İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YATIRIM PROJELERİNİN BELİRSİZLİK ALTINDA BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Müh. Emre ÇEVİK

Anabilim Dalı : Endüstri Mühendisliği

Programı : Endüstri Mühendisliği

OCAK 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YATIRIM PROJELERİNİN BELİRSİZLİK ALTINDA BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Endüstri Müh. Emre ÇEVİK
(507051113)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25 Aralık 2008
Tezin Savunulduğu Tarih : 19 Ocak 2009

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ahmet Fahri ÖZOK (İKÜ)
Doç. Dr. Yusuf İlker TOPÇU (İTÜ)

OCAK 2009

ÖNSÖZ

Şirketler yeni bir yatırım yapacaklarında ellerinde farklı alternatifler varsa ve aralarında bir seçim yapılması gerekiyorsa genellikle alternatiflerin sayısallaştırılabilen ekonomiklik kriterlerini kıyaslamaktadırlar ve önceden belirlenen bir yatırım ömründe alternatiflerin geri ödeme süreleri veya iskontolanmış net şimdiki değerlerini karşılaştırılıp seçim yapmaktadırlar.

Ekonomiklik dışında şirketlerin kararını etkileyebilecek pek çok sayısallaştırılamayan kriter daha vardır. Sayısallaştırılamayan kriterleri de karar modeline dahil ederek daha sağlıklı seçim yapabilmeyi sağlayabilecek bir model ihtiyacı görülerek tezin konusu, yatırım projelerinin belirsizlik altında bulanık analitik hiyerarşi prosesi ile değerlendirilmesi, olarak belirlenmiştir.

Yirmi yıla yakındır devem ettirdiğim eğitim hayatımdaki başarılarımın asıl mimarı ve bu çalışmamı tamamlamam konusunda beni son nefesine kadar telkin ve teşvikleriyle destekleyen rahmetli canım annem Rukiye Çevik' e öncelikle tüm emekleri ve destekleri için çok teşekkür ederim. Ayrıca çalışmamın her evresinde her türlü desteğini esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN'a, sevgisi ve anlayışıyla hep yanımda olan eşime, son olarak da tüm aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Aralık 2009

Emre Çevik

Endüstri Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET ..... **xv**
SUMMARY ..... **xvii**
1. GİRİŞ **1**
2. YATIRIM VE YATIRIM PROJESİ KAVRAMLARI **3**
2.1 Yatırım Kavramı 3
2.2 Yatırımın Amaçları 4
2.3 Yatırım Projesi 5
2.4 Yatırım Kararını Etkileyen Faktörler 7
2.4.1 İşletmenin amaçları ve politikaları 8
2.4.2 Yönetim felsefesinin yatırımlara etkisi 8
2.4.3 Ekonomik faktörler 8
2.4.3.1 Potansiyel fonlar 9
2.4.3.2 Satış tahmini 9
2.4.3.3 Üretim biçimi 10
2.4.3.4 Risk ve belirsizlik 10
2.4.3.5 Zaman 10
2.4.3.6 Rakiplerin davranışı 11
2.4.3.7 Enflasyonist fiyat değişimleri 11
2.4.3.8 Nakit akışı bütçesi 12
2.4.3.9 Vergiler 12
2.4.3.10 Teşvik tedbirleri 12
2.4.4 Ekonomik olmayan faktörler 13
2.5 Yatırım Projesinin Hazırlanma Süreci 14
2.5.1 Yatırım projesini hazırlama safhaları 14
2.5.1.1 Proje fikrinin doğuşu 15
2.5.1.2 Ön araştırma 16
2.5.1.3 Fizibilite etütleri 16
2.5.1.4 Genel değerlendirme ve yatırım kararı 17
2.5.1.5 Kesin proje 17
2.5.1.6 Projenin uygulanması ve yatırım kararının gerçekleştirilmesi 18
2.5.1.7 Deneme üretimi 18
2.5.1.8 Üretime geçiş 19
3. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME **21**
3.1 Değer / Fayda Temelli Yöntemler 23
3.1.1 Çok ölçütlü değer teorisi 23
3.1.2 Basit Toplamlı Ağırlıklandırma 23
3.1.3 Ağırlıklı Çarpım 23
3.1.4 TOPSIS 24
3.1.5 Analitik Hiyerarşi Prosesi 29
3.1.6 Analitik hiyerarşi prosesi puanlama yöntemi 38

3.2 Üstünlük Yöntemleri 38
3.2.1 ELECTRE 38
3.2.2 PROMETHEE 48
3.2.3 Etkileşimli sorun çözüm yöntemleri 48
3.2.4 PRIAM 48
3.2.5 STEM 49
3.2.6 Değişen hedef yöntemi 49
3.2.7 AIM 49
3.2.8 VIG 49
3.2.9 Dışbükey koniler yöntemi 49
3.3 Basit Yöntemler 50
3.3.1 İkili Değiştirme Yöntemi 50
3.3.2 Ardışık sırasal yöntem 50
3.3.3 Ardışık yarı sırasal yöntem 50
3.3.4 Özelliklerine Göre Eleme Yöntemi 50
3.3.5 İyimserlik ve kötümserlik yöntemleri 50
3.3.6 Birleştiren ve ayıran yöntemler 51
4. BULANIK KÜMELER TEORİSİ 53
4.1 Üyelik Foksiyonları 58
4.1.1 Üçgen üyelik fonksiyonu 59
4.1.2 Yamuk üyelik fonksiyonu 59
4.2 Bulanık Kümeler Üzerine İşlemler 60
4.2.1 Birleşik kümeler 60
4.2.2 Kesişen kümeler 61
4.2.3 Tamamlayıcı kümeler 62
4.3 Bulanık sayı Aritmetiği 63
4.3.1 Bulanık sayı 63
4.3.2 Bulanık sayılarda toplama 64
4.3.3 Bulanık sayılarda çıkarma 66
4.3.4 Bulanık sayılarda çarpma 68
4.3.5 Bulanık sayılarda bölme 70
5. BULANIK ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME 73
5.1 Bulanık TOPSIS Yöntemi 74
5.2 Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) 78
5.3 Uygulamada Kullanılacak BAHP Modelinin Tanıtımı 80
5.3.1 Uygulamada kullanılacak BAHP modelinin adımları 80
5.3.1.1 Hazırlık adımı 80
5.3.1.2 Bulanık üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi 81
5.3.1.3 Uzmanların katılım faktörlerinin belirlenmesi 81
5.3.1.4 Faktör indeksi hiyerarşisinin oluşturulması 81
5.3.1.5 Faktör indeksi adımının ölçülmesi 82
6. ÖRNEK UYGULAMA: MERCEDES BENZ TÜRK AKSARAY KAMYON FABRİKASINDA ÜRETİLEN KAMYONLARIN DENENMESİ İÇİN DENEME KABİNİ YATIRIM KARARI DEĞERLENDİRİLMESİ 87
6.1 Firma Tanıtımı 87
6.2 Test Kabini Yatırımının Tanıtımı 90
6.3 Örnek Modelin Uygulaması 94
6.3.1 Modelin Seçilme Nedeni 94
6.3.2 Hazırlık aşaması 94

6.3.3 Bulanık üyelik fonsiyonunun belirlenmesi ve faktör hiyerarşisinin oluşturulması 95
6.3.4 Uzmanların katılım faktörlerinin belirlenmesi 100
6.3.5 Alternatiflerin toplam bulanık skorlarının hesaplanması 100
6.3.6 Bulanık sonuç çıkartma 105
7. SONUÇ VE ÖNERİLER 107
KAYNAKLAR 109
EKLER 113

KISALTMALAR

BAHP **:** Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi
SYBS **:** Standart Yamuk Bulanık Sayı
ÜF **:** Üyelik Fonksiyonu
Fİ **:** Faktör İndeksi
KF **:** Katılım Faktörü
TOPSIS **:** Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
CI :Tutarlılık Göstergesi
ELECTRE **:**Elimination and Choice Translating Reality English
PROMETHEE :Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Önem skalası 32
Çizelge 3.2 : RI Değerleri 36
Çizelge 4.1: 4' e yakın ve 6' ye yakın tam sayıların üyelik fonksiyonları 65
Çizelge 4.2: Toplamı 11 olan çiftlerin üyelik dereceleri ve kesişimleri 66
Çizelge 4.3: $\mu_{\underline{M}(+)\underline{N}}(z)$ 'ın değerleri 66
Çizelge 4.4: Farkı 2 olan çiftlerin üyelik dereceleri 68
Çizelge 4.5: $\mu_{\underline{M}(-)\underline{N}}$ (z) 'ın değerleri 68
Çizelge 4.6: Uygun x ve y değerleri için z ve μ(z) değerleri 69
Çizelge 4.7: M ve N bulanık sayılarının çarpımı sonuçları 70
Çizelge 6.1: Test kabini fizibilitesi (yıllık üretim 17.000 adete göre.) 92
Çizelge 6.2: Sözel terimlerin bulanık sayı karşılıkları 100
Çizelge 6.3: Yol testi için alt faktörlerin skorları. 102
Çizelge 6.4: Netleştirilmiş ikili karşılaştırmalar matrisi ve faktör ağırlıkları 103
Çizelge 6.5: Güvenlik faktörünün alt faktörlerinin ikili karşılaştırma matrisi 103
Çizelge 6.6: Ekonomiklik faktörünün alt faktörlerine ait net karşılaştırma değerleri ve faktör içi ağırlıkları 104
Çizelge 6.7: Yol testi alternatifinin ve alt faktörlerinin toplam bulanık skorları 104
Çizelge 6.8: Kabin testi alternatifinin ve alt faktörlerinin toplam bulanık skorları. 104
Çizelge 6.9: Alternatiflerin D_{max} ve D_{min}'leri 105
Çizelge B.1: : Ana kriterlerin bir birlerine göre ağırlıkları 117
Çizelge B.2: Kabin testi için alt faktörlerin skorlar 118
Çizelge B.3: Ana faktörlerin ikili karşılaştırma matrisi 119
Çizelge B.4: Ekonomiklik kriterinin alt kriterlerinin ikili karşılaştırılmaları 120
Çizelge B.5: Teknik kriterinin alt kriterlerinin ikili karşılaştırılmaları 121
Çizelge B.6: İmaj kriterinin alt kriterlerinin ikili karşılaştırılmaları 122

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 : Basit bir AHP yapısı. ... 30
Şekil 4.1: Konveks ve konveks olmayan bulanık kümeler. ... 57
Şekil 4.2: Üçgen bulanık sayı grafiği ... 59
Şekil 4.3: Yamuk bulanık sayı grafiği ... 60
Şekil 4.4: A ve B bulanık kümelerinin birleşim kümelerinin üyelik fonksiyonları yardımı ile gösterilmesi ... 61
Şekil 4.5: A ve B bulanık kümelerinin kesişim kümelerinin üyelik fonksiyonları yardımı ile gösterilmesi ... 62
Şekil 4.6: A kümesinin tamamlayıcı kümesinin üyelik fonksiyonları yardımı ile gösterilmesi ... 62
Şekil 4.7: "yaklaşık 20" bulanık sayısının kesikli gösterimi ... 63
Şekil 4.8: "yaklaşık 20" bulanık sayısının sürekli gösterimi ... 64
Şekil 5.1: Üçgen bulanık sayı grafiği ... 75
Şekil 6.1 : 17.000 senaryosunun nakit akışı ve N.Ş.D grafiği ... 93
Şekil 6.2 : Faktör hiyerarşisi ... 95
Şekil 6.3 : Değerlendirmede kullanılacak üyelik fonksiyonları ... 99
Şekil 6.4 : Alternatiflerin nihai bulanık puanlarının grafiği ... 105
Şekil A.1 : Test kabini 8x4 aracını test ederken ... 115
Şekil A.2 : Test kabini boş iken ... 115

YATIRIM PROJELERİNİN BELİRSİZLİK ALTINDA BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Firmalar kapasite arttırma, teknolojik yenilik gibi pek çok sebepten dolayı sürekli olarak belli yatırımlar yapmaktadırlar. Çoğu kez yatırım hangi amaçla yapılacaksa o amaca uygun birden fazla alternatif vardır ve bu alternatifler arasından firma açısından en iyi olanının seçilmesi gerekmektedir.

