan Bulanık Sayılar

Sözel Değişkenler	RAb	RVSt	RSt	RWk	Eq	Wk	St	VSt	Ab
Bulanık Sayılar	$\tilde{9}^{-1}$	$\tilde{7}^{-1}$	$\tilde{5}^{-1}$	$\tilde{3}^{-1}$	$\tilde{1}$	$\tilde{3}$	$\tilde{5}$	$\tilde{7}$	$\tilde{9}$
ÜBS İfadesi	$\left(\frac{1}{9}, \frac{1}{9}, \frac{1}{8}\right)$	$\left(\frac{1}{8}, \frac{1}{7}, \frac{1}{6}\right)$	$\left(\frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4}\right)$	$\left(\frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2}\right)$	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)	(4, 5, 6)	(6, 7, 8)	(8, 9, 9)

Adım 3 için baz referans satırına bağlı olarak diğer kriterlere göreceli önem derecesi ataması yapıp sırasıyla Tablo-20, Tablo-21, ve Tablo-22'de gösterilen matris değerlerine ulaşılmıştır.

Tablo-20: KV1 için Birinci Seviye Baz Referans Bulanık İkili Karşılaştırma Tablosu

Kriterler	IC	FS (BR)	OI	OFP	R	Ex	Eff	P	RL
<i>Institutional Characteristics</i>	(1,1,1)	(1/6,1/5,1/4)	(1,1,1)	(1/9,1/9,1/8)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/9,1/9,1/8)	(1/9,1/9,1/8)	(1/9,1/9,1/8)
Financing Structure (BR)	(4,5,6)	(1,1,1)	(6,7,8)	(1/4,1/3,1/2)	(6,7,8)	(6,7,8)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1/8,1/7,1/6)
<i>Outreach Indicators</i>	(1,1,1)	(1/8,1/7,1/6)	(1,1,1)	(1/9,1/9,1/8)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/9,1/9,1/8)	(1/9,1/9,1/8)	(1/9,1/9,1/8)
<i>Overall Financial Performance</i>	(8,9,9)	(2,3,4)	(8,9,9)	(1,1,1)	(8,9,9)	(8,9,9)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/3,1/2,1)
<i>Revenues</i>	(1,1,1)	(1/8,1/7,1/6)	(1,1,1)	(1/9,1/9,1/8)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/9,1/9,1/8)	(1/9,1/9,1/8)	(1/9,1/9,1/8)
<i>Expenses</i>	(1,1,1)	(1/8,1/7,1/6)	(1,1,1)	(1/9,1/9,1/8)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/9,1/9,1/8)	(1/9,1/9,1/8)	(1/9,1/9,1/8)
<i>Efficiency</i>	(8,9,9)	(2,3,4)	(8,9,9)	(1,1,1)	(8,9,9)	(8,9,9)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/3,1/2,1)
<i>Productivity</i>	(8,9,9)	(2,3,4)	(8,9,9)	(1,1,1)	(8,9,9)	(8,9,9)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/3,1/2,1)
<i>Risk and Liquidity</i>	(8,9,9)	(6,7,8)	(8,9,9)	(1,2,3)	(8,9,9)	(8,9,9)	(1,2,3)	(1,2,3)	(1,1,1)

Tablo-21: KV2 için Birinci Seviye Bulanık İkili Karşılaştırma Tablosu

Kriterler	IC	FS	OI	OFP	R	Ex	Eff	P	RL
<i>Institutional Characteristics</i>	(1,1,1)	(4,5,6)	(4,5,6)	(4,5,6)	(4,5,6)	(4,5,6)	(2,3,4)	(2,3,4)	(1,1,1)
<i>Financing Structure</i>	(1/6,1/5,1/4)	(1,1,1)	(2,3,4)	(1,1,1)	(4,5,6)	(4,5,6)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)
<i>Outreach Indicators</i>	(1/6,1/5,1/4)	(1/4,1/3,1/2)	(1,1,1)	(4,5,6)	(4,5,6)	(4,5,6)	(1/4,1/3,1/2)	(2,3,4)	(1,1,1)
<i>Overall Financial Performance</i>	(1/6,1/5,1/4)	(1,1,1)	(1/6,1/5,1/4)	(1,1,1)	(1,1,1)	(4,5,6)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)
<i>Revenues</i>	(1/6,1/5,1/4)	(1/6,1/5,1/4)	(1/6,1/5,1/4)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/6,1/5,1/4)	(1/6,1/5,1/4)	(1/6,1/5,1/4)
<i>Expenses</i>	(1/6,1/5,1/4)	(1/6,1/5,1/4)	(1/6,1/5,1/4)	(1/6,1/5,1/4)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/6,1/5,1/4)	(1/6,1/5,1/4)	(1/6,1/5,1/4)
<i>Efficiency</i>	(1/4,1/3,1/2)	(2,3,4)	(2,3,4)	(1,1,1)	(4,5,6)	(4,5,6)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/4,1/3,1/2)
<i>Productivity</i>	(1/4,1/3,1/2)	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)	(1,1,1)	(4,5,6)	(4,5,6)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/4,1/3,1/2)
<i>Risk and Liquidity</i>	(1,1,1)	(2,3,4)	(1,1,1)	(1,1,1)	(4,5,6)	(4,5,6)	(2,3,4)	(2,3,4)	(1,1,1)

Tablo-22: KV3 için Birinci Seviye Baz Referans Bulanık İkili Karşılaştırma Tablosu

Kriterler	IC	FS	OI	OFP	R	Ex	Eff	P (BR)	RL
<i>Institutional Characteristics</i>	(1,1,1)	(1/9,1/9,1/8)	(1/6,1/5,1/4)	(1/9,1/9,1/8)	(1/9,1/9,1/8)	(1/9,1/9,1/8)	(1/6,1/5,1/4)	(1/6,1/5,1/4)	(1/9,1/9,1/8)
<i>Financing Structure</i>	(8,9,9)	(1,1,1)	(4,5,6)	(1,1,1)	(1,2,3)	(1,2,3)	(4,5,6)	(4,5,6)	(1,2,3)
<i>Outreach Indicators</i>	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)	(1,1,1)	(1/6,1/5,1/4)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/4,1/3,1/2)
<i>Overall Financial Performance</i>	(8,9,9)	(1,1,1)	(4,5,6)	(1,1,1)	(1,2,3)	(1,2,3)	(4,5,6)	(4,5,6)	(1,2,3)
<i>Revenues</i>	(8,9,9)	(1/3,1/2,1)	(2,3,4)	(1/3,1/2,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2,3,4)	(2,3,4)	(1,1,1)
<i>Expenses</i>	(8,9,9)	(1/3,1/2,1)	(2,3,4)	(1/3,1/2,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2,3,4)	(2,3,4)	(1,1,1)
<i>Efficiency</i>	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)	(1,1,1)	(1/6,1/5,1/4)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/4,1/3,1/2)
Productivity (BR)	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)	(1,1,1)	(1/6,1/5,1/4)	(1/4,1/3,1/2)	(1/4,1/3,1/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/4,1/3,1/2)
<i>Risk and Liquidity</i>	(8,9,9)	(1/3,1/2,1)	(2,3,4)	(1/3,1/2,1)	(1,1,1)	(1,1,1)	(2,3,4)	(2,3,4)	(1,1,1)

Adım 4'te yukarıda oluşturulan bulanık matrisler Buckley (1985) tarafından önerilen geometrik ortalama yöntemi kullanılarak sentetik ikili karşılaştırma matrisinde bütünleştirilmiş ve ilgili matris Tablo-23'te gösterilmiştir.

Tablo-23: Ampirik Çalışma için Sentetik İkili Karşılaştırma Matrisi

SM	IC			FS			OI			OFP			R			Ex			Eff			P			RL		
IC	1.00	1.00	1.00	0.42	0.48	0.57	0.87	1.00	1.14	0.37	0.40	0.45	0.76	0.82	0.91	0.76	0.82	0.91	0.33	0.41	0.50	0.33	0.41	0.50	0.23	0.23	0.25
FS				1.00	1.00	1.00	3.63	4.72	5.77	0.63	0.69	0.79	2.88	4.12	5.24	2.88	4.12	5.24	0.63	0.82	1.14	0.63	0.82	1.14	0.31	0.46	0.63
OI							1.00	1.00	1.00	0.42	0.48	0.57	1.00	1.19	1.44	1.00	1.19	1.44	0.30	0.33	0.40	0.61	0.69	0.79	0.30	0.33	0.40
OFP										1.00	1.00	1.00	2.00	2.62	3.00	3.17	4.48	5.45	1.59	1.71	1.82	1.59	1.71	1.82	0.69	1.00	1.44
R													1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33	0.41	0.50	0.33	0.41	0.50	0.26	0.28	0.31
Ex																1.00	1.00	1.00	0.33	0.41	0.50	0.33	0.41	0.50	0.26	0.28	0.31
Eff																			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.28	0.38	0.63
P																						1.00	1.00	1.00	0.28	0.38	0.63
RL																									1.00	1.00	1.00

Adım 5 ile 6 için Adım 4'te elde edilen sentetik ikili karşılaştırma matrisi (I), (m) ve (u) matrisleri olacak şekilde üçe ayrıştırılıp ilgili değerlerin uygun matrise yerleştirildiğinden emin olunmuştur. (I) matrisi Tablo-24, (m) matrisi Tablo-25 ve (u) matrisi Tablo-26'da gösterilmiştir.

Tablo-24: (l) Matrisi

(l)	IC	FS	OI	OFP	R	Ex	Eff	P	RL
IC	1.00	0.42	0.87	0.37	0.76	0.76	0.33	0.33	0.23
FS	2.38	1.00	3.63	0.63	2.88	2.88	0.63	0.63	0.31
OI	1.14	0.28	1.00	0.42	1.00	1.00	0.30	0.61	0.30
OFP	2.73	1.59	2.38	1.00	2.00	3.17	1.59	1.59	0.69
R	1.31	0.35	1.00	0.50	1.00	1.00	0.33	0.33	0.26
Ex	1.31	0.35	1.00	0.31	1.00	1.00	0.33	0.33	0.26
Eff	3.00	1.59	3.30	0.63	3.00	3.00	1.00	1.00	0.28
P	3.00	1.59	1.65	0.63	3.00	3.00	1.00	1.00	0.28
RL	4.33	3.17	3.30	1.44	3.78	3.78	3.63	3.63	1.00

Tablo-25: (m) Matrisi

(m)	IC	FS	OI	OFP	R	Ex	Eff	P	RL
IC	1.00	0.48	1.00	0.40	0.82	0.82	0.41	0.41	0.23
FS	2.08	1.00	4.72	0.69	4.12	4.12	0.82	0.82	0.46
OI	1.00	0.21	1.00	0.48	1.19	1.19	0.33	0.69	0.33
OFP	2.53	1.44	2.08	1.00	2.62	4.48	1.71	1.71	1.00
R	1.22	0.24	0.84	0.38	1.00	1.00	0.41	0.41	0.28
Ex	1.22	0.24	0.84	0.22	1.00	1.00	0.41	0.41	0.28
Eff	2.47	1.22	3.00	0.58	2.47	2.47	1.00	1.00	0.38
P	2.47	1.22	1.44	0.58	2.47	2.47	1.00	1.00	0.38
RL	4.33	2.19	3.00	1.00	3.56	3.56	2.62	2.62	1.00

Tablo-26: (u) Matrisi

(u)	IC	FS	OI	OFP	R	Ex	Eff	P	RL
IC	1.00	0.57	1.14	0.45	0.91	0.91	0.50	0.50	0.25
FS	1.75	1.00	5.77	0.79	5.24	5.24	1.14	1.14	0.63
OI	0.87	0.17	1.00	0.57	1.44	1.44	0.40	0.79	0.40
OFP	2.20	1.26	1.75	1.00	3.00	5.45	1.82	1.82	1.44
R	1.10	0.19	0.69	0.33	1.00	1.00	0.50	0.50	0.31
Ex	1.10	0.19	0.69	0.18	1.00	1.00	0.50	0.50	0.31
Eff	2.00	0.87	2.52	0.55	2.00	2.00	1.00	1.00	0.63
P	2.00	0.87	1.26	0.55	2.00	2.00	1.00	1.00	0.63
RL	4.00	1.59	2.52	0.69	3.17	3.17	1.59	1.59	1.00

Adım 7’de $\det(l)$, $\det(m)$ ve $\det(u)$ hesaplanarak ilgili matrislerin tutarlı olup olmadığı sınanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre:

- $\det(l) = 0.0122$
- $\det(m) = 0.0210$
- $\det(u) = 0.0082$

çıkmiştir.

Adım 8’de, Adım 7’de $\det \neq 0$ olarak bulunan tutarsız matrislerin tutarlılaştırılmasını sağlayacak α katsayılarının bulunması için ilgili işlemler yapılarak Adım 9’da belirtilen ilkeler ışığında tespit edilmiş α katsayılarının ilgili matrislere uygulanmasıyla kriter ağırlıkları hesaplanmış ve uygulanan işlemler özet olarak aşağıda gösterilmiştir.

$\det(l) = 0$ değerini sağlayacak α değer(ler)ini bulmak için aşağıdaki Matlab kodunu çalıştır.

```
>>syms x
>>[1,0.419973683298291*x,0.873580464736299*x,0.366880805432736*x,0.
763142828368888*x,0.763142828368888*x,0.333333333333333*x,0.33333333
33333333*x,0.231120424783545*x
1/(0.419973683298291*x),1,3.63424118566428*x,0.629960524947437*x,2.88
449914061482*x,2.88449914061482*x,0.629960524947437*x,0.62996052494
7437*x,0.314980262473718*x
1/(0.873580464736299*x),1/(3.63424118566428*x),1,0.419973683298291*x,1
*x,1*x,0.30285343213869*x,0.60570686427738*x,0.30285343213869*x
1/(0.366880805432736*x),1/(0.629960524947437*x),1/(0.419973683298291*
x),1,2*x,3.1748021039364*x,1.5874010519682*x,1.5874010519682*x,0.6933
61274350635*x
1/(0.763142828368888*x),1/(2.88449914061482*x),1/(1*x),1/(2*x),1,1*x,0.33
33333333333333*x,0.333333333333333*x,0.2645668419947*x
1/(0.763142828368888*x),1/(2.88449914061482*x),1/(1*x),1/(3.17480210393
64*x),1/(1*x),1,0.333333333333333*x,0.333333333333333*x,0.26456684199
47*x
```

```

1/(0.3333333333333333*x),1/(0.629960524947437*x),1/(0.30285343213869*x)
,1/(1.5874010519682*x),1/(0.3333333333333333*x),1/(0.3333333333333333*x),
1,1*x,0.275160604074552*x
1/(0.3333333333333333*x),1/(0.629960524947437*x),1/(0.60570686427738*x)
,1/(1.5874010519682*x),1/(0.3333333333333333*x),1/(0.3333333333333333*x),
1/(1*x),1,0.275160604074552*x
1/(0.231120424783545*x),1/(0.314980262473718*x),1/(0.30285343213869*x)
,1/(0.693361274350635*x),1/(0.2645668419947*x),1/(0.2645668419947*x),1/(
0.275160604074552*x),1/(0.275160604074552*x),1]
>>L=ans
>>det(L)
>>solve(ans)

```

$\det(l) = 0$ değerini sağlayan çözüm kümesi olarak [1.7973, 1.9111] katsayıları bulunmuştur. Her iki katsayıyla (l) matris elemanlarının yükseltgenmesi neticesinde oluşan yeni matrislerin 9 ölçeğini aşmadığı görülmüştür. 1.7973 ile matris elemanlarının çarpımından elde edilen kriter ağırlıkları [0.0815, 0.1877, 0.0773, 0.1912, 0.0561, 0.0474, 0.1063, 0.0874, 0.1652] olarak hesaplanmıştır.

$\det(m) = 0$ değerini sağlayacak α değer(ler)ini bulmak için hem Matlab hem de Sympy çalıştırılmış ancak $\det(m) = 0$ değerini sağlayan reel sayı cinsinden α katsayılarına ulaşılamamıştır. 64 bitlik Windows 8.1 işletim sisteminde kurulu Python 3.3.3 kullanan Sympy 0.7.4.1 ile yaklaşık 2 saatlik bir çalışma sonucunda hiçbir α katsayısına ulaşılamazken (Sympy'deki bu sorun sebebiyle bundan sonraki tüm hesaplamalarda sadece Matlab R2013b sürümü kullanılmıştır.) yine aynı konfigürasyon üzerinde kurulu bulunan Matlab R2013b sürümü ise sadece kompleks sayıları içerir değerler bulabilmiştir (Bu sonuca bağlı olarak “Her sentetik bulanık karar matrisini mutlak olarak tutarlı hale ($\det=0$) getirebilen bir veya daha fazla α katsayısını bulmak bazen mümkün olamamaktadır.” denilebilir.). $\det(m)=0$ 'a en yakın değeri sağlayabilmek için MS Excel 2013'te bulunan Goal Seek (Hedef Ara) fonksiyonu çalıştırılmıştır. $\det=0$ değerine en yakın değeri verdirebilecek ilgili α katsayısını tespit etmede Excel 2013'ün çok da iyi sonuçlar çıkarmadığı

görülmüştür. Açık kaynak GNumeric (2013) programı daha iyi sonuçlar vermiş, elde edilen sonuçlar MS Excel 2013'e girilerek Goal Seek'te daha iyi bir değer elde edilmediğinden emin olunmuştur. $\det(m) = 0.0011$ değerini sağlayan α katsayısının 0.7073 olduğu görülerek (m) matris elemanlarının indirgenmesi neticesinde oluşan yeni matrisin 9 ölçeğini aşmadığı görülmüştür. (m) matrisi için kriter ağırlıkları **[0.0356, 0.1062, 0.0468, 0.1510, 0.0502, 0.0498, 0.1380, 0.1352, 0.2872]** olarak hesaplanmıştır.

$\det(u) = 0$ değerini sağlayan çözüm kümesi olarak [0.2184, 0.3896, 0.6878, 0.8566] katsayıları bulunmuştur. Her dört katsayıyla (u) matris elemanlarının indirgenmesi/yükseltgenmesi neticesinde oluşan yeni matrislerden ikisinin (0.2184 ve 0.3896 için) 9 ölçeğini aştığı, geri kalan iki katsayıyla aşmadığı görülmüştür. En büyük katsayı olan 0.8566 ile matris elemanlarının çarpımından elde edilen kriter ağırlıkları **[0.0524, 0.1595, 0.0605, 0.1797, 0.0520, 0.0500, 0.1235, 0.1186, 0.2037]** olarak bulunmuştur.

Adım 10'da (l), (m) ve (u) matrislerinde her bir kriter için elde edilen ve Tablo-27'de gösterilen ağırlıklar için RCFCS ile durulaştırma uygulanmış ve ilgili işlemler aşağıda gösterilmiştir.

Tablo-27: Baz Referans Bulanık Alfa İndirgeme Yöntemiyle Elde Edilen Kriter Ağırlıkları

Kriterler	l	m	u = r
IC	0.0815	0.0356	0.0524
FS	0.1877	0.1062	0.1595
OI	0.0773	0.0468	0.0605
OFP	0.1912	0.1510	0.1797
R	0.0561	0.0502	0.0520
Ex	0.0474	0.0498	0.0500
Eff	0.1063	0.1380	0.1235
P	0.0874	0.1352	0.1186
RL	0.1652	0.2872	0.2037

RCFCS için ilgili adımlar şöyle uygulanmıştır:

1. I, m, u sütunlarında belirtilen değerleri her bir satır için Tablo-28’de gösterildiği gibi küçükten büyüğe doğru sırala.

Tablo-28: Sıralı Kriter Ağırlıkları

Kriterler	I	m	u = r
IC	0.0356	0.0524	0.0815
FS	0.1062	0.1595	0.1877
OI	0.0468	0.0605	0.0773
OFP	0.1510	0.1797	0.1912
R	0.0502	0.0520	0.0561
Ex	0.0474	0.0498	0.0500
Eff	0.1063	0.1235	0.1380
P	0.0874	0.1186	0.1352
RL	0.1652	0.2037	0.2872

2. Matris normalizasyonu ile Tablo-29’daki normalize matrise ulaşılır.

$i^{\max} = \max_{ij}$, $i^{\min} = \min_{ij}$, $\Delta^{\max}_{\min} = \max_{ij} - \min_{ij}$ iken tüm alternatifler a_j , $j = 1, \dots, J$ için $x_{ij} = (I_{ij} - i^{\min}) / \Delta^{\max}_{\min}$, $x_{mj} = (m_{ij} - i^{\min}) / \Delta^{\max}_{\min}$ ve $x_{rj} = (r_{ij} - i^{\min}) / \Delta^{\max}_{\min}$ hesaplanırsa $i^{\max} = 0.2872$, $i^{\min} = 0.0356$, $\Delta^{\max}_{\min} = 0.2516$ bulunur.

Tablo-29: Normalize Matris

Kriterler	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>r</i>
IC	0.0000	0.0668	0.1824
FS	0.2806	0.4924	0.6045
OI	0.0445	0.0990	0.1657
OFP	0.4587	0.5727	0.6184
R	0.0580	0.0652	0.0815
Ex	0.0469	0.0564	0.0572
Eff	0.2810	0.3494	0.4070
P	0.2059	0.3299	0.3959
RL	0.5151	0.6681	1.0000

3. $j = 1, \dots, J$ için sol (l_s) ve sağı (r_s) normalize değerler hesaplanarak Tablo-30'daki değerlere ulaşılır: $x^{l_s}_j = x_{mj} / (1 + x_{mj} - x_{lj})$ $x^{r_s}_j = x_{rj} / (1 + x_{rj} - x_{mj})$

Tablo-30: l_s ve r_s Değerler

Kriterler	l_s	r_s
IC	0.0626	0.1635
FS	0.4064	0.5436
OI	0.0939	0.1554
OFP	0.5141	0.5914
R	0.0647	0.0802
Ex	0.0559	0.0572
Eff	0.3270	0.3848
P	0.2935	0.3714
RL	0.5795	0.7508

4. $j = 1, \dots, J$ için toplam normalize belirgin değeri hesapla:

$$x^{crisp}_j = [x^{l_s}_j (1 - x^{l_s}_j) + x^{r_s}_j x^{r_s}_j] / [1 - x^{l_s}_j + x^{r_s}_j]$$

$$x^{\text{crisp}}_j = [0.0776, 0.4720, 0.1029, 0.5565, 0.0659, 0.0560, 0.3480, 0.3203, 0.6893]$$

5. $j = 1, \dots, J$ için belirgin ağırlıkları hesapla:

$$f_{ij} = i^{\min} + x^{\text{crisp}}_j \Delta^{\max}_{\min} \quad w_{ij} = f_{ij} / \sum f_{ij}$$

$$f_{ij} = [0.0551, 0.1543, 0.0615, 0.1756, 0.0522, 0.0497, 0.1232, 0.1162, 0.2090]$$

$$w_{ij} = [0.0553, 0.1548, 0.0617, 0.1762, 0.0524, 0.0498, 0.1236, 0.1166, 0.2097]$$

BRBAİY uygulamasıyla ilgili problemdeki kriterler için ağırlık ataması aşağıdaki gibi bulunmuştur:

Birinci Hiyerarşik Seviye Kategorileri	Ağırlıklar
1 Risk ve Likidite	%20.97
2 Genel Finansal Performans	%17.62
3 Finansman Yapısı	%15.48
4 Verimlilik	%12.36
5 Üretkenlik	%11.66
6 Açılım Göstergeleri	%6.17
7 Kurumsal Özellikler	%5.53
8 Gelirler	%5.24
9 Giderler	%4.98

Birinci hiyerarşik seviyedeki mevcut 9 ana kategorinin altında yer alan ikinci hiyerarşik seviyedeki indikatörlere BRBAİY uygulandıktan sonra elde edilen ağırlık ataması sonuçları da aşağıdaki gibidir:

Kurumsal Özellikler	Ağırlıklar
1 Elmas Puan	%44.54
2 Varlıklar	%34.14
3 Personel	%12.38
4 Şubeler	%8.93

Finansman Yapısı	Ağırlıklar
1 Sermaye / Varlık Rasyosu	%34.77
2 Borç / Özkaynak	%21.33
3 Mevduatlar / Borçlar	%18.62
4 Brüt Borç Portföyü / Toplam Varlıklar	%13.71
5 Mevduatlar / Toplam Varlıklar	%11.59

Açılım Göstergeleri	Ağırlıklar
1 Borçlu Başına Ortalama Borç Bakiyesi	%11.82
2 Borçlu Başına Ortalama Borç Bakiyesi / Kişi Başına Düşen Gayrisafi Milli Gelir	%11.49
3 Mevcut Kredi Sayısı	%11.30
4 Aktif Borçlu Sayısı	%9.52
5 Ortalama Mevcut Bakiye	%9.44
6 Ortalama Mevcut Bakiye / Kişi Başına Düşen Gayrisafi Milli Gelir	%9.18
7 Brüt Borç Portföyü	%6.31
8 Mudi Başına Ortalama Mevduat Bakiyesi / Kişi Başına Düşen Gayrisafi Milli Gelir	%5.00
9 Mudi Başına Ortalama Mevduat Bakiyesi	%4.65
10 Ortalama Mevduat Hesabı Bakiyesi	%4.28
11 Ortalama Mevduat Hesabı Bakiyesi / Kişi Başına Düşen Gayrisafi Milli Gelir	%4.25
12 Kadın Borçlu Yüzdesi	%3.47
13 Mevduatlar	%3.36
14 Mudi Sayısı	%3.02
15 Mevduat Hesabı Sayısı	%2.93

Genel Finansal Performans	Ağırlıklar
1 Operasyonel Öz Yeterlilik	%48.29
2 Varlık Getiri Oranı	%31.85
3 Özkaynak Getiri Oranı	%19.86

Gelirler	Ağırlıklar
1 Kar Marjı	%50.64
2 Brüt Portföy Getirisi (reel)	%17.50
3 Finansal Getiri / Varlıklar	%16.91
4 Brüt Portföy Getirisi (nominal)	%14.95
Giderler	Ağırlıklar
1 İşletme Gideri / Varlıklar	%32.21
2 Mali Gider / Varlıklar	%17.77
3 İdari Gider / Varlıklar	%16.00
4 Toplam Gider / Varlıklar	%12.55
5 Personel Gideri / Varlıklar	%11.76
6 Borç Zarar Provizyonu / Varlıklar	%9.72
Verimlilik	Ağırlıklar
1 İşletme Gideri / Kredi Portföyü	%45.63
2 Kredi Başına Maliyet	%20.67
3 Personel Gideri / Kredi Portföyü	%13.61
4 Borçlu Başına Maliyet	%13.46
5 Ortalama Maaş / Kişi Başına Düşen Gayrisafi Milli Gelir	%6.62
Üretkenlik	Ağırlıklar
1 Kadrolu Çalışan Başına Düşen Krediler	%22.65
2 Kadrolu Çalışan Başına Düşen Borçlu	%17.36
3 Kredi Memuru Başına Düşen Krediler	%16.72
4 Kadrolu Çalışan Başına Düşen Mevduat Hesabı	%16.04
5 Kredi Memuru Başına Düşen Borçlu	%13.10
6 Kadrolu Çalışan Başına Düşen Mudi	%9.96
7 Personel Tahsis Oranı	%4.17

Risk ve Likidite	Ağırlıklar
1 Riskteki Portföy > 30 Gün	%30.75
2 Risk Teminat Oranı	%23.03
3 Riskteki Portföy > 90 Gün	%16.53
4 Zarar Oranı	%10.74
5 Borç Kayıp Oranı	%9.49
6 Toplam Varlıkların %si olarak Kazanç Getirmeyen Likit Varlıklar	%9.46

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

1. SONUÇLAR

Günümüzde hızla değişen koşullar altında KVlerin karşı karşıya kalmış oldukları birden çok seçeneği yine birden fazla kriter gereğince değerlendirmesi gerekmektedir. Karar verme sürecine yardımcı araçlar olarak geliştirilen ÇKKV yöntemleri bilimsel ve akılcı olmalarının yanında insana ait öznel öğeleri de kapsamı altına almıştır.