Firmalar genellikle yatırım alternatifleri arasından seçim yaparken klasik ekonomiklik analizleriyle alternatifler arasından firmaya en çok getiri sağlayanını veya en az götürüsü olanını seçerler fakat; klasik ekonomiklik analizleri sayısallaştırılamayan ama yatırım kararını etkileyen faktörleri hesaba katmadığı için firma açısıdan en iyi alternatifin seçilmesinde eksik kalabilmektedir.

Bu tezde yukarıda bahsedilen sorunu çözüp yatırım kararı verilirken her türlü faktörü değerlendirme mekanizmasına katan bir bulanık analitik hiyerarşi prosesi modeli kurulmuştur. Tezde Mercedes Benz Türk şirketinin Aksaray fabrikasında yapılması planlanan kabin testi yatırımı ile mevcut yol testi karşılaştırılmıştır.

Tezin giriş kısmından sonra ikinci bölümde yatırım ve yatırım projesi kavramları tanıtılmıştır

Üçüncü bölümde çok ölçütlü karar verme kavramı ve teknikleri tanıtılmıştır.

Dördüncü bölümde bulanık küme kavramı ve bulanık işlemler anlatılmıştır.

Beşinci bölümde bulanık çok ölçütlü karar verme ve bulanık analitik hiyerarşi kavramları tanıtılmış ve tezde geliştirilen bulanık AHP modelinin adımları açıklanmıştır.

Altıncı bölümde tezde geliştirilen modelin uygulaması MBT Aksaray firmasında yapılması planlanan test kabini yatırımı ile mevcut yol testi alternatifinin kıyaslanması konusunda yapılmıştır.

Son bölümde ise uygulamadan çıkan sonuçlardan bahsedilmektedir.

THE EVALUATION OF INVESTMENT PROJECTS UNDER UNCERTAINITY WITH FUZZY AHP MODEL

SUMMARY

Companies are making investments each day in order to increase their capacities or to follow technological improvements and for some other reasons like these. Usually there are many alternatives that satisfy the conditions that are expected from the investment. Firms need to choose the best option among these alternatives. While choosing an alternative companies generally prefer to use classical feasability analysis. With the help of this analysis, they can choose the alternative which has the biggest return and least cost. However classical feasability analysis is weak because of not taking the oral factors into consideration.

In this thesis it is tried to get rid off this stated problem and a fuzzy AHP model has been developed to take each and every factor into account when making an investment decision. In this thesis, a cabin test investment, which has been planned by MBT Aksaray factory and present driver test have been compared.

After the introduction part of the thesis in the second part the investment and investment project terms are introduced.

In the third part multi attribute decision making concept and its techniques are explained.

In the fourth part fuzzy cluster term and fuzzy calculations are shown.

In the fifth part fuzzy multi attribute decison making and fuzzy AHP terms are introduced. Moreover the sections of fuzzy AHP model is explained.

In the application part the comparison of the cabin test and the present driver test is shown with this newly developed model.

Finally the results are mentioned.

1. GİRİŞ

Her organizasyon hayatını sürdürebilmek için gerek kapasite arttırmak gerekse gelişen teknolojiye ayak uydurmak, gerekse yeni ürünleri ürün gamına katabilmek gibi pek çok sebepten dolayı çeşitli yatırımlar yapmak zorundadırlar.

Her yatırım kendi içinde bir projedir ve şirket bu yatırımla yerine getirilmesini istediği fonksiyonu elde ederken en az kayıpla en çok kazancı sağlamak ister ve giderek çetinleşen günümüz rakabet dünyasında buna zorunludur.

Şirketler genellikle bir yatırım yapmaya mecbur kaldıklarında karşılarına aynı amaca hizmet edebilecek birden fazla alternatif çıkmaktadır. Şirketlerse bu alternatiflerden kendi faydasına en çok hizmet edeni seçmek için çeşitli fizibilite çalışmaları yapmaktadırlar. Bu çalışmalarda şirketler genellikle alternatiflerin sayısallaştırılabilen ekonomiklik kalemlerini inceleyerek net şimdiki değer analizi, geri ödeme süresi gibi analizlerle alternatifleri iyiden kötüye sıralamaktadırlar. Bu sıralamada sadece yatırımın maddi getirileri ile maliyetleri göz önüne alınıp sayısallaştırılamayan fakat şirket faydasını direk etkileyen pek çok faktör göz ardı edilmiş olunur. Bazı yatırımlarda bu sözel faktörler şirket açısından o kadar önemli olur ki fizibile analizinde daha kötü çıkan alternatif üst yönetim tarafından bu kriterler sebebiyle seçilebilir ya da üst yönetim sayısal sonuçlara aldanıp diğer faktörleri gözden kaçırarak şirket faydasına daha çok hizmet edecek alternatifi seçemeyebilirler.

Firma yöneticilerinin sayısallaştırılamayan faktörleri fizibilite analizine dahil edebilmeleri için ve eğer bu faktörleri kendi zihinlerinde kurdukları modellerle karar mekanizmalarına dahil ediyorlarsa buna bir standart getirmek için firmaların farklı bir karar verme modeline ihtiyaçları vardır. Bu amaçla bu çalışmada yatırım kararını etkileyebilecek tüm faktörleri ele alabilen ve her açıdan organizasyon faydasını maksimuma çıkaran alternatifin organizasyon fayda sıralamasında en üstte yer almasını sağlayabilen bir model geliştirilmeye çalışılmıştır.

Alternatifler arasından seçim yapma sürecinin pek çok faktörden etkilenmesi sebebiyle geliştirilecek modelin de çok ölçütlü karar verme tekniklerinden faydalanmasına sebep olmuştur. Ayrıca sayısallaştırılamayan fakat organizasyonun faydasını etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi ise matematiğe vurulamaması ve sayılarla desteklenememesi yüzünden klasik yöntemlerle sağlıklı bir şekilde yapılamamaktadır. Bu değerlendirme ilgili kişilerin düşüncelerinde bir biçimde yapılmaktadır fakat 1960'lı yıllarda yapılan çalışmalarda bulunan bulanık mantık yaklaşımı insan düşüncesinin sayısallaştırılamaması ve bilgilerin belirsizliği problemlerini aşmıştır. Yatırımı etkileyen sözel faktörler değerlendirilirken net ifadeler kullanılmak çok zor olduğundan çalışmamıza konu olan modelde bulanık mantık kullanılarak insan düşüncesinin karmaşıklığından ve belirsizlikten dolayı tam bir ölçeğe oturtulamayan değerlendirilmeleri sayısallaştırıp değerlendirme mekanizmasına katılmasına olanak sağlamıştır. Tüm bu sebeplerden dolayı çalışmada geliştirilecek modelin bulanık AHP modeli olmasına karar verilmiştir.

Bulanık AHP modeli ile hem her türlü faktör değerlendirme mekanizmasına katılmış hem de değerlendirici tarafından tam net bir ifade ile değerlendirilemeyecek faktörlerin de değerlendirilmesi sağlanmıştır.

Çalışmada öncelikle yatırım ve yatırım projesi kavramları tanıtılmıştır. Daha sonra çok ölçütlü karar verme teknikleri tanıtılmış ve daha sonra ise bulanık kümeler tanıtılmıştır. Beşinci bölümde ise bulanık çok ölçütlü karar verme kavramı ve teknikleri tanıtılmıştır. Bu bölümde bulanık AHP kavramı ve uygulamada kullanılacak tezde geliştirilen modelin de detay adımları verilmiştir. Altıncı bölümde ise uygulamaya konu olan Mercedes Benz Türk firmasının Aksaray fabrikasında yapılması istenilen kabin testi yatırımının mevcut sistemle karşılaştırılmasının yapıldığı uygulama bölümü mevcuttur. Son bölümde ise çalışmanın sonuçları verilmiştir.

2. YATIRIM VE YATIRIM PROJESİ KAVRAMLARI

2.1 Yatırım Kavramı

Genel anlamda yatırım, bir dönem içinde üretilen ya da ithal edilen mallardan tüketilmeyerek ya da ihraç edilmeyerek gelecek döneme aktarılan kısım olarak tanımlanabilir. Diğer bir deyişle yatırım; ekonomide mevcut olan sermaye stokunun, yani mal ve hizmet üretiminde kullanılan üretim tesislerinin, belli bir dönemde korunması ve artırılması için kullanılan kaynaklar ve stoklardaki değişmelerdir.

Halk arasında yatırım kavramı, ekonomik değerlerin kâr amacı ile bir işe tahsisi anlamına gelmektedir. Gelir sağlamak amacı ile bir işe belirli bir sermaye tahsis etmek halk arasında yatırım olarak adlandırılır.

İktisat biliminde yatırım, belirli bir dönemin faaliyetlerini meydana getiren donanım stokuna başka bir değişle belirli bir dönemde milli gelirden tüketilmeyecek reel kapital stokuna yapılan ektir (Aşıkoğlu, 1994).

Ekonomide yatırım, milli gelirin yeni imalat üniteleri kurmak veya eskiyen üniteleri yenilemek için ayrılan kısmıdır.

Girişimci için yatırım, parasal sermayenin ve imkânların üretim yapacak bina, makine ve teçhizata dönüştürülmesidir.

Finansman dilinde yatırım, gelir getirmeyen parasal varlığın daha az likit hale çevrilerek gelir getirir şekle dönüştürülmesidir. Bu açıdan bakıldığında bir bankanın müşterilerinin bankaya yatırmış oldukları paraları çekerek daha yüksek getirili devlet tahvillerini ya da halka arz edilen şirketlerin hisse senetlerini almaları bir yatırım olarak değerlendirilmektedir.

Yatırım sadece iktisadi değil sosyal kültürel ve siyasi hayatın da değişkenidir. Çoğalan nüfusa iş imkânı sağlamak her geçen gün artan ihtiyaçlarını karşılamak, fertlerin milli gelirden alacağı payın miktarını arttırmak için daha çok ve daha verimli yatırımlar yapmak ekonomik gelişmeyi arttırdığı gibi, sosyal, kültürel ve

siyasi hayatın gelişmesine ve ilerlemesine de neden olur. Yatırımların milletlerin ve fertlerin hayatına etkisi çok yönlüdür. Ekonomik hayatın gelişmesi yanında sosyal ve kültürel hayatın gelişmesini sağlayan harcamalar da yatırım sayılır.