Deterministik lineer ÇKKV problemleri için bu tezin İkinci Bölümünde değinilen AİY oldukça yeni bir yöntemdir ve henüz üzerine yapılan çalışmaların sayısı yok denecek kadar azdır. Çalışma kapsamında klasik AİY tanıtılmış, bir alternatif olarak ortaya çıktığı AHP yöntemiyle olan farkları ortaya konmuş ve değişik tutarlılık durumları için örnek sayısal uygulamalar yapılarak değerlendirmeye sunulmuştur.

Bu çalışmada ilk kez tanıtılan BAİY, hem tek kişi hem de grup karar verme durumlarını içerecek şekilde ayrıntılandırılmıştır. Her iki durum için fark; grup BAİY’de, her bir KV’den alınarak ayrı ayrı oluşturulan bulanık ikili karşılaştırma matrislerinin sentetik ikili karşılaştırma matrisinde bütünleştirmesi için Buckley (1985) tarafından geliştirilen geometrik ortalama yönteminin kullanılmasıdır. BAİY, sözel değişkenlerden elde edilen ÜBS’leri (l), (m) ve (u) matrislerine ayrıştırarak her bir matris için ayrı ayrı kriter ağırlıklarını tespit etmektedir. İlgili ayrı matrislerin $\det=0$ ilkesinden hareket ederek tutarlı hale getirilmesiyle elde edilen kriter ağırlıkları daha sonra RCFCFS yöntemiyle durulaştırılmıştır. RCFCFS ile esas olarak üç ayrı matris kriter ağırlıkları için bir normalizasyon işlemi uygulanmaktadır. Bu kısımdaki örnek uygulamalar için literatürden alınan FAHP içeren ÇKKV problemleri sonuçlarından görüldüğü kadarıyla BAİY ile FAHP aynı sıralamayı vermekte

ancak atanan ağırlıkların uygulanan işlemler ve durulaştırmadaki farklılıklar sebebiyle aynı olmadığı gözlemlenmiştir. Dahası literatürden alınan her iki örnekteki FAHP ağırlık atama sonuçlarının üst sınır olan 1'i aştığı belirlenmiştir.

Yine bu tezde eksik bilgili bulanık karar verme problemlerinin çözümü için BR-AHP yöntemine dayalı BRBAİY geliştirilmiş ve ilgili yöntemin daha iyi anlaşılabilmesi için sayısal uygulamalara yer verilmiştir. Hotman'ın (2005) geliştirdiği BR-AHP yönteminde eksik bilgili karar verme durumları için KV'ye baz bir referans üzerine odaklanarak diğer kriter/alternatiflere önem derece ataması yapabilmesinin yolu açılmış olup Saaty'nin 9'luk lineer ölçeği üzerinde tutarlılığı büyük ölçüde yakalayabilen baz referans ikili karşılaştırma matrisleri kurabilme kolaylaştırılmıştır. BR-AHP algoritması aşamalarının çoğunda geleneksel AHP adımlarını takip etmesine karşın AHP'den farklılığı baz ikili karşılaştırma yönteminin kullanıldığı baz referanstan gelmektedir. KV, baz referans olarak en iyi bildiği kriter/alternatif üzerinden $n-1$ adet karşılaştırma yaparak kriter ve alternatiflerin olduğu iki aşamalı hiyerarşik bir ÇKKV probleminde yapılacak karşılaştırma sayısını geleneksel AHP'ye göre $m/2(n-1)(n-2)$ adet daha az yapmaktadır.

Bu tezle geliştirilen BRBAİY, eksik bilgili bulanık karar verme problemleri için iki aşamalı bir çözüm yolu önermiştir. İlk aşamada sözel değişkenler kullanılarak bulanık önem derecesi ataması baz referans satırı üzerinden yapılmakta ve bulanık baz referans ikili karşılaştırma matrisinin eksik değerleri baz referans yaklaşımı kullanılarak bulunmaktadır. İkinci aşamadaysa, matrisin sözel değişkenlerden elde edilen ÜBS'leri (I), (m) ve (u) matrislerine ayrıştırılmakta ve BAİY ile her bir matris için ayrı ayrı kriter ağırlıkları tespit edilmektedir. İlgili ayırık matrislerin tutarlı hale getirilmesiyle elde edilen kriter ağırlıkları daha sonra RCFCs yöntemiyle durulaştırılmaktadır.

Bu çalışmanın sonunda BRBAİY ile bir ampirik çalışma yapılmıştır. Ampirik çalışmanın amacı mikrofinans kurumlarının mali performans

derecelendirmesi için kullanılan indikatörlere ağırlık atamasının eksik bilgili durumlarda da BRBAİY ile yapılabileceğinin gösterilmesidir. Çalışma için bir anket hazırlanmış olup ankette hem ikili karşılaştırma (toplam 227 karşılaştırma) seçeneğine hem de eksik bilgili durumda tercih ifadelerinin belirtilebileceği baz referans karşılaştırma (toplam 54 karşılaştırma) seçeneğine yer verilmiştir. Üç kişiden oluşan KV grubuna bu anket dağıtılarak iki hiyerarşik seviyeden oluşan kriterlere göreceli önem derecelerini atamaları istenmiştir. KVlerin ikisinin eksik bilgili durumlarda kullanılan baz karşılaştırma karar matrislerini doldurduğu gözlemlenmiştir. KV grubunun oluşturduğu ikisi eksik, biri tam bilgili matrisin sentetik ikili karşılaştırma matrisinde bütünleştirilmesi de dahil olmak üzere ilgili hesaplamalar ve durulaştırma işlemleri çalışmada gösterilmiş ve nihai ağırlıklar çalışma sonunda belirtilmiştir.

İlk hiyerarşideki kriterlere ait nihai ağırlıklar Risk ve Likidite için %20.97, Genel Finansal Performans için %17.62, Finansman Yapısı için %15.48, Verimlilik için %12.36, Üretkenlik için %11.66, Açılım Göstergeleri için %6.17, Kurumsal Özellikler için %5.53, Gelirler için %5.24 ve Giderler için %4.98 olarak hesaplanmıştır.

İkinci hiyerarşik seviyede dikkati çeken kriterler ve ilgili ağırlıkları ise şöyledir: Kurumsal Özellikler (Elmas Puan, %44.54), Finansman Yapısı (Sermaye / Varlık Rasyosu, %34.77), Açılım Göstergeleri (Borçlu Başına Ortalama Kredi Miktarı, %11.82), Genel Finansal Performans (Operasyonel Kendine Yeterlilik, %48.29), Gelirler (Kar Marjı, %50.64), Giderler (İşletme Gideri / Varlıklar, %32.21%), Verimlilik (İşletme Gideri / Borç Portföyü, %45.63), Üretkenlik (Çalışan Başına Verilen Kredi Miktarı, %22.65), Risk ve Likidite (Riskteki Portföy > 30 Gün, %30.75).

Ağırlıklandırmalara bakıldığında ilk üç kategorinin ağırlık toplamının dokuz kategori içerisinde %54'lük bir paya sahip olduğu görülmektedir. Birinci hiyerarşik seviye için KVler grubunun ana eğiliminin Risk ve Likidite'den olduğu görülmektedir ki mikrofinans kurumlarının hedef kitlesi gereği çok

riskli bir grupta bulunan düşük gelirli kişiler ana müşteri portföyünü oluşturduğundan haklı bir seçim olarak ortaya çıkmaktadır. Risk ve Likidite indikatörleri üzerinde gerekli performansa ulaşamayan mikrofinans kurumlarının hayatiyetlerini devam ettiremeyecekleri açıktır. İkinci sırada bulunan Genel Finansal Performans kategorisi mikrofinans kurumlarının sermayedarları tarafından sağlanan özkaynaklar ile mevcut varlıkların getirileri ve operasyonel yeterlilik ile ilgili öz oranları içerdiğinden KVler grubunun önem atfettiği bir kategori olmuştur. Üçüncü sırada ağırlıklandırılan Finansman Yapısı içerdiği rasyoların özkaynak, varlık ve borçlarla ilgili önemli bilgileri sağlamasından dolayı mevcut çalışmada yer alan KVler grubunun kârlılıktan çok mikrofinans kurumlarının risk ve finansman yapısını önceliklediği bulgusuna ulaşılmıştır. İkinci hiyerarşik seviyede ise ilgi çeken bir bulgu vardır. Toplamda mevcut 55 indikatör içerisinde en önemlisinin Risk ve Likidite kategorisinden değil Genel Finansal Performans kategorisinden Operasyonel Kendine Yeterlilik indikatörü olduğu tespit edilmiştir. Bu indikatör tek başına tüm indikatörler içinde %8.5 (%17.62 x %48.29) ağırlığa sahiptir.

2. GELECEK ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNERİLER

Bu tezde sunulan BRBAİY'nin Saaty'nin (1977) lineer 9'luk ölçeğine sadık kalmakla beraber gelecek çalışmalarda farklı ölçekler kullanılarak BRBAİY uygulamaları yapılabileceği değerlendirilmektedir. Özellikle Donegan, Dodd ve McMaster (1992) tarafından önerilen asimptotik ölçek 9 gibi bir üst sınır getirmediğinden ilgili yöntemle bir serbestiyet getirecektir. Negatif değerlerin de yer aldığı Saaty ve Özdemir (2003) ile Millet ve Schoner (2005) tarafından önerilen ölçeklerle yapılacak uygulamalar da gelecek çalışmalarda konu edilebilir.

Gelecek çalışmalar için başka bir öneri bulanık küme teorisi çerçevesindeki ÜBS'lere ek olarak farklı yapıdaki bulanık sayılar ile diğer teorilere ait sayısal kavramlar (aralık sayılar gibi) için AİY'nin genişletilmesidir.

Son olarak, gelecek çalışmalar çerçevesinde AİY, n-li karşılaştırmaları aynı anda matematiksel tercih ifadesi olarak formülize etme kapasitesine sahip olduğundan, KVlerden bu tarzda alınacak tercih ifadelerinden oluşan ÇKKV problemlerinin çözümüne yönelik olarak genişletilebilir.

KAYNAKÇA

BANA E COSTA, C. ve J. VANSNICK. "A Critical Analysis of the Eigenvalue Method Used to Derive Priorities in AHP", **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, 187, 3, 2008, 1422-1428.

BARZILAI, Johnathan. "Preference Function Modeling: The Mathematical Foundations of Decision Theory.", M. EHRGOTT, J.R. FIGUEIRA ve S. GRECO (Ed.), **Trends in Multiple Criteria Decision Analysis**, Halifax,: Springer, 2010, 57-86.

BELTON, V. ve A.E. GEAR. "On a Short-Coming of Saaty's Method of Analytic Hierarchies", **Omega**, Amsterdam, 11, 3, 1983, 228-230.

BELTON, V. ve T.J. STEWART. **Multiple Criteria Decision Analysis: An Integrated Approach** (2nd Printing), United Kingdom, Kluwer Academic Publishers, 2003.

BHUSHAN, N. ve R. KANWAL. **Strategic Decision Making: Applying the Analytic Hierarchy Process**, London, Springer-Verlag, 2004.

BLACK, Max. "Vagueness: An Exercise in Logical Analysis", **Philosophy of Science**, Baltimore, 4, 4, 1937, 427-455.

BRAU, J.C. ve G.M. WOLLER. "Microfinance: A Comprehensive Review of the Existing Literature", **Journal of Entrepreneurial Finance**, Montrose, 9, 1, 2004, 1-27.

BUCKLEY, James J. "Fuzzy Hierarchical Analysis", **Fuzzy Sets and Systems**, Amsterdam, 17, 3, 1985, 233-247.

BULUT, E., O. DURU, T. KEÇECİ ve S. YOSHIDA. "Use of Consistency Index, Expert Prioritization and Direct Numerical Inputs for Generic Fuzzy-AHP Modeling: A Process Model for Shipping Asset Management", **Expert Systems with Applications**, Amsterdam, 39, 2012, 1911-1923.

CANTOR, Georg. "Beiträge zur Begründung der transfiniten Mengenlehre", **Mathematische Annalen**, Leipzig, 46, 4, 1895, 481-512.

CHANG, Da-Yong. "Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP", **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, 95, 3, 1996, 649-655.