Elektrik, su, kara ve deniz yolu, haberleşme şebekesi, hastane, okul yapımı gibi belirli ve ekonomik işletme niteliğinde olmayan alanlara da büyük kaynaklar ayrılmaktadır. Bu tür harcamalara alt yapı yatırımları denir. Ülkenin her yönden gelişmesini ekonomik işletmeleri doğuran yatırımların yapılmasını mümkün kılar. Önemli alt yapı yatırımları tamamlandıkça üst yapı yatırımlarının yapılması, özellikle iktisadi işletmelerin kurulması kolaylaşır (Günay, 2001).

2.2 Yatırımın Amaçları

İşletmeler çok çeşitli amaçlar için yatırım yaparlar. Bu amaçların başlıcaları aşağıda sıralanmıştır.

1. Mevcut üretim düzeyini koruyabilmek için eskiyen fabrika ve donanımı yenilemek,

2. Üretim kapasitesini arttırmak için gerekli fabrika ve donanımı sağlamak,

3. Yem geliştirilen mamulleri üretmek ve yeni teknolojilerden faydalanmak,

4. İşe yaramayan donanımı yenilemek veya üretim yöntemlerini daha etkin işlemler ile değiştirmek,

5. Maliyet masraflarını azaltmak veya üretimi arttırmak ya da her ikisini birlikte başarmak,

6. Mamulün tüketiciye ulaşmasında etkinliği arttırmak ve dağıtım kanallarını genişletmek,

7. Üretilen mamulün kalitesini yükseltmek, niteliğini geliştirmek,

8. Genel üretkenliği arttırmak, çalışma şartlarını iyileştirmek, işgörenlerin morallerini yükseltmek,

9. Çevrenin kirlenmesini önlemek, işgörenlerin ve halkın güvenliğini ve sağlığını korumak ve bu amaçla konulmuş yasalara uymak,

10. Pazar şartlarına uyum sağlamak, bölgede, ülkede ve dünyada rekabet üstünlüğü sağlamak,

11. İşletmenin karşılaşabileceği muhtemel riskleri kaldırmak veya en aza indirmek,

12. İşletmenin endüstri içinde yerini korumak ve etkinliğini arttırmak için araştırma ve geliştirme faaliyetlerini sürdürmek,

13. Üretim sürecinde kullanılan ve daha önce satın alınan hammaddelerin ve yardımcı maddelerin üretimini gerçekleştirmek,

14. Sonradan ortaya çıkan, kuruluş yeri ile ilgili sakıncaları ortadan kaldırmak için üretim tesisinin yerini değiştirmek,

15. İşletmedeki işgörenlerin sağlık ve refahını korumak ve işgörenlerin eğitimini sağlamaktır.

İşletmeler yukarıda sıralanan amaçları gerçekleştirmek için yatırım yapmaya yönelmektedirler ancak bu amaçlar genel nitelikteki amaçlardır. Yatırım yapmaya yönelik bu amaçların altındaki temel güdüler işletmenin hayatının sürekliliği ve kârlılığıdır (Aşıkoğlu, 1994).

2.3 Yatırım Projesi

Ülke kaynaklarının, mal ve hizmet üretilmesi amacına dönük kullanılmasını ihtiva eden bir yatırım önerisine veya mekan boyutunu da ihtiva eden ve belirli girdileri (arazi, insan gücü, hammadde, yan mamul ve mamul madde, sermaye mallan vb.) seçilmiş bir teknolojiye göre kullanarak, mevcut ve potansiyel talebi karşılamak üzere, mal ve hizmet üretmek için yapılan çalışmalara yatırım projesi denilmektedir. Ancak bu çalışmaların çeşitli alternatifler şeklinde ve aralarında bir seçim yapabilmeye imkân tanıyacak biçimde ortaya konması gerekmektedir.

Bir başka tanıma göre yatırım projesi; insan ihtiyaçlarını karşılayacak mal ve hizmetlerin (faydaların) üretimini sağlayacak yeni birimlerin oluşturulması amacıyla

kaynakların (yatırım projesi maliyeti) belli bir sistematik çerçevesinde harcanmasıdır.

En geniş anlamda yatırım projesi, belli mal ve hizmetlerin üretiminin gerçekleştirileceği tesisler oluşturmak amacıyla kaynak tahsis edilmesini öngören yatırım önerisidir.

Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Teşkilatı (UMDO)'na göre yatırım projesi; bir toplumda belirli bir zaman süresi içinde mal ve hizmetlerin üretimini arttırmak için, bazı imkânları oluşturma, genişletme ve/veya geliştirmeye dönük bir öneridir.

Yukarıda tanımlamaya çalıştığımız yatırım projesi kavramının içeriğini ve sınırlarını iyi belirlemek gerekir. Yatırım projesi önerilerinin dar kapsam içinde ele alınmaması ve bir yatırım projesi kapsamı içerisinde o yatırım projesinin gerçekleşmesi halinde rasyonel bir biçimde işlemesini sağlayacak bütün harcama kalemlerinin bir bütün olarak ele alınmış olması gerekmektedir. Örnek olarak, belirli bir yöreye bir fabrika tesisi önerisi geliştirildiğinde bu öneri (yatırım projesi) kapsamında yalnızca fabrika için gerekli arazi, malzeme, makine-teçhizat harcamaları değil ancak bu fabrikaların rasyonel çalışması için gerekli görülen ulaşım kolaylıkları, enerji hatları ve benzeri altyapı yatırım harcamalarının da sermaye yatırımları çerçevesinde ele alınmış olması gerekliliğini gösterebiliriz. Mekan boyutunun değerlendirilebilmesi, yatırım projesinin kârlılığının gerçekçi biçimde tespit edilmesi, zamanlama ve gerçekçi yatırım ihtiyacının belirlenebilmesi, yatırım projelerinin yukarıda sözü edilen şekilde düzenlenmesine bağlıdır.

Yatırım projelerinin çok çeşitli özellikleri vardır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir:

1. Proje, gelecekte daha fazla kaynak elde etmek amacıyla mevcut kaynakların bir kısmının bugünden bağlanmasını gerektirir.

2. Gelecekte elde edilecek faydalar için başlanan projelerin gerçekleştirilmesi uzun zaman alabilir. Projelerin hazırlanması, analizi, seçimi ve uygulanması için geçen bu süreye "olgunlaşma süresi" denilmektedir. Kaynakların uzun bir dönem için bağlanmasına neden olan bazı projelerin yaratacağı faydalı etkilerin görülmesi ve hissedilmesi de çok uzun yıllar alabilir.

3. Projelerin ekonomik ömürleri 15 ile 50 yıl arasında değişmektedir. Eğer yeterli bakım sağlanırsa bazı projeler sürekli olarak da hizmet edebilir.

4. Kaynak kullanarak fayda elde etmek üzere gerçekleştirilen ve karmaşık bir yapıya sahip etkinliklerden oluşan projelerin oldukça önemli dışsal etkileri de olabilmektedir.

5. Bir değişim aracı olan proje, bir ülkenin kalkınma amaçlarının gerçekleştirilmesine katkı sağlamak üzere politik karar almadan başlayarak kaynak bileşimini ve düzeyini değiştirmeye kadar sürdürülen eşgüdümlü eylemlerin tamamıdır.

6. Projeler, faydalı mal ya da hizmet üretiminde kullanmak amacıyla arazi düzenleme, binalar ve diğer yapılar, makine, donanım vb. içeren yeni ya da ek üretim kapasiteleri yaratırlar.

7. Projeler, kısıtlı kaynakların vazgeçilmez bir biçimde belli bir alana bağlanmasına neden olurken bu kaynakların başka alanlarda kullanılmasını da engellemiş olurlar.

8. Çok büyük miktarlarda kaynak ihtiyacı olan bazı büyük projelerin (GAP vb.) planlanması, değerlendirilmesi ve uygulamasının izlenip koordine edilmesi için özel düzenlemeler gerekir.

9. Projelerin tamamı, konsolide devlet bütçesinden finanse edilemez ve sık sık farklı finansman yollarından yararlanılır. Bunlar; kamu iktisadi teşebbüslerince oluşturulan kaynakların kendi yatırımlarının finansmanında kullanılması, bütçe dışı fonlardan ya da yerli kalkınma bankalarından yararlanılması, dış ülkelerden ve uluslararası kalkınma bankalarından kredi sağlanması, projenin tam olarak ya da ortaklık şeklinde yabancı sermayeye açılması, yap-işlet-devret modelinin uygulanması ve finansal kiralama olarak özetlenebilir. (Ayanoğlu ve diğ, 1996)

2.4 Yatırım Kararını Etkileyen Faktörler

İşletme yatırımlarını olumlu veya olumsuz yönde etkileyen bir takım iç ve dış faktörler vardır. Bunlar, şu dört grup altında ele alınıp incelenecektir;

* İşletmenin amaçları ve politikaları,

*Yönetimin felsefesi,

* Ekonomik faktörler,

* Ekonomik olmayan faktörler (Büker, 1994).

2.4.1 İşletmenin amaçları ve politikaları

İşletmenin yatırım kararlarını etkileyen iç faktörlerin başında, onun amaçlan ve politikaları gelir. Bir yatırım süreci, temel işletme amaçlarının tespiti ile başlar. Bir takım değer yargılarından oluşan işletme amaçlan, işletme politikalarına, planlanna ve yöntemlerine kılavuzluk eder. İşletme amaçlarının yatırım kararlarına etkilerini göstermek için bazı amaçlan ve bunun sonuçlarını göstermek mümkündür. Eğer işletme amaç olarak varlığını uzun süre devam ettirmeyi seçmiş ise, böyle bir amacı gerçekleştirmek için, riski az yatırım projeleri üzerinde duracaktır. İşletmenin amacı büyüme ise, bu durumda yüksek riskli projeler seçilecektir. Büyük işletmeler, açık veya gizli bazı politikalara sahiptirler. Söz konusu politikalar işletmenin yatırım kararlarına da etki eder. Örneğin, lider olma politikası izleyen bir işletmede yatırım konusunda devamlı araştırmalar yapan bir bölüm vardır. Bu bölüm devamlı olarak yatırım projeleri geliştirir, değerlendirir ve yöneticilere sunar.

2.4.2 Yönetim felsefesinin yatırımlara etkisi

İşletme yöneticilerinin felsefesi, yönetimin seçtiği işletme stratejisinde ifade edilir. Pazarlama ve büyüme konusunda atılgan bir görüş ile üretim yenilikleri konusunda tutucu görüş birbiriyle uyuşmaz. Mamullerin üretiminin uzun zaman alması maliyetleri etkiler. Donanımlar, yeni makinelerin veya daha iyi durumda kullanılmış makinelerin satın alınmasının kârlı olacağı noktaya kadar yenilenmeyebilir. Bu durum işletme yöneticilerinin kabul ettiği stratejinin bir sonucu olarak değerlendirilebilir.