CHEN, S.J. ve C.L. HWANG. **Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications**, Springer, Berlin, 1992.

DODD, F.J. ve H.A. DONEGAN. "Comparison of Prioritization Techniques Using Interhierarchy Mappings", **Journal of the Operational Research Society**, Basingstoke, 46, 4, 1995, 492-498.

DODD, F.J., H.A. DONEGAN ve T.B.M. MCMASTER. "Reassessment of Consistency Criteria in Judgment Matrices", **Journal of the Royal Statistical Society: Series D (The Statistician)**, Hoboken, 44,1, 1995, 31-41.

DONEGAN, H.A, F.J. DODD ve T.B.M. MCMASTER. "A New Approach to AHP Decision-Making", **Journal of the Royal Statistical Society: Series D (The Statistician)**, Hoboken, 41, 3, 1992, 295-302.

DUBOIS, Didier. "The Role of Fuzzy Sets in Decision Sciences: Old Techniques and New Directions", **Fuzzy Sets and Systems**, Amsterdam, 184, 1, 2011, 3-28.

DUBOIS, D. ve H. PRADE. "Operations on Fuzzy Numbers", **International Journal of Systems Science**, Abingdon, 9, 6, 1978, 613-626.

DUCKSTEIN, L. ve S. OPRICOVIC. "Multiobjective Optimization in River Basin Development", **Water Resources Research**, Washington, D.C., 16, 1, 1980, 14-20.

DURU, O., E. BULUT ve S. YOSHIDA. "Regime Switching Fuzzy AHP Model for Choice-Varying Priorities Problem and Expert Consistency Prioritization: A Cubic Fuzzy-Priority Matrix Design", **Expert Systems with Applications**, Amsterdam, 39, 2012, 4954-4964.

EASTMAN, J.R., H. JIANG ve J. TOLEDANO. "Multicriteria and Multiobjective Decision Making for Land Allocation Using GIS", E. BEINAT, P. NIJKAMP (Ed.), **Multicriteria Analysis for Land-Use Management**, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1993, 227-251.

FECHNER, Gustav Theodor. **Elemente der Psychophysik** (Zweiter Theil), Leipzig, Breitkopf und Härtel, 1860.

FORMAN, E.H. ve I.G. SAUL. "The Analytical Hierarchy Process – An Exposition", **Operations Research**, Catonsville, 49, 4, 2001, 469-487.

"GNumeric version 1.12.9", The GNOME Project, 2013,
<<http://www.gnumeric.org>>.

GOLDEN, B.L. ve Q. WANG. "An Alternative Measure of Consistency.", B.L. GOLDEN, E.A. WASIL, P.T. HARKER (Ed.), **The Analytic Hierarchy Process**, Berlin, Springer-Verlag, 1989.

HANSSON, Sven Ove. **Decision Theory: A Brief Introduction**, Stockholm, Royal Institute of Technology (KTH), 2005.

HARKER, Patrick Timothy. "Alternatives Modes of Questioning in the Analytic Hierarchy Process", **Mathematical and Computer Modelling**, Amsterdam, 9, 3-5, 1987, 353-360.

HARKER, P.T. ve L. VARGAS. "The Theory of Ratio Scale Estimation: Saaty's Analytic Hierarchy Process", **Management Science**, Catonsville, 33, 11, 1987, 1383-1403.

HEISENBERG, Werner Karl. "Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik", **Zeitschrift für Physik**, Berlin, 43, 3-4, 1927, 172-198.

HOTMAN, Elina. "Base Reference Analytical Hierarchy Process for Engineering Process Selection", R. KHOSLA, R.J. HOWLETT, L.C. JAIN (Ed.), **Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems**, Springer Verlag, Berlin, 2005.

HYDE, K.M., H.R. MAIER ve C.B. COLBY. "Reliability-Based Approach to Multicriteria Decision Analysis for Water Resources", **Journal of Water Resources Planning and Management**, Reston, 130, 6, 2004, 429-438.

ISHIZAKA, A. ve A. LABIB. "Review of the Main Developments in the Analytic Hierarchy Process", **Expert Systems with Applications**, Tarrytown, 38, 11, 2011, 14336-14345.

ISHIZAKA, A., D. BALKENBORG, ve T. KAPLAN. "Influence of Aggregation and Measurement Scale on Ranking a Compromise Alternative in AHP", **Journal of the Operational Research Society**, Birmingham, 62, 4, 2011, 700-710.

ISLAM, R., M.P. BISWAL, ve S.S. ALAM. "Preference Programming and Inconsistent Interval Judgments", **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, 97, 1, 1997, 53-62.

JI, P. ve R. JIANG, R. "Scale Transitivity in the AHP", **Journal of the Operational Research Society**, Birmingham, 54, 8, 2003, 896-905.

JOHNSON, C., W. BEINE ve T. WANG. "Right-Left Asymmetry in an Eigenvector Ranking Procedure", **Journal of Mathematical Psychology**, Waltham, 19, 1, 1979, 61-64.

KAMAL, M.A. ve A.H. SUBHI. "An Application of AHP in Project Management", **International Journal of Project Management**, Amsterdam, 19, 1, 2001, 19-27.

KARAPETROVIC, S. ve E. ROSENBLOOM. "A Quality Control Approach to Consistency Paradoxes in AHP", **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, 119, 3, 1999, 704-718.

KEENEY, R.L. ve H. RAIFFA. **Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-Offs**, Cambridge, Cambridge University Press, 1993.

KLAUA, Dieter. "Über einen Ansatz zur mehrwertigen Mengenlehre", **Monatsberichte der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin**, Berlin, 7, 1965, 859-867.

KWIESIELEWICZ, M. ve E. VAN UDEN. "Inconsistent and Contradictory Judgements in Pairwise Comparison Method in AHP", **Computers and Operations Research**, Amsterdam, 31, 5, 2004, 713-719.

LAMATA, M.T. ve J.I. PELÁEZ. "A New Consistency Measure for Reciprocal Matrices", **Proceedings of the 7th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems (IPMU 1998)**, Paris, Editions EDK, (6-10 Temmuz) 1998a, 211-217.

LAMATA, M.T. ve J.I. PELÁEZ. "Un Algoritmo para Reconstruir Matrices Recíprocas", **Actas del VIII Congreso Español sobre Tecnología y Lógica Fuzzy (ESTYLF'98)**, Pamplona, (8-10 Eylül) 1998b, 265-270.

LAMATA, M.T. ve J.I. PELÁEZ. "Preference Graph and Consistency in AHP", **Proceedings of the Joint Eurofuse-Sic'99 International Conference**, Budapest, 25-28 Mayıs 1999, 508-513.

LEDGERWOOD, Joanna. **Microfinance Handbook: An Institutional and Financial Perspective** (3rd Printing), Washington, D.C., The World Bank, 2000.

LEDGERWOOD, J., G. O'KEEFFEE ve I. AREVALO. "Monitoring and Managing Financial and Social Performance", J. LEDGERWOOD, J. EARNE ve C. NELSON (Ed.), **The New Microfinance Handbook: A Financial Market System Perspective**, Washington, D.C., The World Bank, 2013.

LEUNG, L.C ve D. CAO. "On Consistency and Ranking of Alternatives in Fuzzy AHP", **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, 124, 2000, 102-113.

LINKOV, I., F.K. SATTERSTROM, G. KIKER, T.P. SEAGER, T. BRIDGES, K.H. GARDNER, S.H. ROGERS, D.A. BELLUCK ve A. MEYER. "Multicriteria Decision Analysis: A Comprehensive Decision Approach for Management of Contaminated Sediments", **Risk Analysis**, McLean, 26, 1, 2006, 61-78.

LINKOV, I., F.K. SATTERSTROM, A. TKACHUK, A. LEVCHENKO, T.P. SEAGER, J.R. FIGUEIRA ve T. TERVONEN. "A Multi-Criteria Decision Analysis Approach for Prioritization of Performance Metrics: US Government Performance and Results Act (GPRA) and Oil Spill Response", I. LINKOV, R.J. WENNING, G.A. KIKER (Ed.), **Managing Critical Infrastructure Risks**, Dordrecht, Springer, 2007.

LOOTSMA, Freerk A. "Conflict Resolution via Pairwise Comparison of Concessions", **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, 40, 1, 1989, 109-116.

ŁUKASIEWICZ, Jan. "Philosophische Bemerkungen zu mehrwertigen Systemen des Aussagenkalküls", **Comptes rendus de la Société des Sciences et des Lettres de Varsovie**, Varsovie, 3, 23, 1930, 51-77.

MA, D. ve X. Zheng. "9/9-9/1 Scale Method of AHP", **Proceedings of the 2nd International Symposium on AHP** (Vol. 1), Pittsburgh, 1991, 197-202.

MARKUSEN, Ann. "Fuzzy Concepts, Scanty Evidence, Policy Distance: The Case for Rigour and Policy Relevance in Critical Regional Studies", **Regional Studies**, Seaford, 37, 6-7, 2003, 701-717.

"MATLAB version R2013b", The MathWorks Inc., Natick, 2013.

"Microsoft Excel 2013 - 32 bit (15.0.4641.1000)", Microsoft Corp., Redmond, 2013.

MILLER, George Armitage. "The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information", **Psychological Review**, Washington, D.C., 63, 2, 1956, 81-97.

MILLER, James Rumrill. **The Assessment of Worth: A Systematic Procedure and Its Experimental Validation** (Yayımlanmamış Doktora Tezi), Cambridge, Massachusetts Institute of Technology, Sloan School of Management, 1966.

MILLER, James Rumrill. "Assessing Alternative Transportation Systems", **Memorandum RM-5865-DOR**, Santa Monica, The RAND Corporation, 1969.

MILLER, James Rumrill. **Professional Decision-Making: A Procedure for Evaluating Complex Alternatives**, New York, Praeger Publishers, 1970.

MILLET, I. ve B. SCHONER, B. "Incorporating Negative Values into the Analytic Hierarchy Process", **Computers and Operations Research**, Amsterdam, 32, 12, 2005, 3163-3173.

MILZ, Geoffrey G. **Beyond Ad-Hoc: An Application of Multiple Criteria Decision Analysis in Emergency Planning and Response** (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Cincinnati, University of Cincinnati College of Design, Architecture, Art and Planning, 2008.

MixMarket. Microfinance Information Exchange. 2013
<<http://www.mixmarket.org/mfi/indicators>>

MONSUUR, Herman. "An Intrinsic Consistency Threshold for Reciprocal Matrices", **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, 96, 2, 1997, 387-391.

OHNISHI, S., D. DUBOIS, H. PRADE, T. YAMANOI. "A Fuzzy Constraint-Based Approach to the Analytic Hierarchy Process", B. BOUCHON-MEUNIER, C. MARSALA, M. RIFQI, R.R. YAGER (Ed.) **Uncertainty and Intelligent Information Systems**, Singapore, World Scientific, 2008.

OPRICOVIC, S. ve G.H. TZENG. "Defuzzification within a Multicriteria Decision Model", **International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems**, Hackensack, 11, 5, 2003, 635-652.

ÖZYÖRÜK, B. ve E.C. ÖZCAN. "Otomotiv Sektöründe Tedarikçi Seçimine Etki Eden Faktörler ve Tedarikçi Seçimi", **V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu Tebliğ Kitabı**, İstanbul, İstanbul Ticaret Üniversitesi, 2005, 625-629.

PELÁEZ, P. ve M.T. LAMATA. "A New Measure of Consistency for Positive Reciprocal Matrices", **Computers and Mathematics with Applications**, Amsterdam, 46, 12, 2003, 1839-1845.

"Rank Reversals in Decision-Making". Wikipedia, The Free Encyclopedia. 2014 <http://en.wikipedia.org/wiki/Rank_reversals_in_decision-making>

RAUSCHER, H.M., F.T. LLOYD, D.L. LOFTIS ve M.J. TWERY. "A Practical Decision-Analysis Process for Forest Ecosystem Management", **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, 27, 1-3, 2000, 195-226.

ROY, Bernard. "Paradigms and Challenges", J. FIGUEIRA, S. GRECO, M. EHRGOTT (Ed.), **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**, New York, Springer Science+Business Media, 2005.

SAATY, Thomas L. **An Eigenvalue Allocation Model for Prioritization and Planning (Working Paper)**, Pennsylvania, Energy Management and Policy Center, University of Pennsylvania, 1972.

SAATY, Thomas L. "A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures", **Journal of Mathematical Psychology**, Waltham, 15, 3, 1977, 234-281.

SAATY, Thomas L. **The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation**, New York, McGraw-Hill, 1980.

SAATY, Thomas L. **Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process** (2nd Edition 2nd Printing), Pittsburgh, RWS Publications, 2006.

SAATY, Thomas L. "There is No Mathematical Validity for Using Fuzzy Number Crunching in the Analytic Hierarchy Process", **Journal of Systems Science and Systems Engineering**, Berlin, 15, 4, 2006, 457-464.

SAATY, Thomas L. **Decision Making for Leaders: The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World** (3rd Revised Edition), Pittsburgh, RWS Publications, 2008.

SAATY, Thomas L. **Principia Mathematica Decernendi: Mathematical Principles of Decision Making**, Pittsburgh, RWS Publications, 2009.

SAATY, T.L. ve L.T. TRAN. "On the Invalidity of Fuzzifying Numerical Judgments in the Analytic Hierarchy Process", **Mathematical and Computer Modelling**, Amsterdam, 46, 7-8, 2007, 962-975.