2.4.3 Ekonomik faktörler

Birçok işletmede yatırım kararlan çoğu kez birkaç ekonomik veya psikolojik etkene bağlı olarak verilir. İşletmenin yatırım kararını etkileyen ekonomik faktörler,

işletmenin mevcut imkânlarının yatırım karan sonucu kârlılığını arttıracak şekilde kullanılabilmesine imkân sağlayan faktörler olarak tanımlanabilir.

Yatıran kararlarını etkileyen ekonomik faktörleri on ana başlık altında incelemek mümkündür.

2.4.3.1 Potansiyel fonlar

Yatırım için gerekli fonlar uzun devre esasına göre sağlanmalıdır çünkü bu fonların geri gelmesi uzun bir süreyi gerektirir.

Uzun devreli fonların en önemli kaynaklan, uzun süreli borç alma, yem hisse senedi satılması ve dağıtılmayan kârlardır. Teşebbüse bağlı işletmelerin satılması veya sermaye mallan ve donanımın satılması da fonların kaynağı olabilir. Bazı durumlarda işletmelerin mal stoklarını azaltması da fon oluşturur. Alacaklarda yapılan azaltma da fon oluşturan bir başka yoldur.

Uzun devirli fonların kaynaklan arasında seçim yapmak yüksek yönetimin işidir. Bu, işletmenin geleceği hakkında uzun süreli etkileri olacak, en uygun alternatifin seçimidir.

2.4.3.2 Satış tahmini

Bütün işletme planlan, işletmenin mamulleri için satış potansiyelinin talimini ile başlar. Satış potansiyeli, işletmenin duyurduğu ve arz ettiği hallerde müşterilerin satın alacağı toplam birim olarak tanımlanır. Satılacağı talimin edilen birimlerin miktarına dayanarak işletme ilave donanım satın alınmasını veya mevcut donamının yemlenmesini planlamalıdır.

Geçmişte verilmiş kararların bugünkü sonuçlan hakkında pek az şey yapabilen yönetim, bugün verdiği kararların gelecekteki etkilerini düşünmelidir. Bunun için, işletme kısa süre için olduğu kadar, uzun süre için de pazarın durumunu ve satış potansiyelini talimin etmeli, büyüme ve yenilik çabalarını planlamalıdır.

2.4.3.3 Üretim biçimi

Üretim, ya sipariş üzerine yapılır, ya da üretilen mallar talep edildikçe satılmak üzere stoklanır. Bazı durumlarda da sipariş ve stok için üretim türlerinin bir bileşimi söz konusu olabilir. Üretim biçiminin işletmenin mamullerine uygunluğu yatırım kararlarının verilmesinde göz önünde tutulmalıdır. Burada işçiliğin marjinal maliyeti ve sermayenin marjinal maliyeti dikkate alınmalıdır.

Geçmiş yıllarda genel amaçlı donanım ve oldukça hünerli işgücü kullanmak kârlıydı. İşçilik maliyetlerinin giderek artması sonucunda otomasyon Önem kazanmıştır. Otomasyon yatırımında başlangıçtaki yatırım miktarı yüksek olacak fakat kalifiye işçiye ihtiyaç azalacağından işçilik maliyeti düşük olacaktır. Yönetim bu durumu göz önünde bulundurarak yatırım kararım vermelidir.

2.4.3.4 Risk ve belirsizlik

Geleceğin riski ve belirsizliği, işletme kararlarının hepsinde göz önünde tutulmalıdır. Yatırımın yapılıp yapılmamasında göz önüne alınan ve geleceği ilgilendiren her faktör, önceden kesinlikle bilinemeyen ve sadece tahmin edilen değişmelere uğrayabilir. İşletme giderleri, hasılat, faiz oranları, sermaye bulma olanakları, yeniden yatırım olanakları veya sermayenin maliyetinde değişmeler olabilir.

Belirsizliği azaltacak bilgiyi toplamak her zaman mümkündür ve bu ortalama olarak tahminlerdeki hatayı azaltır. İlave bilgi toplanması ilave giderleri gerektirir ve burada önemli olan nokta, toplanacak bilgi için harcanacak paranın bu bilginin sağlayacağı maddi katkıdan daha fazla olmamasına dikkat etmektir.

2.4.3.5 Zaman

Zaman, sermaye yatırım karanın işletmenin uzun devreli planının parçası olarak ve üretilmesi planlanmış malların üretilmesinde kullanılacak sermaye mallarının seçiminin zamanı olarak iki şekilde etkiler.

İşletmenin uzun devreli planı bir yıl sonrası için oldukça ayrıntılı olarak başlar, 5 veya 10 yıl sonrasına uzandıkça daha az ayrıntılı hale getir. Üretimde kullanılacak özel donanım, planlara bir yıl veya iki yıl önceden alınır. Yapılar, genel amaçlı

donanım 3-5 yıl önceden planlanabilir ve son olarak sermaye fonlarının planlaması yapılır. Zaman seçiminde bir başka nokta, yeni mamullerin geliştirilmesi ile ilgilidir. Yeni mamul üretimi değişik donanım gerektirir. Yeni mamulleri pazara erken çıkarma, mamulün başarısı bakımından önemlidir Bundan dolayı, imkânların sağlanması ve donanımın satın alınması mamul biçimlenmesi ile paralel yürüyecektir.

2.4.3.6 Rakiplerin davranışı

Genel olarak ekonomistler, rekabetçi bir ekonomik ortamın ekonomik gelişme ve yüksek bir yatırım için yardım edici olduğunu ileri sürerler. Bu görüş, işletmelerin kârlarım artırmak isterlerken üretim giderlerini düşürecekleri düşüncesine dayanır. Şiddetli rekabetin olduğu bir ortamda, işletmeler isterlerse giderlerini azaltıcı her yeniliği izleyebilirler. Yenilik ise, yatırım yapılmasını gerektirdiğinden, pazar yapısı yüksek düzeyde bir yatırım için uygundur.

Rekabetçi bir ortamda yönetim, birçok nedenle ciddi rakiplerini tanımak zorundadır. Bu nedenlerden biri, daha etkili donanımları olan veya daha iyi mamul üretici donanım kurmaya devam eden rakiplerin endüstrideki işletmeleri tehdit etmesidir. Rakiplerin büyüme ve yatırım stratejilerinden haberdar olmak gereklidir.

2.4.3.7 Enflasyonist fiyat değişimleri

Ekonominin devamlı bir enflasyon içinde bulunmasının anlamı, paranın gerçek satın alma gücünün her yıl azalmasıdır. Yatırım projelerinin giderleri ve hasılatları birbirine eşitse, fiyat düzeyindeki değişmeler, vergiden önceki geliri çok az etkiler. Bunun yanında, enflasyon döneminde gelir vergisindeki artış, fiyat artışından daha fazladır. Çünkü, verginin hesaplanmasında esas olan amortismanı, varlığın orijinal maliyetine bağlıdır ve fiyat değişmeleri ile değişiklik göstermez. Enflasyon içindeki bir ekonomide, işletmeler, ya kâr paylarını enflasyon etkisindeki paranın değer kaybı ile orantılı olarak arttırmayacak ya da fiyatlan artan sermaye donanımım yenilemek için gerekli fonları kolaylıkla bulamayacaklardır.

2.4.3.8 Nakit akışı bütçesi

Yapılması düşünülen her yatırım için, işletmeden içeriye ve dışarıya nakit atasını gösteren nakit alası bütçesi düzenlenmelidir. Nakit alası bütçesinin analizi sermaye yatırım kararını ilci yoldan etkiler. Birincisi, yatırımın yapılma zamanında bir değişiklik yapmak gerekli ise bunu işaret eder. İkincisi, nakit alçısı bütçesi alternatif yatırımlar için nakit akımlarının zamanını gösterir. Projenin ille yıllarında yüksek nakit girişleri gösteren yatırımlar daha çok tercih edilebilir. Değişik ömürlü projeler karşılaştırıldığında, nakit bütçesi, daha kısa ömürlü projelerin tekrar yatırıma ayrıldığını göstermektedir. Tekrar yatırım oram konusu, sermaye yatırım analizlerinde çok önemli tartışmalara yol açmıştır.

2.4.3.9 Vergiler

Vergilerin yatırım kararlarına etkisi birkaç yönden incelenebilir. Bu etkenlerden birincisi, mükellefin elindeki paranın devlete vergi olarak verilmesi zorunludur. Bu yolla mükellefin yatırım veya harcama kapasitesi daralmış, başka bir deyişle ekonomik gücü azalmış olmaktadır. Vergilemenin ikinci etkisi, yatırım için harcanan paranın, ancak belirli bir oranın her yıl aşınma ve yıpranma payı olarak gelirden düşülmesine izin vermesinden kaynaklanmaktadır. Böylece, sabit üretim aracı için harcanmış paranın gelir vergisine tâbi gelirden her yıl ancak belirli bir kısmı düşülecektir. Paranın zaman değerini göz önünde tutacak olursak, yatırımın maliyeti aynı miktarın bir defada gider olarak yazılması durumunda daha yüksek olacaktır.

2.4.3.10 Teşvik tedbirleri

Müteşebbisler yatırım karan verirken kâr amacıyla hareket ederler ve yatırımın kâr sağlayacağına inanırlarsa yatırım kararı verirler. Aynı durum yatırımın yapılacağı bölge açısından da geçerlidir. Eğer yatırım yapılması düşünülen bölge veya saha yatırımın kârlılığını etkileyebilecek avantajlara sahipse, o bölgelere yatırım yapılması tercih edilir.

Müteşebbislerin kararları üzerinde etkili olan teşvik avantajlarını şu şekilde sıralamak mümkündür;

1. *Yatırımın maliyetini düşürmek;* Yatırım indirimi, vergi, resim ve harç istisnası ile gümrük, vergi ve resim muafiyeti gibi. mali teşvikler yatırımın maliyetini düşürmektedir.

2. *Finansman ihtiyacım hafifletmek;* Düşük faizli iç ve dış yatırım kredileri, işletme kredisi, yatırım destekleme primi, teşvik primi gibi finansal nitelikli teşvikler ile finansman fonu uygulaması sayesinde yatırım ve işletme aşamasında yatırım için gerekli finansmanın sağlanmasında teşviklerle yatırımcıya destek olunmakta ve kolaylık sağlanmaktadır.

3. *Kârlılığı arttırmak;* Altyapı yatırımlarının devletlerce yapılması, ucuz arsa ve arazi temini, vergi resim ve harçlardan muaf olması ile maliyetler düşerek, yatırımın kârlılığı artmaktadır (Duran, 1998).

2.4.4 Ekonomik olmayan faktörler

Ekonomik olmayan faktörler, etkileri ekonomik fakat ölçülmesi gerçekten zor olan faktörler olarak görünürler. Çoğu kez, etkileri karakter olarak uzun devreli olabilir. En açık ekonomik olmayan faktör donanımın sağlıklı çalışmasıdır. Sayısı bilinmeyen kazalardan kurtulmakla sağlanan tasarrufun miktarını bilmek zordur. Aynı zamanda yaralanan işçinin çektiği acıya ve ilk tedavisinin yapılması için işyerinde kaybedilen zamana para ile ölçülen bir değer ifade etmek zordur.

Yatırım kararını etkileyen aşağıdaki faktörlerin de gözden uzak tutulmaması gerekir.

* Makineleri çalışmaya hazırlama zamanı, aylak zamanı, döküntü oranı ve insangücü ihtiyacı tahmin edilenden daha fazla olabilir.

* Yeni donanım yerleştirildiğinde, önceki çalışma alışkanlıklarından ve adetlerden vazgeçmek zor olabilir.

* Daha büyük bir konumluk yeri nedeniyle şehir merkezinden uzakta kurulan işletmeler, işgörenlerin şehir merkezinden işyerine taşınması için önceden gerekmeyen taşıma hizmetlerine ihtiyaç duyabilir.

* Yeni yatırım nedeniyle ihtiyaç duyulan çalışma sermayesi, beklenenden fazla olabilir.

* Aslında ekonomik olup da, işletmenin kontrol alanı dışında kalan faktörleri de burada saymak mümkündür. Bunlar; genel ekonomik şartlar, tüketici alışkanlıkları ve rekabet şartlarıdır.

2.5 Yatırım Projesinin Hazırlanma Süreci

Bir ülkedeki ekonomik gelişmenin şartlarından biri de yatırımların rasyonel bir şekilde en verimli alanlara yapılmasıdır. Üretim faktörlerinin etkin ve verimli kullanımı en uygun zamanda gerekli olan yatırımların yapılması ile gerçekleşir. Ülkelerin kalkınmasındaki temel faktörlerden biri de kârlı ve verimli alanlara sermayenin tahsisidir. Bir yatırım projesi birbirini izleyen değişik aşamalardan geçerek hazırlanır. Bu aşamalardan birinin gözden uzak tutulması tutarlı kararlar almayı güçleştirir. Ayrıca yatının projelerinin gerek yurt içi, gerek yurt dışı kredi kurumlarına sunulabilecek nitelikte ve onların değerlendirmelerine imkân verecek şekilde hazırlanması gerekmektedir. Devletin vermiş olduğu teşviklerden yararlanmak için de yatırım projesinin belirli esaslara göre hazırlanması gerekmektedir.

2.5.1 Yatırım projesini hazırlama safhaları

Yatırım projesi; yatırımın ekonomik ömrü, yatırım dönemi ve tasfiye dönemi boyunca ve genelde belirsizlik ve risk ortamında; verimliliğinin ve yararlılık derecesinin ölçülmesi ile gerçekleşebilirliğinin belirlenmesi amacına yönelik bir plan olarak hazırlanır. Yatırım projesinin hazırlanması aşamasında ayrıca yatırım için gerekli olan fonların kaynakları üzerinde de durulur. Uzun süreli, büyük ölçüde kaynak ayırmayı gerektiren yatırım kararının sezgiler ile alınması düşünülmeyeceğine göre, bir seçenek olarak kararın doğruluğunu kanıtlayacak projeye dayandırılması gerekir.

Bir yatırım projesinin hazırlanmasındaki aşamaları başlıca sekiz grupta toplamak mümkündür.

• Proje fikrinin doğuşu,

• Ön araştırma,

• Fizibilite etüdü,

• Genel değerlendirme ve yatırım kararının alınması,

• Kesin proje,

• Projenin uygulanması,

• Deneme üretimi,

• Üretime geçiş (Aşıkoğlu, 1994).

2.5.1.1 Proje fikrinin doğuşu

Bir yatırım projesinin amacı belirli bir mal veya hizmet üretiminin gerçekleştirilmesidir. Üretilecek çok sayıda mal ve hizmet türü bulunduğuna göre, yatırımcılar pek çok sayıda yatırım alternatifi ile karşı karşıyadır. Bütün yatırım alanları üzerinde derinliğine bir inceleme yapmanın, ekonomik, teknik, finansal ve hukuki etütleri hazırlamanın güçlüğü nedeniyle, proje hazırlamadan önce ümit verici yatırım alanlarının belirlenmesi ile proje fikri doğar. Yeni yatırım projelerinin ele alınması, işletmeler için ayrıntılı çalışmaları ve büyük maliyetleri getireceğinden, projeler arasında tercih yapmayı ve sonuçta yatırım karan almayı gerektiren önemli faktörler vardır.

İşletmenin yatırım yapma konusunda fikrini etkileyen faktörlerin başında amaçlan ve politikaları gelir. Bir yatının fikrinin ortaya çıkışı temel işletme amaçlarının tespiti ile başlar.

İşletmeler faaliyetleri süresince, kârlarının belirli bir kısmını dağıtmayarak işletmede alıkoyabilmektedir. Bu durumda oluşan fonları etkin ve verimli bir şekilde değerlendirmek için yatırım fikirleri ortaya çıkar. Bazı işletmelerde kullanılmayan birçok varlık bulunabilir. Kullanılmayan varlıkların etkin ve verimli şekilde kullanılması amacı yatırım fikrinin ortaya çıkmasına neden olur.

Tüketicilerin ihtiyaçlarındaki değişiklik bir taraftan üretilen malların niteliklerini değiştirmeyi zorunlu kılarken, diğer taraftan da yeni tür malların üretilmesini gerektirmektedir. Üretimin etkinliğinin ve verimliliğinin arttırılması yatırım fikrini ortaya çıkarır.

İşletmeleri yatırıma yönelten ve yatırımın büyüklüğünün belirlenmesinde rol oynayan en önemli faktörlerden biri de gelecekteki satış düzeyidir. İşletmeler üretim artışı sağlamak amacı ile mevcut üretim tesislerini daha yüksek kapasite kullanım oranı ile çalıştırabilecekleri gibi, mevcut talebi karşılamak amacı ile tesisin büyütülmesi veya yeni bir tesisin kurulması fikrini benimseyebilir.

2.5.1.2 Ön araştırma

Yatırım kararları nitelikleri itibarı ile çok detaylı analizler sonucunda alınan kararlardır. Yatırım kararı işletmenin geleceğini önceden yönlendiren bir karar niteliğini taşır.

Sistem yaklaşımı açısından yatırım projelerinin hazırlanması, bir ön araştırma, bir de esas araştırma, olmak üzere iki bölümden oluşur. Yatırım projesinin hazırlama süreci ön araştırma ile başlar. Ön araştırma sırasında yapılan işlemler, gerçekten bir yatırıma gerek duyulup duyulmadığı, eğer yatırıma gerek duyuluyorsa ne gibi tesislere ihtiyaç olduğunun ortaya konulmasının araştırılmasıdır. Yatırım projesinin hazırlanması sürecinde yapılan ön araştırmada, yatırımın uygun olup olmadığı ana hatları ile ortaya konur. Ön araştırma sonucunda olumlu sonuçlar elde edilirse, esas araştırma kapsamındaki çalışmalara geçilir.

Bir yatırım projesinin amacı, belirli bir mal veya hizmet üretimi olduğuna göre yatırımcılar çok sayıda yatırım alternatifi ile karşı karşıyadır. Bütün yatırım alternatiflerinin hepsi için ayrı ayrı yatırım analizi yapmak uzun zaman gerektiren masraflı bir iştir. Proje hazırlanmadan Önce yatırım alanları hakkında ön araştırma yaparak bir ön seçim yapmak gereklidir. Bu araştırmaların sonucunda ümit verici yeni yatırım alanlarının belirlenmesi ile proje fikri doğabileceği gibi bazı yatırımlardan da zaman ve para kaybına uğramadan başlangıçta vazgeçmek mümkün olabilecektir.

2.5.1.3 Fizibilite etütleri

Ön araştırma, ümit verici yatırım alanlarının belirlenmesi için yapılmakta ve bir yatırımın başarısının başlangıç noktasını teşkil etmektedir. Ön araştırma sonucunda ortaya çıkan yatırım alternatiflerinin ekonomik, teknik, fînansal ve hukuki fizibilite etütlerinin hazırlanması, yatırım projesinde temel araştırma aşamasını oluşturur.

Yatırım projesinin temel araştırma safhasında, yatırımın büyüklüğü, yatırımda teknoloji düzeyi, yatırıma tahsis edilecek sermaye miktarı, kurulacak tesislerden yararlanma süresi, yatırımın sağlayacağı gelir, üretilecek mamullerin birini maliyet fiyatları, yatırılan sermayenin verimliliği, üstlenilen risk ve yatırımın milli ekonomi açısından faydası ortaya konur.

Fizibilite etüdü, yatırımcının ne üreteceği, nasıl üreteceği, üretilen malın hangi fiyattan nereye satılacağı, ne kadarlık bir yatırım tutarına fon sağlayacağı, yatırımdan ne kadar gelir sağlayacağı sorularına cevap vermelidir.

2.5.1.4 Genel değerlendirme ve yatırım kararı

Bir projenin uygulamaya elverişli olup olmadığını, noksan, zayıf ve hatalı hususlarının bulunup bulunmadığını, ekonomik ve teknik ömrü içinde kendisini ödeyip ödeyemeyeceğini veya kârlılık derecesini ölçmek için yapılan çalışmaya proje değerlendirilmesi denir.

Bir projenin değerlendirilmesi için yapılacak çalışmanın biçimi ve kapsamı, projenin ait olduğu sektörün özelliklerinden başka, projenin hazırlanması için yapılan araştırma, analiz ve tasarım gibi çalışmaların yoğunluğuna bağlıdır. projenin genel değerlendirilmesi fizibilite raporuna dayanır. Bu değerlendirme sonucunda yatırım kararının verilip verilmeyeceği açıklığa kavuşur. Yatırımcı fizibilite raporundaki bilgilerin ışığında, başta ticari kârlılık olmak üzere, çeşitli verileri göz önünde bulundurarak yapacağı değerlendirme sonucunda karara varır.

Bir yatırım projesi yatırımcı tarafından değerlendirilebileceği gibi projeyle ilgili farklı çevreler tarafından da değerlendirilebilir. Devlet, projelerin teşvikten yararlanıp yararlanamayacağına ilişkin değerlendirmeyi yaparken, projeye fon sağlayacak kişi veya kurumlar projenin kârlılığını; yerel yönetimler projenin bölgeye sağlayacağı katkıyı değerlendirirler.

2.5.1.5 Kesin proje

Hazırlanan yatırım projesi ilgili çevreler ile değerlendirilip kabulüne karar verildiğinde projenin kesin proje haline dönüştürülmesi gereklidir.

Kesin proje safhasında, yatırımcı hakkında genel bilgiler, işletmenin hukuki şekli ve proje hakkında genel bilgiler verilerek proje tanımlanıp, plan ve programlar ile ilişkisi ortaya konur. Daha sonra projede öngörülen yapıların, ayrıntılı planları ve projeleri hazırlanıp teknik hesaplamaları yapılır. İşletmenin üretim sürecinde kullanacağı makinelerin kapasiteleri, maliyetleri, siparişten sonra teslim süreleri belirlenir. Üretimde patent veya lisans konusu olacaksa gerekli anlaşmalar yapılır.

2.5.1.6 Projenin uygulanması ve yatırım kararının gerçekleştirilmesi

Yatırıma ilişkin ekonomik, teknik, finansal ve hukuki etütler yapılıp proje ortaya çıktıktan sonra, ilgili çevrelerde tartışılıp yatırım kararı verilmesinin ardından sıra projenin uygulanmasına gelir.