SAATY, T.L. ve L.T. TRAN. "Fuzzy Judgments and Fuzzy Sets", **International Journal of Strategic Decision Sciences**, Philadelphia, 1, 1, 2010, 23-40.

SAATY, T.L. ve M. ÖZDEMİR. "Negative Priorities in the Analytic Hierarchy Process", **Mathematical and Computer Modelling**, Amsterdam, 37, 9-10, 2003, 1063-1075.

SALO, Ahti A. "On Fuzzy Ratio Comparisons in Hierarchical Decision Models", **Fuzzy Set and Systems**, Amsterdam, 84, 1, 1996, 21-32.

SALO, A. ve R. HÄMÄLÄINEN, R. "On the Measurement of Preference in the Analytic Hierarchy Process", **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, New York, 6, 6, 1997, 309-319.

SCHNEIDER, Frank. **Multiple Criteria Decision Making in Application Layer Networks**, Bayreuth, Universität Bayreuth, 2008.

SCOTT, Leanne. "Participatory Multi-Criteria Decision Analysis: A New Tool for Integrated Development Planning", **Development Southern Africa**, London, 22, 5, 2005, 695-716.

SMARANDACHE, Florentin. " α -Discounting Method for Multi-Criteria Decision Making (α -D MCDM)", **Proceedings of the 13th International Conference on Information Fusion (FUSION) 2010** (CD-ROM Edition), Edinburgh, 2010.

STEVENS, Stanley Smith. "On the Psychophysical Law", **Psychological Review**, Washington, D.C., 64, 3, 1957, 153-181.

"SymPy version 0.7.1, Python Library for Symbolic Mathematics", SymPy Development Team, 2012, <<http://www.sympy.org>>.

"SymPy version 0.7.4.1, Python Library for Symbolic Mathematics", SymPy Development Team, 2013, <<http://www.sympy.org>>.

THURSTONE, Louis Leon. "A Law of Comparative Judgments", **Psychological Review**, Washington, D.C., 34, 1927, 273-286.

TRANTAPHYLLOU, Evangelos. **Multi-Criteria Decision Making: A Comparative Study**, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2000.

TRANTAPHYLLOU, Evangelos. "Two New Cases of Rank Reversals when the AHP and Some of its Additive Variants are Used that do not Occur with the Multiplicative AHP", **Multi-Criteria Decision Analysis**, Hoboken, 10, 1, 2001, 11-25

TRANTAPHYLLOU, E. ve S.H. MANN. "An Examination of the Effectiveness of Multi-Dimensional Decision-Making Methods: A Decision-Making Paradox", **Decision Support Systems**, Amsterdam, 5, 3, 1989, 303-312.

TZENG, G-H. ve J. HUANG. **Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications**, Boca Raton, Chapman and Hall/CRC, 2011.

VOOGD, Henk. **Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning**, London, Pion, 1983.

WANG, T-C. ve Y-H. CHEN. "Applying Fuzzy Linguistic Preference Relations to the Improvement of Consistency of Fuzzy AHP", **Information Sciences**, Amsterdam, 178, 2008, 3755-3765.

WANG, X. ve E. TRIANTAPHYLLOU. "Ranking Irregularities when Evaluating Alternatives by Using Some ELECTRE Methods", **Omega**, Amsterdam, 36, 1, 2008, 45-63.

WANG, Y.M., Y. LUO ve Z.S. HUA. "On the Extent Analysis Method for Fuzzy AHP and Its Applications", **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, 186, 2, 2008, 735-747.

WHITE, Douglas John. **Decision Theory**, New Jersey, Transaction Publishers, 2006.

YOKOYAMA, M. "The Nature of the Affective Judgment in the Method of Paired Comparison", **The American Journal of Psychology**, Champaign, 32, 1921, 357-369.

YOON, K.P. ve C.L. HWANG. **Multiple Attribute Decision Making: An Introduction**, Thousand Oaks, Sage Publications, 1995.

ZADEH, Lotfi Askar. "Fuzzy Sets", **Information and Control**, New York, 8, 3, 1965a, 338-353.

ZADEH, Lotfi Askar. "Fuzzy Sets and Systems", J. FOX (Ed.), **System Theory: Microwave Research Institute Symposium Series 15**, Brooklyn, Polytech. Press, 1965b, 29-37.

ZADEH, Lotfi Askar. "Quantitative Fuzzy Semantics", **Information Sciences**, Amsterdam, 3, 2, 1971, 159-176.

ZADEH, Lotfi Askar. "Calculus of Fuzzy Restrictions", L.A. ZADEH, K.S. FU, K. TANAKA ve M. SHIMURA (Ed.), **Fuzzy Sets and Their Applications to Cognitive and Decision Processes**, New York, Academic Press, 1975.

ZHU, Keyu. "The Invalidity of Triangular Fuzzy AHP - A Mathematical Justification", SSRN, 23 Ocak 2012 <<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2011922>>

EKLER

EK-A : ANKET FORMU (İngilizce)

ANKET FORMU

Questionnaire for Priority Assignment to Financial Indicators of Microfinance Institutions Based on Pairwise or Base Reference Comparison

The purpose of this questionnaire is to find out the priorities of financial indicators applicable for Microfinance Institutions (MFI) to be stated by respondents. This questionnaire uses two comparison methods (Complete Pairwise Comparison and Base Reference Comparison) based on five linguistic variables (Equal Priority, Weak Priority, Strong Priority, Very Strong Priority, and Absolute Priority) for priority assignments to be made by the respondents. The outcomes from this questionnaire will be aggregated and then accordingly fed into various multi-criteria decision making methods to rank the MFIs based on their financial indicators.

The Pairwise Comparison sections found in this questionnaire ask you to compare in pairs each of the indicators under that specific category to assign the level of priority you think is appropriate to assign. In Pairwise Comparisons, you need to make $(n \times n - 1) / 2$ comparisons for the available indicators.

The Base Reference Comparison is relatively a short-cut comparison method when compared to the complete comparison method. Unlike in complete pairwise comparison, you will choose one indicator to be the base reference and a partial pairwise comparison ($n - 1$ comparisons) will be made between the base reference indicator and other indicators. Base reference comparison not only saves time but also assures consistency for the priority assignments you will be making. While choosing the base reference category, please choose a category you know well from among the available indicators set. Please check "Equal Priority" for two identical categories.

For your information, if you check a column relative to the left of "Equal Priority", it means "[Indicator in the left column] has [chosen column priority] over [indicator in the right column]". If you check a column relative to the right of "Equal Priority", it means "[Indicator in the right column] has [chosen column priority] over [indicator in the left column]".

The comparisons you will make are for two hierarchical levels: The first hierarchical level includes nine broad categories of sub-indicators. The second hierarchical levels include sub-indicators pertaining to the nine different categories. If you think that the categories/indicators found both are of equal priority in pairwise or base reference comparison, you can either check "Equal Priority" or leave those sections completely blank. Thank you again for contributing in the dissertation research under the title "A Novel Multi-Criteria Fuzzy Approach for the Financial Performance Ranking of Microfinance Institutions".

Please provide below your contact details:

Full Name: _____
 Title: _____
 Organisation Name: _____
 Department: _____
 E-mail(s): _____

Please provide a brief bio of yours, preferably your experience with MFIs:

PAIRWISE COMPARISON BETWEEN INDICATOR CATEGORIES

EK-A'NIN DEVAMI

In this section, we ask you to state your priorities, by typing a check sign (x) under respective columns, between two categories. If you compare each of the following indicator categories, what level of priority do you think is appropriate to assign? Unlike in base reference comparison, you need to make $(n \times n - 1) / 2$ comparisons. If you think you are not comfortable in filling in this section, you can skip to Base Reference Comparison which will both save time and ensure consistency. For your information, if you check a column relative to the left of "Equal Priority", it means "[Category in the left column] has [chosen column priority] over [category in the right column]". If you check a column relative to the right of "Equal Priority", it means "[Category in the right column] has [chosen column priority] over [category in the left column]".

	Absolute Priority	Very Strong Priority	Strong Priority	Weak Priority	Equal Priority	Weak Priority	Strong Priority	Very Strong Priority	Absolute Priority	
1	Institutional Characteristics									Financing Structure
2	Financing Structure									Outreach Indicators
3	Outreach Indicators									Overall Financial Performance
4	Overall Financial Performance									Revenues
5	Revenues									Expenses
6	Expenses									Efficiency
7	Efficiency									Productivity
8	Productivity									Risk and Liquidity
9	Institutional Characteristics									Outreach Indicators
10	Financing Structure									Overall Financial Performance
11	Outreach Indicators									Revenues
12	Overall Financial Performance									Expenses
13	Revenues									Efficiency
14	Expenses									Productivity
15	Efficiency									Risk and Liquidity
16	Institutional Characteristics									Overall Financial Performance
17	Financing Structure									Revenues
18	Outreach Indicators									Expenses
19	Overall Financial Performance									Efficiency
20	Revenues									Productivity
21	Expenses									Risk and Liquidity
22	Institutional Characteristics									Revenues
23	Financing Structure									Expenses
24	Outreach Indicators									Efficiency
25	Overall Financial Performance									Productivity
26	Revenues									Risk and Liquidity
27	Institutional Characteristics									Expenses
28	Financing Structure									Efficiency
29	Outreach Indicators									Productivity
30	Overall Financial Performance									Risk and Liquidity
31	Institutional Characteristics									Efficiency
32	Financing Structure									Productivity
33	Outreach Indicators									Risk and Liquidity
34	Institutional Characteristics									Productivity
35	Financing Structure									Risk and Liquidity
36	Institutional Characteristics									Risk and Liquidity

BASE REFERENCE COMPARISON BETWEEN INDICATOR CATEGORIES

EK-A'NIN DEVAMI

In this section, we ask you to state your priorities, by typing a check sign (x) under respective columns, between two categories with respect to base reference modelling. Unlike in complete pairwise comparison, the category you choose will be the base reference and a partial pairwise comparison will be made between the base reference category and other categories. Base reference comparison not only saves time but also assures consistency for the priority assignments you will be making. While choosing the base reference category, please choose a category you know well from among the nine categories given on the right column below (i.e.; Institutional Characteristics, Financing Structure, Outreach Indicators, Overall Financial Performance, Revenues, Expenses, Efficiency, Productivity, Risk and Liquidity) and type it the box below. The left column will be automatically updated to reflect your choice. Please check "Equal Priority" for the pairwise comparison between two identical categories. If you check a column relative to the left of "Equal Priority", it means "[Base reference category] has [chosen column priority] over [category in the right column]". If you check a column relative to the right of "Equal Priority", it means "[Category in the right column] has [chosen column priority] over [base reference category]".

TYPE THE BASE REFERENCE CATEGORY YOU HAVE CHOSEN IN THE BOX BELOW

		Absolute Priority	Very Strong Priority	Strong Priority	Weak Priority	Equal Priority	Weak Priority	Strong Priority	Very Strong Priority	Absolute Priority	
1											Institutional Characteristics
2											Financing Structure
3											Outreach Indicators
4											Overall Financial Performance
5											Revenues
6											Expenses
7											Efficiency
8											Productivity
9											Risk and Liquidity

PAIRWISE COMPARISON BETWEEN INDICATORS OF INSTITUTIONAL CHARACTERISTICS

EK-A'NIN DEVAMI

In this section, we ask you to state your priorities, by typing a check sign (x) under respective columns, between two indicators. If you compare each of the following indicators, what level of priority do you think is appropriate to assign? Unlike in base reference comparison, you need to make $(n \times n - 1) / 2$ comparisons. If you think you are not comfortable in filling in this section, you can skip to Base Reference Comparison which will both save time and ensure consistency. For your information, if you check a column relative to the left of "Equal Priority", it means "[Indicator in the left column] has [chosen column priority] over [indicator in the right column]". If you check a column relative to the right of "Equal Priority", it means "[Indicator in the right column] has [chosen column priority] over [indicator in the left column]".

		Absolute Priority	Very Strong Priority	Strong Priority	Weak Priority	Equal Priority	Weak Priority	Strong Priority	Very Strong Priority	Absolute Priority	
1	Assets										Offices
2	Offices										Personnel
3	Personnel										Annual Diamond
4	Assets										Personnel
5	Offices										Annual Diamond
6	Assets										Annual Diamond

BASE REFERENCE COMPARISON BETWEEN INDICATORS OF INSTITUTIONAL CHARACTERISTICS

EK-A'NIN DEVAMI

In this section, we ask you to state your priorities, by typing a check sign (x) under respective columns, between two indicators with respect to base reference modelling. Unlike in complete pairwise comparison, the indicator you choose will be the base reference and a partial pairwise comparison will be made between the base reference indicator and other indicators. Base reference comparison not only saves time but also assures consistency for the priority assignments you will be making. While choosing the base reference indicator, please choose an indicator you know well from among the four indicators given on the right column below (i.e.; Assets, Offices, Personnel, and Annual Diamond) and type it the box below. The left column will be automatically updated to reflect your choice. Please check "Equal Priority" for the pairwise comparison between two identical indicators. If you check a column relative to the left of "Equal Priority", it means "[Base reference indicator] has [chosen column priority] over [indicator in the right column]". If you check a column relative to the right of "Equal Priority", it means "[Indicator in the right column] has [chosen column priority] over [base reference indicator]".