Yatırım projesi hazırlama amaçlarından biri de yatırımın nasıl ve hangi sürede gerçekleşeceğini ve işletmenin ne zaman üretime geçeceğini önceden belirlemektir. Yatırım projesinin uygulanarak gerçekleştirilmesi için, belirli programların hazırlanıp uygulanması gereklidir. Bunlar arsanın satın alınması, işgücü, yol, su, enerji problemlerin halledilmesi, inşaat sahasının tanzim edilmesi, inşaata başlanması, makine ve donanımın siparişlerinin verilmesi ve inşaat mahalline getirilmesi, montajın yapılması, hammadde temini, gerektiğinde işgörenlerin yetiştirilmesi ve pazarlama kanallarının hazırlanmasıdır.

2.5.1.7 Deneme üretimi

Yatırım planlan ne kadar ayrıntılı yapılırsa yapılsın yatırımın gerçekleştirilip üretim aşamasına geçilmesi hemen mümkün olmaz. Bir ürünün pazara giriş aşaması Önemli bir başlangıçtır. Tüketiciler ürünler ile ilk karşılaştıkları zaman o ürün hakkında karar verirler. Bu durumda önceden belirlenen kalite standardına ulaşmadan ürünleri pazara sunmak işletmeler için iyi olmayan imajların oluşmasına yol açar.

İşletmeler önceden belirlenen kalite standardına ulaşıncaya kadar ürünlerini pazara sunmazlar. Önceden belirlenen kalite standardına ulaşıldığında, ürünlerini pazara sunma aşamasına gelinmiştir. Bu aşamaya kadar geçen süre ise, işletmede deneme üretimi safhasıdır.

2.5.1.8 Üretime geçiş

Üretime geçiş safhası, deneme üretiminin sonucunda faaliyetlerin önceden belirlenen standartlara ulaştığı safhadır. Bu safhada deneme üretimi dönemindeki aksaklıklar ortadan kaldırılmış, artık normal üretim faaliyetleri başlamıştır.
Üretime geçiş aşaması tesisin resmen açılma safhasıdır. Bu aşamaya gelinceye kadar yatırım ile ilgili bütün projeler gerçekleştirilmiştir.

İşletmenin üretime geçmesi ile birlikte, projenin hazırlanması ve uygulanması tamamlanmıştır. Artık işletme faaliyette bulunan diğer işletmeler gibi normal üretim faaliyetim sürdürmektedir.

3. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME

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

- Alternatifler: sınırlı sayıda alternatifler arasında önceliklendirme, seçilme ve sıralama yapılır. Buradaki alternatif teriminin yerine adaylar ya da sebepler de kullanılabilir.

- Çok Ölçüt: her problemde birden fazla ölçüt vardır. Karar verici her bir problem için ilgili ölçütlere göre karar verir. Ölçüt teriminin yerine hedef yada kriter de kullanılabilir. Birçok durumda ölçüt sayısı çok fazla olduğunda ölçütler hiyerarşik olarak yapılandırılır. Bir kaç tane ana ölçüt bulunabilir ve diğer alt ölçütler bunların altında ifade edilir. Miller (1965) tarafından ortaya atılan teoriye göre 7' nin 2 fazlası ve 2 eksiği kadar ölçüt için karar verici gerekli bilgiyi verebilir.

- Ölçütler Arasında Çelişki (conflict): birden fazla ölçüt olduğunda genellikle bunlar arasında çelişki vardır. Örneğin, bir araba seçim probleminde yakıt tüketimi bakımından ekonomik olması arabanın boyutlarının daha da küçük olmasına ve konfor seviyesinin azalmasına neden olabilir.

- Uyumsuz Birimler: her bir ölçüt farklı bir ölçüm birimine sahiptir. Araba seçim probleminde, yakıt tüketimi km/TL, konfor eğer yolcu için iç hacim cinsinden ölçülürse m^3, maliyet TL ve de güvenlik sayısal olmayan bir birimle ifade edilebilir.

- Karar Ağırlıkları: tüm çok ölçütlü karar verme problemleri ve metotlarında her ölçüt için göreceli ağırlıklarla ilgili bilgiye ihtiyaç vardır. Bu göreceli önemler toplamı l olacak şekilde normalize edilen ağırlıklar şeklindedir. Bu

ağırlıklar karar verici tarafından doğrudan belirlenebileceği gibi, özvektör yöntemi veya ağırlıklı en küçük kareler yöntemi ile hesaplanabilir.

- Karar Matrisi: birçok ölçütlü karar verme problemi matris formalında da ifade edilebilir.

Çok kriterli sorunların çözüm yöntemleri dört grup altında toplayabiliriz (Jacquet-Lagreze, 1990). Bunlar değer/fayda temelli yöntemler, üstünlük yöntemleri, etkileşimli ve basit yöntemlerdir.

- Değer/fayda temelli yöntemler:
  - Çok ölçütlü değer teorisi
  - SMARTS
  - Basit toplamlı ağırlaklandırma
  - Ağırlıklı çarpım
  - TOPSIS
  - Analitik hiyerarşi prosesi
  - AHP puanlama yöntemi
- Üstünlük yöntemleri:
  - ELECTRE
  - ELECTRE II
  - ELECTRE III
  - ELECTRE IV
  - PROMETHEE
  - PROMETHEE II
- Etkileşimli yöntemler:
  - PRIAM
  - STEM
  - Değişen hedef yöntemi
  - AIM
  - VIG
  - Dışbükey koniler yöntemleri
- Basit yöntemler:
  - İkili değiştirme
  - Ardışık sırasal

- Ardışık yarı sırasal
- Özelliklerine göre eleme
- İyimserlik
- Kötümserlik
- Birleştiren
- Ayıran
- Medyan sıralama
- Uzaklık fonksiyonuna dayalı atama
- Çoğunluk

3.1 Değer / Fayda Temelli Yöntemler

3.1.1 Çok ölçütlü değer teorisi

Çok Ölçütlü Değer Teorisine dayanan yöntemde; bileşik değer fonksiyonunun yapısından faydalanılarak, her ölçüt için, karar vericinin tek boyutlu değer fonksiyonu tanımlaması sağlanır ve bu fonksiyonlar, genelde değiş tokuşa dayalı bir yöntemle hesaplanan göreceli önemlere göre ağırlıklandırılıp biraraya getirilir (Kirkwood, 1997).

Elde edilen bileşik değer fonksiyonu her bir seçeneğin global puanını yansıtır ve koşulları kullanılarak seçenekler arasında oluşturulan sıralama karar vericiye sunulur.

3.1.2 Basit Toplamlı Ağırlıklandırma

Her seçeneğin, tek boyutlu değer fonksiyonu değerlerinin kullanılması yerine, farklı ölçütlere göre elde ettiği performans değerlerinin doğrudan kullanılıp ölçüt göreli önemlerine göre ağırlıklandırılıp, toplam global puanının elde edilmesine dayanan yöntemdir (Kleindorfer ve diğ, 1993).

3.1.3 Ağırlıklı Çarpım

Seçeneklerin toplam puanlarını temsil eden bir vektör kullanımına dayanan Ağırlıklı Çarpım Yönteminin en büyük özelliği nicel değerlerden oluşan karar matrisi üzerinde normalizasyon işlemi gerektirmesidir.

Basit ve anlaşılır bir yöntem olan Ağırlıklı Çarpım Yöntemi, karar vericiden göreli önemler haricinde bilgi istemeyen bir yöntemdir (Topçu, 2000).

3.1.4 TOPSIS

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) Yoon ve Hwang tarafından 1980 yılında geliştirilmiştir. Pozitif ideal çözüme uzaklığı en az ve negatif ideal çözüme uzaklığı en fazla olan seçeneği karar vericiye sunmaya ve tüm seçenekleri pozitif ideal çözüme benzerliğe göre sıralamaya yardımcı olur.

TOPSİS yöntemi karar vericinin ideale yakın çözüm bulma isteğini basit varsayımlar altında karşılar fakat nitel performans değerlerine uygulanmaz (Topçu, 2000).

Karar noktalarının ideal çözüme yakınlığı ana prensibine dayanır. TOPSIS yöntemi 6 adımdan oluşan bir çözüm sürecini içerir. Aşağıda TOPSIS yönteminin adımları tanımlanmıştır.

Adım 1 : Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak değerlendirme faktörleri yer alır. A matrisi karar verici tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir. Karar matrisi aşağıdaki gibi gösterilir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \quad \textbf{(3.1)}$$

A_{ij} matrisinde m karar noktası sayısını, n değerlendirme faktörü sayısını verir.

Adım 2 : Standart Karar Matrisinin (R) Oluşturulması

Standart Karar Matrisi, A matrisinin elemanlarından yararlanarak ve aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{m} a_{kj}^2}} \tag{3.2}$$

R matrisi aşağıdaki gibi elde edilir:

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \tag{3.3}$$

Adım 3 : Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (V) Oluşturulması

Öncelikle değerlendirme faktörlerine ilişkin ağırlık değerleri (w_i) belirlenir

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1 \tag{3.4}$$

Daha sonra R matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili w_i değeri ile çarpılarak V matrisi oluşturulur. V matrisi aşağıda gösterilmiştir:

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \tag{3.5}$$

Adım 4 : İdeal (A^*) ve Negatif İdeal (A^-) Çözümlerin Oluşturulması

TOPSIS yöntemi, her bir değerlendirme faktörünün monoton artan veya azalan bir eğilime sahip olduğunu varsaymaktadır.

İdeal çözüm setinin oluşturulabilmesi için V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en büyükleri (ilgili değerlendirme faktörü minimizasyon yönlü ise en küçüğü) seçilir. İdeal çözüm setinin bulunması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$A^* = \left\{ (\max_i v_{ij} \,\middle|\, j \in J), (\min_i v_{ij} \,\middle|\, j \in J' \right\} \quad \textbf{(3.6)}$$

(3.6) formülünden hesaplanacak set $A^* = \{v_1^*, v_2^*, ..., v_n^*\}$ şeklinde gösterilebilir.

Negatif ideal çözüm seti ise, V matrisindeki ağırlıklandırılmış değerlendirme faktörlerinin yani sütun değerlerinin en küçükleri (ilgili değerlendirme faktörü maksimizasyon yönlü ise en büyüğü) seçilerek oluşturulur. Negatif ideal çözüm setinin bulunması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$A^- = \left\{ (\min_i v_{ij} \,\middle|\, j \in J), (\max_i v_{ij} \,\middle|\, j \in J' \right\} \quad \textbf{(3.7)}$$

(3.7) formülünden hesaplanacak set $A^- = \{v_1^-, v_2^-, ..., v_n^-\}$ şeklinde gösterilebilir.

Her iki formülde de J fayda (maksimizasyon), J' ise kayıp (minimizasyon) değerini göstermektedir.