TYPE THE BASE REFERENCE CATEGORY YOU HAVE CHOSEN IN THE BOX BELOW

--

		Absolute Priority	Very Strong Priority	Strong Priority	Weak Priority	Equal Priority	Weak Priority	Strong Priority	Very Strong Priority	Absolute Priority	
1											Assets
2											Offices
3											Personnel
4											Annual Diamond

PAIRWISE COMPARISON BETWEEN FINANCING STRUCTURE INDICATORS

EK-A'NIN DEVAMI

In this section, we ask you to state your priorities, by typing a check sign (x) under respective columns, between two indicators. If you compare each of the following indicators, what level of priority do you think is appropriate to assign? Unlike in base reference comparison, you need to make $(n \times n - 1) / 2$ comparisons. If you think you are not comfortable in filling in this section, you can skip to Base Reference Comparison which will both save time and ensure consistency. For your information, if you check a column relative to the left of "Equal Priority", it means "[Indicator in the left column] has [chosen column priority] over [indicator in the right column]". If you check a column relative to the right of "Equal Priority", it means "[Indicator in the right column] has [chosen column priority] over [indicator in the left column]".

		Absolute Priority	Very Strong Priority	Strong Priority	Weak Priority	Equal Priority	Weak Priority	Strong Priority	Very Strong Priority	Absolute Priority	
1	Capital / Asset Ratio										Debt to Equity Ratio
2	Debt to Equity Ratio										Deposits to Loans
3	Deposits to Loans										Deposits to Total Assets
4	Deposits to Total Assets										Gross Loan Portfolio to Total Assets
5	Capital / Asset Ratio										Deposits to Loans
6	Debt to Equity Ratio										Deposits to Total Assets
7	Deposits to Loans										Gross Loan Portfolio to Total Assets
8	Capital / Asset Ratio										Deposits to Total Assets
9	Debt to Equity Ratio										Gross Loan Portfolio to Total Assets
10	Capital / Asset Ratio										Gross Loan Portfolio to Total Assets

BASE REFERENCE COMPARISON BETWEEN FINANCING STRUCTURE INDICATORS

EK-A'NIN DEVAMI

In this section, we ask you to state your priorities, by typing a check sign (x) under respective columns, between two indicators with respect to base reference modelling. Unlike in complete pairwise comparison, the indicator you choose will be the base reference and a partial pairwise comparison will be made between the base reference indicator and other indicators. Base reference comparison not only saves time but also assures consistency for the priority assignments you will be making. While choosing the base reference indicator, please choose an indicator you know well from among the five indicators given on the right column below (i.e.; Capital / Asset Ratio, Debt to Equity Ratio, Deposits to Loans, Deposits to Total Assets, and Gross Loan Portfolio to Total Assets) and type it the box below. The left column will be automatically updated to reflect your choice. Please check "Equal Priority" for the pairwise comparison between two identical indicators. If you check a column relative to the left of "Equal Priority", it means "[Base reference indicator] has [chosen column priority] over [indicator in the right column]". If you check a column relative to the right of "Equal Priority", it means "[Indicator in the right column] has [chosen column priority] over [base reference indicator]".

TYPE THE BASE REFERENCE CATEGORY YOU HAVE CHOSEN IN THE BOX BELOW

		Absolute Priority	Very Strong Priority	Strong Priority	Weak Priority	Equal Priority	Weak Priority	Strong Priority	Very Strong Priority	Absolute Priority
1										Capital / Asset Ratio
2										Debt to Equity Ratio
3										Deposits to Loans
4										Deposits to Total Assets
5										Gross Loan Portfolio to Total Assets

PAIRWISE COMPARISON BETWEEN OUTREACH INDICATORS

EK-A'NIN DEVAMI

In this section, we ask you to state your priorities, by typing a check sign (x) under respective columns, between two indicators. If you compare each of the following indicators, what level of priority do you think is appropriate to assign? Unlike in base reference comparison, you need to make $(n \times n - 1) / 2$ comparisons. If you think you are not comfortable in filling in this section, you can skip to Base Reference Comparison which will both save time and ensure consistency. For your information, if you check a column relative to the left of "Equal Priority", it means "[Indicator in the left column] has [chosen column priority] over [indicator in the right column]". If you check a column relative to the right of "Equal Priority", it means "[Indicator in the right column] has [chosen column priority] over [indicator in the left column]".

		Absolute Priority	Very Strong Priority	Strong Priority	Weak Priority	Equal Priority	Weak Priority	Strong Priority	Very Strong Priority	Absolute Priority	
1	Number of Active Borrowers										Percent of Female Borrowers
2	Percent of Female Borrowers										Number of Loans Outstanding
3	Number of Loans Outstanding										Gross Loan Portfolio
4	Gross Loan Portfolio										Average Loan Balance per Borrower
5	Average Loan Balance per Borrower										Average Loan Balance per Borrower / GNI per Capita
6	Average Loan Balance per Borrower / GNI per Capita										Average Outstanding Balance
7	Average Outstanding Balance										Average Outstanding Balance / GNI per Capita
8	Average Outstanding Balance / GNI per Capita										Number of Depositors
9	Number of Depositors										Number of Deposit Accounts
10	Number of Deposit Accounts										Deposits
11	Deposits										Average Deposit Balance per Depositor
12	Average Deposit Balance per Depositor										Average Deposit Balance per Depositor / GNI per Capita
13	Average Deposit Balance per Depositor / GNI per Capita										Average Deposit Account Balance
14	Average Deposit Account Balance										Average Deposit Account Balance / GNI per Capita
15	Number of Active Borrowers										Number of Loans Outstanding
16	Percent of Female Borrowers										Gross Loan Portfolio
17	Number of Loans Outstanding										Average Loan Balance per Borrower
18	Gross Loan Portfolio										Average Loan Balance per Borrower / GNI per Capita
19	Average Loan Balance per Borrower										Average Outstanding Balance
20	Average Loan Balance per Borrower / GNI per Capita										Average Outstanding Balance / GNI per Capita
21	Average Outstanding Balance										Number of Depositors
22	Average Outstanding Balance / GNI per Capita										Number of Deposit Accounts
23	Number of Depositors										Deposits
24	Number of Deposit Accounts										Average Deposit Balance per Depositor
25	Deposits										Average Deposit Balance per Depositor / GNI per Capita
26	Average Deposit Balance per Depositor										Average Deposit Account Balance
27	Average Deposit Balance per Depositor / GNI per Capita										Average Deposit Account Balance / GNI per Capita
28	Number of Active Borrowers										Gross Loan Portfolio

Pairwise comparison between outreach indicators (cont.)		Absolute Priority	Very Strong Priority	Strong Priority	Weak Priority	Equal Priority	Weak Priority	Strong Priority	Very Strong Priority	Absolute Priority	
29	Percent of Female Borrowers										Average Loan Balance per Borrower
30	Number of Loans Outstanding										Average Loan Balance per Borrower / GNI per Capita
31	Gross Loan Portfolio										Average Outstanding Balance
32	Average Loan Balance per Borrower										Average Outstanding Balance / GNI per Capita
33	Average Loan Balance per Borrower / GNI per Capita										Number of Depositors
34	Average Outstanding Balance										Number of Deposit Accounts
35	Average Outstanding Balance / GNI per Capita										Deposits
36	Number of Depositors										Average Deposit Balance per Depositor
37	Number of Deposit Accounts										Average Deposit Balance per Depositor / GNI per Capita
38	Deposits										Average Deposit Account Balance
39	Average Deposit Balance per Depositor										Average Deposit Account Balance / GNI per Capita
40	Number of Active Borrowers										Average Loan Balance per Borrower
41	Percent of Female Borrowers										Average Loan Balance per Borrower / GNI per Capita
42	Number of Loans Outstanding										Average Outstanding Balance
43	Gross Loan Portfolio										Average Outstanding Balance / GNI per Capita
44	Average Loan Balance per Borrower										Number of Depositors
45	Average Loan Balance per Borrower / GNI per Capita										Number of Deposit Accounts
46	Average Outstanding Balance										Deposits
47	Average Outstanding Balance / GNI per Capita										Average Deposit Balance per Depositor
48	Number of Depositors										Average Deposit Balance per Depositor / GNI per Capita
49	Number of Deposit Accounts										Average Deposit Account Balance
50	Deposits										Average Deposit Account Balance / GNI per Capita
51	Number of Active Borrowers										Average Loan Balance per Borrower / GNI per Capita
52	Percent of Female Borrowers										Average Outstanding Balance
53	Number of Loans Outstanding										Average Outstanding Balance / GNI per Capita
54	Gross Loan Portfolio										Number of Depositors
55	Average Loan Balance per Borrower										Number of Deposit Accounts
56	Average Loan Balance per Borrower / GNI per Capita										Deposits
57	Average Outstanding Balance										Average Deposit Balance per Depositor
58	Average Outstanding Balance / GNI per Capita										Average Deposit Balance per Depositor / GNI per Capita
59	Number of Depositors										Average Deposit Account Balance
60	Number of Deposit Accounts										Average Deposit Account Balance / GNI per Capita
61	Number of Active Borrowers										Average Outstanding Balance
62	Percent of Female Borrowers										Average Outstanding Balance / GNI per Capita
63	Number of Loans Outstanding										Number of Depositors
64	Gross Loan Portfolio										Number of Deposit Accounts
65	Average Loan Balance per Borrower										Deposits
66	Average Loan Balance per Borrower / GNI per Capita										Average Deposit Balance per Depositor
67	Average Outstanding Balance										Average Deposit Balance per Depositor / GNI per Capita
68	Average Outstanding Balance / GNI per Capita										Average Deposit Account Balance
69	Number of Depositors										Average Deposit Account Balance / GNI per Capita
70	Number of Active Borrowers										Average Outstanding Balance / GNI per Capita
71	Percent of Female Borrowers										Number of Depositors
72	Number of Loans Outstanding										Number of Deposit Accounts
73	Gross Loan Portfolio										Deposits

Pairwise comparison between outreach indicators (cont.)		Absolute Priority	Very Strong Priority	Strong Priority	Weak Priority	Equal Priority	Weak Priority	Strong Priority	Very Strong Priority	Absolute Priority	
74	Average Loan Balance per Borrower										Average Deposit Balance per Depositor
75	Average Loan Balance per Borrower / GNI per Capita										Average Deposit Balance per Depositor / GNI per Capita
76	Average Outstanding Balance										Average Deposit Account Balance
77	Average Outstanding Balance / GNI per Capita										Average Deposit Account Balance / GNI per Capita
78	Number of Active Borrowers										Number of Depositors
79	Percent of Female Borrowers										Number of Deposit Accounts
80	Number of Loans Outstanding										Deposits
81	Gross Loan Portfolio										Average Deposit Balance per Depositor
82	Average Loan Balance per Borrower										Average Deposit Balance per Depositor / GNI per Capita
83	Average Loan Balance per Borrower / GNI per Capita										Average Deposit Account Balance
84	Average Outstanding Balance										Average Deposit Account Balance / GNI per Capita
85	Number of Active Borrowers										Number of Deposit Accounts
86	Percent of Female Borrowers										Deposits
87	Number of Loans Outstanding										Average Deposit Balance per Depositor
88	Gross Loan Portfolio										Average Deposit Balance per Depositor / GNI per Capita
89	Average Loan Balance per Borrower										Average Deposit Account Balance
90	Average Loan Balance per Borrower / GNI per Capita										Average Deposit Account Balance / GNI per Capita
91	Number of Active Borrowers										Deposits
92	Percent of Female Borrowers										Average Deposit Balance per Depositor
93	Number of Loans Outstanding										Average Deposit Balance per Depositor / GNI per Capita
94	Gross Loan Portfolio										Average Deposit Account Balance
95	Average Loan Balance per Borrower										Average Deposit Account Balance / GNI per Capita
96	Number of Active Borrowers										Average Deposit Balance per Depositor
97	Percent of Female Borrowers										Average Deposit Balance per Depositor / GNI per Capita
98	Number of Loans Outstanding										Average Deposit Account Balance
99	Gross Loan Portfolio										Average Deposit Account Balance / GNI per Capita
100	Number of Active Borrowers										Average Deposit Balance per Depositor / GNI per Capita
101	Percent of Female Borrowers										Average Deposit Account Balance
102	Number of Loans Outstanding										Average Deposit Account Balance / GNI per Capita
103	Number of Active Borrowers										Average Deposit Account Balance
104	Percent of Female Borrowers										Average Deposit Account Balance / GNI per Capita
105	Number of Active Borrowers										Average Deposit Account Balance / GNI per Capita

BASE REFERENCE COMPARISON BETWEEN OUTREACH INDICATORS

EK-A'NIN DEVAMI

In this section, we ask you to state your priorities, by typing a check sign (x) under respective columns, between two indicators with respect to base reference modelling. Unlike in complete pairwise comparison, the indicator you choose will be the base reference and a partial pairwise comparison will be made between the base reference indicator and other indicators. Base reference comparison not only saves time but also assures consistency for the priority assignments you will be making. While choosing the base reference indicator, please choose an indicator you know well from among the fifteen indicators given on the right column below (i.e.; Number of Active Borrowers, Percent of Female Borrowers, Number of Loans Outstanding, Gross Loan Portfolio, Average Loan Balance per Borrower, Average Loan Balance per Borrower / GNI per Capita, Average Outstanding Balance, Average Outstanding Balance / GNI per Capita, Number of Depositors, Number of Deposit Accounts, Deposits, Average Deposit Balance per Depositor, Average Deposit Balance per Depositor / GNI per capita, Average Deposit Account Balance, and Average Deposit Account Balance / GNI per capita) and type it the box below. The left column will be automatically updated to reflect your choice. Please check "Equal Priority" for the pairwise comparison between two identical indicators. If you check a column relative to the left of "Equal Priority", it means "[Base reference indicator] has [chosen column priority] over [indicator in the right column]". If you check a column relative to the right of "Equal Priority", it means "[Indicator in the right column] has [chosen column priority] over [base reference indicator]".

TYPE THE BASE REFERENCE CATEGORY YOU HAVE CHOSEN IN THE BOX BELOW

	Absolute Priority	Very Strong Priority	Strong Priority	Weak Priority	Equal Priority	Weak Priority	Strong Priority	Very Strong Priority	Absolute Priority	
1										Number of Active Borrowers
2										Percent of Female Borrowers
3										Number of Loans Outstanding
4										Gross Loan Portfolio
5										Average Loan Balance per Borrower
7										Average Loan Balance per Borrower / GNI per Capita
8										Average Outstanding Balance
9										Average Outstanding Balance / GNI per Capita
10										Number of Depositors
11										Number of Deposit Accounts
12										Deposits
13										Average Deposit Balance per Depositor
14										Average Deposit Balance per Depositor / GNI per capita
15										Average Deposit Account Balance

PAIRWISE COMPARISON BETWEEN OVERALL FINANCIAL PERFORMANCE INDICATORS

EK-A'NIN DEVAMI

In this section, we ask you to state your priorities, by typing a check sign (x) under respective columns, between two indicators. If you compare each of the following indicators, what level of priority do you think is appropriate to assign? Unlike in base reference comparison, you need to make $(n \times n - 1) / 2$ comparisons. If you think you are not comfortable in filling in this section, you can skip to Base Reference Comparison which will both save time and ensure consistency. For your information, if you check a column relative to the left of "Equal Priority", it means "[Indicator in the left column] has [chosen column priority] over [indicator in the right column]". If you check a column relative to the right of "Equal Priority", it means "[Indicator in the right column] has [chosen column priority] over [indicator in the left column]".

		Absolute Priority	Very Strong Priority	Strong Priority	Weak Priority	Equal Priority	Weak Priority	Strong Priority	Very Strong Priority	Absolute Priority	
1	Return on Assets										Return on Equity
2	Return on Equity										Operational Self-Sufficiency
3	Return on Assets										Operational Self-Sufficiency

BASE REFERENCE COMPARISON BETWEEN OVERALL FINANCIAL PERFORMANCE INDICATORS

EK-A'NIN DEVAMI

In this section, we ask you to state your priorities, by typing a check sign (x) under respective columns, between two indicators with respect to base reference modelling. Unlike in complete pairwise comparison, the indicator you choose will be the base reference and a partial pairwise comparison will be made between the base reference indicator and other indicators. Base reference comparison not only saves time but also assures consistency for the priority assignments you will be making. While choosing the base reference indicator, please choose an indicator you know well from among the three indicators given on the right column below (i.e.; Return on Assets, Return on Equity, and Operational Self-Sufficiency) and type it the box below. The left column will be automatically updated to reflect your choice. Please check "Equal Priority" for the pairwise comparison between two identical indicators. If you check a column relative to the left of "Equal Priority", it means "[Base reference indicator] has [chosen column priority] over [indicator in the right column]". If you check a column relative to the right of "Equal Priority", it means "[Indicator in the right column] has [chosen column priority] over [base reference indicator]".

TYPE THE BASE REFERENCE CATEGORY YOU HAVE CHOSEN IN THE BOX BELOW

--

		Absolute Priority	Very Strong Priority	Strong Priority	Weak Priority	Equal Priority	Weak Priority	Strong Priority	Very Strong Priority	Absolute Priority	
1											Return on Assets
2											Return on Equity
3											Operational Self-Sufficiency

PAIRWISE COMPARISON BETWEEN INDICATORS OF INDICATORS OF REVENUES

EK-A'NIN DEVAMI

In this section, we ask you to state your priorities, by typing a check sign (x) under respective columns, between two indicators. If you compare each of the following indicators, what level of priority do you think is appropriate to assign? Unlike in base reference comparison, you need to make $(n \times n - 1) / 2$ comparisons. If you think you are not comfortable in filling in this section, you can skip to Base Reference Comparison which will both save time and ensure consistency. For your information, if you check a column relative to the left of "Equal Priority", it means "[Indicator in the left column] has [chosen column priority] over [indicator in the right column]". If you check a column relative to the right of "Equal Priority", it means "[Indicator in the right column] has [chosen column priority] over [indicator in the left column]".

		Absolute Priority	Very Strong Priority	Strong Priority	Weak Priority	Equal Priority	Weak Priority	Strong Priority	Very Strong Priority	Absolute Priority	
1	Financial Revenue / Assets										Profit Margin
2	Profit Margin										Yield on Gross Portfolio (nominal)
3	Yield on Gross Portfolio (nominal)										Yield on Gross Portfolio (real)
4	Financial Revenue / Assets										Yield on Gross Portfolio (nominal)
5	Profit Margin										Yield on Gross Portfolio (real)
6	Financial Revenue / Assets										Yield on Gross Portfolio (real)

BASE REFERENCE COMPARISON BETWEEN INDICATORS OF INDICATORS OF REVENUES

EK-A'NIN DEVAMI

In this section, we ask you to state your priorities, by typing a check sign (x) under respective columns, between two indicators with respect to base reference modelling. Unlike in complete pairwise comparison, the indicator you choose will be the base reference and a partial pairwise comparison will be made between the base reference indicator and other indicators. Base reference comparison not only saves time but also assures consistency for the priority assignments you will be making. While choosing the base reference indicator, please choose an indicator you know well from among the four indicators given on the right column below (i.e.; Financial Revenue / Assets, Profit Margin, Yield on Gross Portfolio (nominal), and Yield on Gross Portfolio (real)) and type it the box below. The left column will be automatically updated to reflect your choice. Please check "Equal Priority" for the pairwise comparison between two identical indicators. If you check a column relative to the left of "Equal Priority", it means "[Base reference indicator] has [chosen column priority] over [indicator in the right column]". If you check a column relative to the right of "Equal Priority", it means "[Indicator in the right column] has [chosen column priority] over [base reference indicator]".

TYPE THE BASE REFERENCE CATEGORY YOU HAVE CHOSEN IN THE BOX BELOW

--

	Absolute Priority	Very Strong Priority	Strong Priority	Weak Priority	Equal Priority	Weak Priority	Strong Priority	Very Strong Priority	Absolute Priority	
1										Financial Revenue / Assets
2										Profit Margin
3										Yield on Gross Portfolio (nominal)
4										Yield on Gross Portfolio (real)

PAIRWISE COMPARISON BETWEEN INDICATORS OF EXPENSES

EK-A'NIN DEVAMI

In this section, we ask you to state your priorities, by typing a check sign (x) under respective columns, between two indicators. If you compare each of the following indicators, what level of priority do you think is appropriate to assign? Unlike in base reference comparison, you need to make $(n \times n - 1) / 2$ comparisons. If you think you are not comfortable in filling in this section, you can skip to Base Reference Comparison which will both save time and ensure consistency. For your information, if you check a column relative to the left of "Equal Priority", it means "[Indicator in the left column] has [chosen column priority] over [indicator in the right column]". If you check a column relative to the right of "Equal Priority", it means "[Indicator in the right column] has [chosen column priority] over [indicator in the left column]".

		Absolute Priority	Very Strong Priority	Strong Priority	Weak Priority	Equal Priority	Weak Priority	Strong Priority	Very Strong Priority	Absolute Priority	
1	Total Expense / Assets										Financial Expense / Assets
2	Financial Expense / Assets										Provision for Loan Impairment / Assets
3	Provision for Loan Impairment / Assets										Operating Expense / Assets
4	Operating Expense / Assets										Personnel Expense / Assets
5	Personnel Expense / Assets										Administrative Expense / Assets
6	Total Expense / Assets										Provision for Loan Impairment / Assets
7	Financial Expense / Assets										Operating Expense / Assets
8	Provision for Loan Impairment / Assets										Personnel Expense / Assets
9	Operating Expense / Assets										Administrative Expense / Assets
10	Total Expense / Assets										Operating Expense / Assets
11	Financial Expense / Assets										Personnel Expense / Assets
12	Provision for Loan Impairment / Assets										Administrative Expense / Assets
13	Total Expense / Assets										Personnel Expense / Assets
14	Financial Expense / Assets										Administrative Expense / Assets
15	Total Expense / Assets										Administrative Expense / Assets

BASE REFERENCE COMPARISON BETWEEN INDICATORS OF EXPENSES

EK-A'NIN DEVAMI

In this section, we ask you to state your priorities, by typing a check sign (x) under respective columns, between two indicators with respect to base reference modelling. Unlike in complete pairwise comparison, the indicator you choose will be the base reference and a partial pairwise comparison will be made between the base reference indicator and other indicators. Base reference comparison not only saves time but also assures consistency for the priority assignments you will be making. While choosing the base reference indicator, please choose an indicator you know well from among the six indicators given on the right column below (i.e.; Total Expense / Assets, Financial Expense / Assets, Provision for Loan Impairment/ Assets, Operating Expense / Assets, Personnel Expense / Assets, and Administrative Expense / Assets) and type it the box below. The left column will be automatically updated to reflect your choice. Please check "Equal Priority" for the pairwise comparison between two identical indicators. If you check a column relative to the left of "Equal Priority", it means "[Base reference indicator] has [chosen column priority] over [indicator in the right column]". If you check a column relative to the right of "Equal Priority", it means "[Indicator in the right column] has [chosen column priority] over [base reference indicator]".

TYPE THE BASE REFERENCE CATEGORY YOU HAVE CHOSEN IN THE BOX BELOW

--

		Absolute Priority	Very Strong Priority	Strong Priority	Weak Priority	Equal Priority	Weak Priority	Strong Priority	Very Strong Priority	Absolute Priority	
1											Total Expense / Assets
2											Financial Expense / Assets
3											Provision for Loan Impairment/ Assets
4											Operating Expense / Assets
5											Personnel Expense / Assets
6											Administrative Expense / Assets

PAIRWISE COMPARISON BETWEEN EFFICIENCY INDICATORS

EK-A'NIN DEVAMI

In this section, we ask you to state your priorities, by typing a check sign (x) under respective columns, between two indicators. If you compare each of the following indicators, what level of priority do you think is appropriate to assign? Unlike in base reference comparison, you need to make $(n \times n - 1) / 2$ comparisons. If you think you are not comfortable in filling in this section, you can skip to Base Reference Comparison which will both save time and ensure consistency. For your information, if you check a column relative to the left of "Equal Priority", it means "[Indicator in the left column] has [chosen column priority] over [indicator in the right column]". If you check a column relative to the right of "Equal Priority", it means "[Indicator in the right column] has [chosen column priority] over [indicator in the left column]".

		Absolute Priority	Very Strong Priority	Strong Priority	Weak Priority	Equal Priority	Weak Priority	Strong Priority	Very Strong Priority	Absolute Priority	
1	Operating Expense / Loan Portfolio										Personnel Expense / Loan Portfolio
2	Personnel Expense / Loan Portfolio										Average Salary / GNI per Capita
3	Average Salary / GNI per Capita										Cost per Borrower
4	Cost per Borrower										Cost per Loan
5	Operating Expense / Loan Portfolio										Average Salary / GNI per Capita
6	Personnel Expense / Loan Portfolio										Cost per Borrower
7	Average Salary / GNI per Capita										Cost per Loan
8	Operating Expense / Loan Portfolio										Cost per Borrower
9	Personnel Expense / Loan Portfolio										Cost per Loan
10	Operating Expense / Loan Portfolio										Cost per Loan

BASE REFERENCE COMPARISON BETWEEN EFFICIENCY INDICATORS

EK-A'NIN DEVAMI

In this section, we ask you to state your priorities, by typing a check sign (x) under respective columns, between two indicators with respect to base reference modelling. Unlike in complete pairwise comparison, the indicator you choose will be the base reference and a partial pairwise comparison will be made between the base reference indicator and other indicators. Base reference comparison not only saves time but also assures consistency for the priority assignments you will be making. While choosing the base reference indicator, please choose an indicator you know well from among the five indicators given on the right column below (i.e.; Operating Expense / Loan Portfolio, Personnel Expense / Loan Portfolio, Average Salary / GNI per Capita, Cost per Borrower, and Cost per Loan) and type it the box below. The left column will be automatically updated to reflect your choice. Please check "Equal Priority" for the pairwise comparison between two identical indicators. If you check a column relative to the left of "Equal Priority", it means "[Base reference indicator] has [chosen column priority] over [indicator in the right column]". If you check a column relative to the right of "Equal Priority", it means "[Indicator in the right column] has [chosen column priority] over [base reference indicator]".

TYPE THE BASE REFERENCE CATEGORY YOU HAVE CHOSEN IN THE BOX BELOW

RANK THE EXPENSE CATEGORY ACCORDING TO YOUR CHOICE IN THE BOX BELOW											
		Absolute Priority	Very Strong Priority	Strong Priority	Weak Priority	Equal Priority	Weak Priority	Strong Priority	Very Strong Priority	Absolute Priority	
1											Operating Expense / Loan Portfolio
2											Personnel Expense / Loan Portfolio
3											Average Salary / GNI per Capita
4											Cost per Borrower
5											Cost per Loan

PAIRWISE COMPARISON BETWEEN PRODUCTIVITY INDICATORS

EK-A’NIN DEVAMI

In this section, we ask you to state your priorities, by typing a check sign (x) under respective columns, between two indicators. If you compare each of the following indicators, what level of priority do you think is appropriate to assign? Unlike in base reference comparison, you need to make $(n \times n - 1) / 2$ comparisons. If you think you are not comfortable in filling in this section, you can skip to Base Reference Comparison which will both save time and ensure consistency. For your information, if you check a column relative to the left of "Equal Priority", it means "[Indicator in the left column] has [chosen column priority] over [indicator in the right column]". If you check a column relative to the right of "Equal Priority", it means "[Indicator in the right column] has [chosen column priority] over [indicator in the left column]".