Gerek ideal gerekse negatif ideal çözüm seti, değerlendirme faktörü sayısı yani m elemandan oluşmaktadır. [2]

Adım 5 : Ayırım Ölçülerinin Hesaplanması

TOPSIS yönteminde her bir karar noktasına ilişkin değerlendirme faktör değerinin İdeal ve negatif ideal çözüm setinden sapmalarının bulunabilmesi için Euclidian Uzaklık Yaklaşımından yararlanılmaktadır. Buradan elde edilen karar noktalarına ilişkin sapma değerleri ise İdeal Ayırım(S_i^+) ve Negatif İdeal Ayırım (S_i^-) Ölçüsü olarak adlandırılmaktadır. İdeal ayırım (S_i^+) ölçüsünün hesaplanması (3.8) formülünde, negatif ideal ayırım (S_i^-) ölçüsünün hesaplanması ise (3.9) formülünde gösterilmiştir.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad \textbf{(3.8)}$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad \textbf{(3.9)}$$

Burada hesaplanacak S_i^+ ve S_i^- sayısı doğal olarak karar noktası sayısı kadar olacaktır.

Adım 6 : İdeal Çözüme Göreli Yakınlığın Hesaplanması

Her bir karar noktasının ideal çözüme göreli yakınlığının (C_i^*) hesaplanmasında ideal ve negatif ideal ayırım ölçülerinden yararlanılır. Burada kullanılan ölçüt, negatif ideal ayırım ölçüsünün toplam ayırım ölçüsü içindeki payıdır. İdeal çözüme göreli yakınlık değerinin hesaplanması aşağıdaki formülde gösterilmiştir.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*} \qquad \textbf{(3.10)}$$

Burada C_i^* değeri $0 \le C_i^* \le 1$ aralığında değer alır ve $C_i^* = 1$ ilgili karar noktasının ideal çözüme, $C_i^* = 0$ ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir. (Triantaphyllou, 2000)

Örnek

Birçoklu karar probleminde 3 karar noktası ve 4 değerlendirme faktörü bulunmaktadır. Karar verici karar matrisini aşağıdaki gibi oluşturmuş ve değerlendirme faktörlerine ilişkin ağırlıkları ise $w_1 = 0{,}20$, $w_2 = 0{,}15$, $w_3 = 0{,}40$ ve $w_4 = 0{,}25$ şeklinde belirlemiştir.

$$A = \begin{bmatrix} 25 & 20 & 15 & 30 \\ 10 & 30 & 20 & 30 \\ 30 & 10 & 30 & 10 \end{bmatrix}$$

Karar verici, karar noktalarının önem sırasını nasıl oluşturacaktır?

Öncelikle (3.2) formülü yardımıyla ($3x4$) boyutlu Standart Karar Matrisi (R) oluşturulmuştur. Burada r_{11} değeri,

$$r_{11} = \frac{25}{\sqrt{25^2 + 10^2 + 30^2}} = 0{,}6202$$

olarak elde edilmiştir. Benzer şekilde diğer r_{ij} değerleri hesaplanarak aşağıda gösterilen R matrisi tamamlanmıştır.

$$R = \begin{bmatrix} 0,6202 & 0,5345 & 0,3841 & 0,6883 \\ 0,2481 & 0,8018 & 0,5122 & 0,6883 \\ 0,7442 & 0,2673 & 0,7682 & 0,2294 \end{bmatrix}$$

2. adımda Ağırlıklı Standart Karar Matrisi (V) oluşturulmuştur. Bunun için R matrisinin sütunlarındaki değerler ilgili değerlendirme faktörü ağırlık değerleri ile çarpılmış ve V matrisinin sütunları hesaplanmıştır.

$$V = \begin{bmatrix} 0,1241 & 0,0802 & 0,1537 & 0,1721 \\ 0,0496 & 0,1203 & 0,2049 & 0,1721 \\ 0,1489 & 0,0401 & 0,3073 & 0,0574 \end{bmatrix}$$

3. adımda ideal (A^*) ve negatif ideal (A^-) çözüm setleri oluşturulmuştur. A^* seti için V matrisinin her bir sütunundaki en büyük değer, A^- seti için V matrisinin her bir sütunundaki en küçük değer seçilmiş ve setler aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$A^* = \left\{ \max_i v_{i1}, \max_i v_{i2}, \max_i v_{i3}, \max_i v_{i4} \right\}$$

$$A^* = \{0,1489;0,1203;0,3073;0,1721\}$$

$$A^- = \left\{ \min_i v_{i1}; \min_i v_{i2}; \min_i v_{i3}; \min_i v_{i4} \right\}$$

$$A^- = \{0,0496;0,0401;0,1537;0,0574\}$$

4. adımda (2.10) formülünden her bir karar noktası için ideal ayırım ölçüleri $S_1^* = 0,1606$, $S_2^* = 0,1428$ ve $S_3^* = 0,1400$ olarak elde edilmiştir.

(3.8) formülünden ise negatif ideal ayırım ölçüleri, $S_1^- = 0,1428$, $S_2^- = 0,1490$ ve $S_3^- = 0,1830$ olarak hesaplanmıştır.

5. adımda ise (2.12) formülünden üç karar noktası için ideal çözüme göreli yakınlık değerleri,

$$C_1^* = \frac{0,1428}{0,1606 + 0,1428} = 0,4707$$

$$C_2^* = \frac{0,1490}{0,1428 + 0,1490} = 0,5106$$

$$C_3^* = \frac{0,1830}{0,1400 + 0,1830} = 0,5666$$

bulunmuştur. Bu değerler büyüklük sırasına sokulduğunda karar noktalarının önem sırasının A_3, A_2 ve A_1 şeklinde olduğu görülebilir.

3.1.5 Analitik Hiyerarşi Prosesi

Analitik Hiyerarşi Prosesi, gruplara ve bireylere karar verme sürecindeki nitel ve nicel faktörleri birleştirme olanağı veren güçlü ve kolay anlaşılabilir bir yöntemdir (Saaty, 1989).

AHP, insanoğlunun hiçbir şekilde kendisine öğretilmeyen fakat var oluşundan bu yana karar verme sorunu ile karşılaştığında içgüdüsel olarak benimsediği karar mekanizmasıdır (Aslan, 2005).

Başka bir deyişle AHP, farklı faktörleri aynı anda ele alıp, sayısal değiş-tokuş işlemleri yaparak bir sonuca varmaya çalışan, tümevarımsal ve tümdengelimsel düşünmeye olanak tanıyan, doğrusal olmayan bir karar verme yöntemidir. Birçok karar sorunu hem fiziksel hem de psikolojik etkenler içermektedir. Fiziksel etkenler, karar sürecini yürüten bireyin dışındaki objektif, somut gerçeklerdir. Psikolojik etkenler ise bireyin ya da bir bütün olarak toplumun sübjektif fikirlerinden, duygularından ve inançlarından oluşan soyut alandır. AHP hem fiziksel hem de psikolojik etkenleri soruna dahil ettiğinden birçok karar verme yöntemine göre daha gerçekçi bir yöntemdir (Pamukçu, 2004).

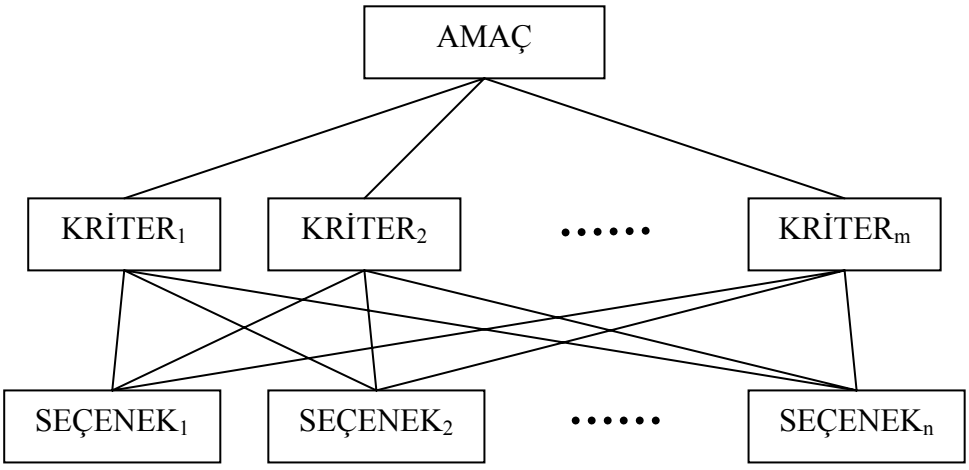
Anlaşılmasının çok kolay olması ve basit matematik hesaplamaları içermesi sebebiyle, AHP oldukça büyük bir ilgi görmüş ve gerçek hayatta birçok alanda kullanılmıştır. Yöntem, taarruz helikopterlerinin seçiminden politikada adayların seçimine, veri tabanı seçiminden kaynak atamaya kadar çok çeşitli karar verme problemlerinin çözümünde başarılı sonuçlar üretmiştir (Çanlı vd., 2007).

AHP; her sorun için amaç, kriter, olası alt kriter seviyeleri ve seçeneklerden oluşan hiyerarşik bir model kullanır. Karışık, anlaşılması güç veya yapısallaşmamış sorunlar için genel bir yöntemdir ve üç temel prensip üzerine kurulmuştur (Pamukçu, 2004):

1. Hiyerarşilerin oluşturulması prensibi
2. Üstünlüklerin belirlenmesi prensibi
3. Mantıksal ve sayısal tutarlılık prensibi

Hiyerarşinin tüm parçaları birbirleri ile ilgilidir ve bir faktördeki değişimin diğer faktörleri nasıl etkilediği kolayca görülebilir. AHP'nin hiyerarşik yapısındaki bu esneklik ve etkinlik karar vericiye karar sürecinde çok yardımcı olur. Kararları bu yapıda kurarak; birçok veri türü bir araya getirilebilir ve farklı gözüken nesneler arasında karşılaştırma yapılabilir (Pamukçu, 2004).

Şekil 3.1'de üç seviyeli basit bir hiyerarşi görülmektedir. Hiyerarşik yapıyla amaçlanan, üst seviyedeki elemanların alt seviyedeki elemanlar üzerindeki etkilerinin veya alt seviyedeki elemanların üst seviyedeki elemanların önemlerine ya da gerçeklenmelerine ilişkin katkılarının değerlendirilmesidir (Pamukçu, 2004).



Şekil 3.1 : Basit bir AHP yapısı.

Bir karar verme probleminin AHP ile çözümlenebilmesi için gerçekleştirilmesi gereken aşamalar aşağıda tanımlanmıştır. Her bir aşamada, formülasyon ile birlikte ilgili açıklamalar yapılmıştır.

Adım 1 : Karar Verme Problemi Tanımlanır

Karar verme probleminin tanımlanması, iki aşamadan oluşturulur. Birinci aşamada karar noktaları saptanır. Diğer bir deyişle karar kaç sonuç üzerinden değerlendirilecektir sorusuna cevap aranır. İkinci aşamada ise karar noktalarını etkileyen faktörler saptanır. Bu çalışmada karar noktalarının sayısı m, karar noktalarını etkileyen faktör sayısı ise n ile sembolize edilmiştir. Özellikle sonucu etkileyecek faktörlerin sayısının doğru belirlenmesi ve her bir faktörün detaylı tanımlarının yapılması, ikili karşılaştırmaların tutarlı ve mantıklı yapılabilmesi açısından önemlidir.