		Absolute Priority	Very Strong Priority	Strong Priority	Weak Priority	Equal Priority	Weak Priority	Strong Priority	Very Strong Priority	Absolute Priority	
1	Borrowers per Staff Member										Loans per Staff Member
2	Loans per Staff Member										Borrowers per Loan Officer
3	Borrowers per Loan Officer										Loans per Loan Officer
4	Loans per Loan Officer										Depositors per Staff Member
5	Depositors per Staff Member										Deposit Accounts per Staff Member
6	Deposit Accounts per Staff Member										Personnel Allocation Ratio
7	Borrowers per Staff Member										Borrowers per Loan Officer
8	Loans per Staff Member										Loans per Loan Officer
9	Borrowers per Loan Officer										Depositors per Staff Member
10	Loans per Loan Officer										Deposit Accounts per Staff Member
11	Depositors per Staff Member										Personnel Allocation Ratio
12	Borrowers per Staff Member										Loans per Loan Officer
13	Loans per Staff Member										Depositors per Staff Member
14	Borrowers per Loan Officer										Deposit Accounts per Staff Member
15	Loans per Loan Officer										Personnel Allocation Ratio
16	Borrowers per Staff Member										Depositors per Staff Member
17	Loans per Staff Member										Deposit Accounts per Staff Member
18	Borrowers per Loan Officer										Personnel Allocation Ratio
19	Borrowers per Staff Member										Deposit Accounts per Staff Member
20	Loans per Staff Member										Personnel Allocation Ratio
21	Borrowers per Staff Member										Personnel Allocation Ratio

BASE REFERENCE COMPARISON BETWEEN PRODUCTIVITY INDICATORS

EK-A'NIN DEVAMI

In this section, we ask you to state your priorities, by typing a check sign (x) under respective columns, between two indicators with respect to base reference modelling. Unlike in complete pairwise comparison, the indicator you choose will be the base reference and a partial pairwise comparison will be made between the base reference indicator and other indicators. Base reference comparison not only saves time but also assures consistency for the priority assignments you will be making. While choosing the base reference indicator, please choose an indicator you know well from among the seven indicators given on the right column below (i.e.; Borrowers per Staff Member, Loans per Staff Member, Borrowers per Loan Officer, Loans per Loan Officer, Depositors per Staff Member, Deposit Accounts per Staff Member, and Personnel Allocation Ratio) and type it the box below. The left column will be automatically updated to reflect your choice. Please check "Equal Priority" for the pairwise comparison between two identical indicators. If you check a column relative to the left of "Equal Priority", it means "[Base reference indicator] has [chosen column priority] over [indicator in the right column]". If you check a column relative to the right of "Equal Priority", it means "[Indicator in the right column] has [chosen column priority] over [base reference indicator]".

TYPE THE BASE REFERENCE CATEGORY YOU HAVE CHOSEN IN THE BOX BELOW

--

		Absolute Priority	Very Strong Priority	Strong Priority	Weak Priority	Equal Priority	Weak Priority	Strong Priority	Very Strong Priority	Absolute Priority	
1											Borrowers per Staff Member
2											Loans per Staff Member
3											Borrowers per Loan Officer
4											Loans per Loan Officer
5											Depositors per Staff Member
6											Deposit Accounts per Staff Member
7											Personnel Allocation Ratio

PAIRWISE COMPARISON BETWEEN INDICATORS OF RISK AND LIQUIDITY

EK-A'NIN DEVAMI

In this section, we ask you to state your priorities, by typing a check sign (x) under respective columns, between two indicators. If you compare each of the following indicators, what level of priority do you think is appropriate to assign? Unlike in base reference comparison, you need to make $(n \times n - 1) / 2$ comparisons. If you think you are not comfortable in filling in this section, you can skip to Base Reference Comparison which will both save time and ensure consistency. For your information, if you check a column relative to the left of "Equal Priority", it means "[Indicator in the left column] has [chosen column priority] over [indicator in the right column]". If you check a column relative to the right of "Equal Priority", it means "[Indicator in the right column] has [chosen column priority] over [indicator in the left column]".

		Absolute Priority	Very Strong Priority	Strong Priority	Weak Priority	Equal Priority	Weak Priority	Strong Priority	Very Strong Priority	Absolute Priority	
1	Portfolio at Risk > 30 Days										Portfolio at Risk > 90 Days
2	Portfolio at Risk > 90 Days										Write-off Ratio
3	Write-off Ratio										Loan Loss Rate
4	Loan Loss Rate										Risk Coverage
5	Risk Coverage										Non-earning Liquid Assets as a % of Total Assets
6	Portfolio at Risk > 30 Days										Write-off Ratio
7	Portfolio at Risk > 90 Days										Loan Loss Rate
8	Write-off Ratio										Risk Coverage
9	Loan Loss Rate										Non-earning Liquid Assets as a % of Total Assets
10	Portfolio at Risk > 30 Days										Loan Loss Rate
11	Portfolio at Risk > 90 Days										Risk Coverage
12	Write-off Ratio										Non-earning Liquid Assets as a % of Total Assets
13	Portfolio at Risk > 30 Days										Risk Coverage
14	Portfolio at Risk > 90 Days										Non-earning Liquid Assets as a % of Total Assets
15	Portfolio at Risk > 30 Days										Non-earning Liquid Assets as a % of Total Assets

BASE REFERENCE COMPARISON BETWEEN INDICATORS OF RISK AND LIQUIDITY

EK-A'NIN DEVAMI

In this section, we ask you to state your priorities, by typing a check sign (x) under respective columns, between two indicators with respect to base reference modelling. Unlike in complete pairwise comparison, the indicator you choose will be the base reference and a partial pairwise comparison will be made between the base reference indicator and other indicators. Base reference comparison not only saves time but also assures consistency for the priority assignments you will be making. While choosing the base reference indicator, please choose an indicator you know well from among the six indicators given on the right column below (i.e.; Portfolio at Risk > 30 Days, Portfolio at Risk > 90 Days, Write-off Ratio, Loan Loss Rate, Risk Coverage Ratio, and Non-Earning Liquid Assets as a % of Total Assets) and type it the box below. The left column will be automatically updated to reflect your choice. Please check "Equal Priority" for the pairwise comparison between two identical indicators. If you check a column relative to the left of "Equal Priority", it means "[Base reference indicator] has [chosen column priority] over [indicator in the right column]". If you check a column relative to the right of "Equal Priority", it means "[Indicator in the right column] has [chosen column priority] over [base reference indicator]".

TYPE THE BASE REFERENCE CATEGORY YOU HAVE CHOSEN IN THE BOX BELOW

--

	Absolute Priority	Very Strong Priority	Strong Priority	Weak Priority	Equal Priority	Weak Priority	Strong Priority	Very Strong Priority	Absolute Priority	
1										Portfolio at Risk > 30 Days
2										Portfolio at Risk > 90 Days
3										Write-off Ratio
4										Loan Loss Rate
5										Risk Coverage Ratio
6										Non-Earning Liquid Assets as a % of Total Assets

INSTITUTIONAL CHARACTERISTICS

- *Assets*: Total Assets, adjusted for Inflation and standardized provisioning for loan impairment and write-offs
- *Offices*: Number of offices including head office
- *Personnel*: Total number of staff members
- *Annual Diamond*: "An MFI's level of transparency and supporting documentation for all data on MIX Market. The higher, the better.
 Level 1: Profile is visible.
 Level 2: Level 1 and some data on products and clients for the year.
 Level 3: Levels 1 and 2 and some financial data for the year.
 Level 4: Levels 1 - 3 and audited financial statements are published for the year.
 Level 5: Levels 1 - 4 and rating or due diligence report is published for the year."

FINANCING STRUCTURE

- *Capital / Asset Ratio*: Adjusted Total Equity / Adjusted Total Assets
- *Debt to Equity*: Adjusted Total Liabilities / Adjusted Total Equity
- *Deposits to Loans*: Deposits / Adjusted Gross Loan Portfolio
- *Deposits to Total Assets*: Deposits / Adjusted Total Assets
- *Gross Loan Portfolio to Total Assets*: Adjusted Gross Loan Portfolio / Adjusted Total Assets

OUTREACH INDICATORS

- *Number of Active Borrowers*: Number of borrowers with loans outstanding, adjusted for standardized write-offs
- *Percent of Female Borrowers*: Number of active female borrowers / Adjusted Number of Active Borrowers
- *Number of Loans Outstanding*: Number of loans outstanding, adjusted for standardized write-offs
- *Gross Loan Portfolio*: Gross Loan Portfolio, adjusted for standardized write-offs
- *Average Loan Balance per Borrower*: Adjusted Gross Loan Portfolio / Adjusted Number of Active Borrowers
- *Average Loan Balance per Borrower / GNI per Capita*: Adjusted Average Loan Balance per Borrower / GNI per Capita
- *Average Outstanding Balance*: Adjusted Gross Loan Portfolio / Adjusted Number of Loans Outstanding
- *Average Outstanding Balance / GNI per Capita*: Adjusted Average Outstanding Balance / GNI per Capita
- *Number of Depositors*: Number of depositors with any type of deposit account
- *Number of Deposit Accounts*: Number of all deposit accounts
- *Deposits*: Total value of all deposit accounts
- *Average Deposit Balance per Depositor*: Deposits / Number of Depositors
- *Average Deposit Balance per Depositor / GNI per Capita*: Average Deposit Balance per Depositor / GNI per Capita
- *Average Deposit Account Balance*: Deposits / Number of Deposit Accounts
- *Average Deposit Account Balance / GNI per Capita*: Average Deposit Account Balance / GNI per Capita

OVERALL FINANCIAL PERFORMANCE

- *Return on Assets*: (Adjusted Net Operating Income - Taxes) / Adjusted Average Total Assets
- *Return on Equity*: (Adjusted Net Operating Income - Taxes) / Adjusted Average Total Equity
- *Operational Self-Sufficiency*: Financial Revenue / (Financial Expense + Impairment Losses on Loans + Operating Expense)

REVENUES

- *Financial Revenue / Assets*: Adjusted Financial Revenue / Adjusted Average Total Assets
- *Profit Margin*: Adjusted Net Operating Income / Adjusted Financial Revenue
- *Yield on Gross Portfolio (nominal)*: Adjusted Financial Revenue from Loan Portfolio / Adjusted Average Gross Loan Portfolio
- *Yield on Gross Portfolio (real)*: (Adjusted Yield on Gross Portfolio (nominal) - Inflation Rate) / (1 + Inflation Rate)

EXPENSES

- *Total Expense / Assets*: Adjusted (Financial Expense + Net Impairment Loss + Operating Expense) / Adjusted Average Total Assets
- *Financial Expense / Assets*: Adjusted Financial Expense / Adjusted Average Total Assets
- *Provision for Loan Impairment / Assets*: Adjusted Impairment Losses on Loans / Adjusted Average Total Assets
- *Operating Expense / Assets*: Adjusted Operating Expense / Adjusted Average Total Assets
- *Personnel Expense / Assets*: Adjusted Personnel Expense / Adjusted Average Total Assets
- *Administrative Expense / Assets*: Adjusted Administrative Expense / Adjusted Average Total Assets

EFFICIENCY

- *Operating Expense / Loan Portfolio*: Adjusted Operating Expense / Adjusted Average Gross Loan Portfolio
- *Personnel Expense / Loan Portfolio*: Adjusted Personnel Expense / Adjusted Average Gross Loan Portfolio
- *Average Salary / GNI per Capita*: Adjusted Average Personnel Expense / GNI per capita
- *Cost per Borrower*: Adjusted Operating Expense / Adjusted Average Number of Active Borrowers
- *Cost per Loan*: Adjusted Operating Expense / Adjusted Average Number of Loans

PRODUCTIVITY

- *Borrowers per Staff Member*: Adjusted Number of Active Borrowers / Number of Personnel
- *Loans per Staff Member*: Adjusted Number of Loans Outstanding / Number of Personnel
- *Borrowers per Loan Officer*: Adjusted Number of Active Borrowers / Number of Loan Officers
- *Loans per Loan Officer*: Adjusted Number of Loans Outstanding / Number of Loan Officers
- *Depositors per Staff Member*: Number of Depositors / Number of Personnel
- *Deposit Accounts per Staff Member*: Number of Deposit Accounts / Number of Personnel
- *Personnel Allocation Ratio*: Number of Loan Officers / Number of Personnel

RISK AND LIQUIDITY

- *Portfolio at Risk > 30 Days*: Outstanding balance, portfolio overdue > 30 Days + renegotiated portfolio / Adjusted Gross Loan Portfolio
- *Portfolio at Risk > 90 Days*: Outstanding balance, portfolio overdue > 90 Days + renegotiated portfolio / Adjusted Gross Loan Portfolio
- *Write-off Ratio*: Adjusted Value of loans written-off / Adjusted Average Gross Loan Portfolio
- *Loan Loss Rate*: (Adjusted Write-offs - Value of Loans Recovered) / Adjusted Average Gross Loan Portfolio
- *Risk Coverage Ratio*: Adjusted Impairment Loss Allowance / PAR > 30 Days
- *Non-Earning Liquid Assets as a % of Total Assets*: Adjusted Cash and banks / Adjusted Total Assets