Adım 2 : Faktörler Arası Karşılaştırma Matrisi Oluşturulur

Faktörler arası karşılaştırma matrisi, nxn boyutlu bir kare matristir. Bu matrisin köşegeni üzerindeki matris bileşenleri 1 değerini alır. Karşılaştırma matrisi aşağıda gösterilmiştir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Karşılaştırma matrisinin köşegeni üzerindeki bileşenler, yani $i = j$ olduğunda, 1 değerini alır. Çünkü bu durumda ilgili faktör kendisi ile karşılaştırılmaktadır. Faktörlerin karşılaştırılması, birbirlerine göre sahip oldukları önem değerlerine göre birebir ve karşılıklı yapılır. Faktörlerin birebir karşılıklı karşılaştırılmasında Çizelge 3.1 deki önem skalası kullanılır.

Örneğin birinci faktör üçüncü faktöre göre karşılaştırmayı yapan tarafından daha önemli görünüyorsa, bu durumda karşılaştırma matrisinin birinci satır üçüncü sütun bileşeni (i=1, j=3), 3 değerini alacaktır. Aksi durumda yani birinci faktörün üçüncü faktörle karşılaştırılmasında, daha önemli tercihi üçüncü faktörden yana kullanılacaksa bu durumda karşılaştırma matrisinin birinci satır üçüncü sütun bileşeni 1/3 değerini alacaktır. Aynı karşılaştırmada birinci faktörle üçüncü faktörün

karşılaştırılmasında faktörler eşit öneme sahip oldukları yönünde tercih kullanılıyorsa bu durumda bileşen 1 değerini alacaktır.

Karşılaştırmalar, karşılaştırma matrisinin tüm değerleri 1 olan köşegeninin üstünde kalan değerler için yapılır. Köşegenin altıda kalan bileşenler için ise doğal olarak (3.11) formülünü kullanmak yeterli olacaktır.

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \qquad \textbf{(3.11)}$$

Yukarıda verilen örnek dikkate alınırsa karşılaştırma matrisinin birinci satır üçüncü sütun bileşeni (i=1, j=3) 3 değerini alıyorsa, karşılaştırma matrisinin üçüncü satır birinci sütun bileşeni (i=3,j=1), (3.11) formülünden 1/3 değerini alacaktır.

Çizelge 3.1 : Önem skalası

Önem Değerleri	**Değer Tanımları**
1	Her iki faktörün eşit öneme sahip olması durumu
3	1. Faktörün 2. faktörden daha önemli olması durumu
5	1. Faktörün 2. faktörden çok önemli olması durumu
7	1. Faktörün 2. faktöre nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	1. Faktörün 2. faktöre nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu
2,4,6,8	Ara değerler

Adım 3 : Faktörlerin Yüzde Önem Dağılımları Belirlenir

Karşılaştırma matrisi, faktörlerin birbirlerine göre önem seviyelerini belirli bir mantık içerisinde gösterir. Ancak bu faktörlerin bütün içerisindeki ağırlıklarını, diğer bir deyişle yüzde önem dağılımlarını belirlemek için, karşılaştırma matrisini oluşturan sütun vektörlerinden yararlanılır ve n adet ve n bileşenli B sütun vektörü oluşturulur.

Aşağıda bu vektör gösterilmiştir:

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ . \\ . \\ . \\ b_{n1} \end{bmatrix}$$

B sütun vektörlerinin hesaplanmasında (3.12) formülünden yararlanılır.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} \qquad \textbf{(3.12)}$$

Örneğin değerlendirme faktörlerinin birbirleriyle karşılaştırılmalarını gösteren A karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi tanımlanmışsa ve B_1 vektörü hesaplanmak isteniyorsa,

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 5 \\ 3 & 1 & 4 \\ 1/5 & 1/4 & 1 \end{bmatrix}$$

bu durumda B_1 vektörünün b_{11} elemanı, $b_{11} = \frac{1}{1+3+0,2}$ olarak hesaplanacaktır.

Benzer şekilde B_1 vektörünün diğer elemanları hesaplandığında, vektör aşağıdaki gibi elde edilebilir ve sütun vektörünün bileşenleri toplandığında toplamın 1 olduğu görülebilir.

$$B_1 = \begin{bmatrix} 0,238 \\ 0,714 \\ 0,048 \end{bmatrix}$$

Yukarıda anlatılan adımlar diğer değerlendirme faktörleri içinde tekrarlandığında faktör sayısı kadar B sütun vektörü elde edilecektir. n adet B sütun vektörü, bir matris formatında bir araya getirildiğinde ise aşağıda gösterilen C matrisi oluşturulacaktır.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix}$$

Yukarıdaki örnek göz önüne alındığında C matrisi aşağıdaki gibi oluşur.

$$C = \begin{bmatrix} 0{,}238 & 0{,}210 & 0{,}500 \\ 0{,}714 & 0{,}632 & 0{,}400 \\ 0{,}048 & 0{,}158 & 0{,}100 \end{bmatrix}$$

C matrisinden yararlanarak, faktörlerin birbirlerine göre önem değerlerini gösteren yüzde önem dağılımları elde edilebilir. Bunun için (3.13) formülünde gösterildiği gibi C matrisini oluşturan satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması alınır ve Öncelik Vektörü olarak adlandırılan W sütun vektörü elde edilir.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} c_{ij}}{n} \qquad \textbf{(3.13)}$$

W vektörü aşağıda gösterilmiştir.

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ . \\ . \\ . \\ w_n \end{bmatrix}$$

Yukarıdaki örnek çözüldüğünde öncelik vektörünün elemanları aşağıdaki gibi hesaplanabilir. Bu durumda her üç faktör birlikte değerlendirildiğinde yaklaşık değerlerle, birinci faktör % 32, ikinci faktör % 58 ve üçüncü faktör % 10 öneme sahip olacaktır.

$$W = \begin{bmatrix} \frac{0,238 + 0,210 + 0,500}{3} \\ \frac{0,714 + 0,632 + 0,400}{3} \\ \frac{0,048 + 0,1580 + 0,100}{3} \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} 0,32 \\ 0,58 \\ 0,10 \end{bmatrix}$$

Adım 4 : Faktör Kıyaslamalarındaki Tutarlılık Ölçülür

AHP kendi içinde ne kadar tutarlı bir sistematiğe sahip olsa da sonuçların gerçekçiliği doğal olarak, karar vericinin faktörler arasında yaptığı birebir karşılaştırmadaki tutarlılığa bağlı olacaktır. AHP bu karşılaştırmalardaki tutarlılığın ölçülebilmesi için bir süreç önermektedir. Sonuçta elde edilen **Tutarlılık Oranı (CR)** ile, bulunan öncelik vektörünün ve dolayısıyla faktörler arasında yapılan birebir karşılaştırmaların tutarlılığın test edilebilmesi imkanını sağlamaktadır. AHP, CR hesaplamasının özünü, faktör sayısı ile **Temel Değer** adı verilen (λ) bir katsayının karşılaştırılmasına dayandırmaktadır. λ' nın hesaplanması için öncelikle A karşılaştırma matrisi ile W öncelik vektörünün matris çarpımından D sütun vektörü elde edilir.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ . \\ . \\ . \\ w_n \end{bmatrix} \qquad \textbf{(3.14)}$$

(3.15) formülünde tanımlandığı gibi, bulunan D sütun vektörü ile W sütun vektörünün karşılıklı elemanlarının bölümünden her bir değerlendirme faktörüne ilişkin temel değer (E) elde edilir. Bu değerlerin aritmetik ortalaması ((3.16) formülü) ise karşılaştırmaya ilişkin temel değeri (λ) verir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \qquad (i=1,2,3...,n) \qquad \textbf{(3.15)}$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i}{n} \qquad \textbf{(3.16)}$$

λ hesaplandıktan sonra **Tutarlılık Göstergesi** (**CI**), (3.17) formülünden yararlanarak hesaplanabilir.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \qquad \textbf{(3.17)}$$

Son aşamada ise CI, **Random Gösterge** (**RI**) olarak adlandırılan ve Çizelge 3.2' de gösterilen standart düzeltme değerine bölünerek ((3.18) formülü) CR elde edilir. Çizelge 2.2' den faktör sayısına karşılık gelen değer seçilir. Örneğin 3 faktörlü bir karşılaştırmada kullanılacak RI değeri Çizelge 3.2' den 0.58 olacaktır.

Çizelge 3.2 : RI Değerleri

N	**RI**	**N**	**RI**
1	0	8	1,41
2	0	9	1,45
3	0,58	10	1,49
4	0,90	11	1,51
5	1,12	12	1,48
6	1,24	13	1,56

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad \textbf{(3.18)}$$

Hesaplanan CR değerinin 0.10 dan küçük olması karar vericinin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğunu gösterir. CR değerinin 0.10' dan büyük olması ya AHP' deki bir hesaplama hatasını ya da karar vericinin karşılaştırmalarındaki tutarsızlığını gösterir.

Adım 5 : Her Bir Faktör İçin, m Karar Noktasındaki Yüzde Önem Dağılımları Bulunur

Bu aşama yukarıda anlatılan şekilde ancak bu kez, her bir faktör açısından karar noktalarının yüzde önem dağılımları belirlenir. Diğer bir deyişle birebir karşılaştırmalar ve matris işlemleri faktör sayısı kadar (n kez) tekrarlanır. Ancak bu kez her bir faktör için karar noktalarında kullanılacak G karşılaştırma matrislerinin boyutu mxm olacaktır. Her bir karşılaştırma işleminden sonra $mx1$ boyutlu ve

değerlendirilen faktörün karar noktalarına göre yüzde dağılımlarını gösteren S sütun vektörleri elde edilir. Bu sütun vektörleri aşağıda tanımlanmıştır:

$$S_i = \begin{bmatrix} s_{11} \\ s_{21} \\ . \\ . \\ . \\ s_{m1} \end{bmatrix}$$

Adım 6 : Karar Noktalarındaki Sonuç Dağılımının Bulunması

Bu aşamada öncelikle, yukarıda anlatılan n tane mx1 boyutlu S sütun vektöründen meydana gelen ve mxn boyutlu K karar matrisi oluşturulur. Karar matrisi aşağıda tanımlanmıştır:

$$K = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix}$$

Sonuçta karar matrisi W sütun vektörü (öncelik vektörü) ile aşağıdaki gibi çarpıldığında ise m elemanlı L sütun vektörü elde edilir. L sütun vektörü karar noktalarının yüzde dağılımını verir. Diğer bir deyişle vektörün elemanlarının toplamı 1 dir. Bu dağılım aynı zamanda karar noktalarının önem sırasını da gösterir.

$$L = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mn} \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ . \\ . \\ . \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_{11} \\ l_{21} \\ . \\ . \\ . \\ l_{m1} \end{bmatrix} \quad \textbf{(3.19)}$$

3.1.6 Analitik hiyerarşi prosesi puanlama yöntemi

Değerlenecek seçenek sayısının dokuzu geçmesi durumunda karar vericiyi aşırı derecede zorlayacak ikili karşılaştırmalar matrisi yerine puanlama kullanmayı tavsiye eder.

3.2 Üstünlük Yöntemleri

Üstünlük yöntemlerinde hedeflenen, değerlendirmede kullanılan seçeneklerin tercih edilenlerini bir alt küme halinde karar vericiye sunmaktır.

3.2.1 ELECTRE

ELECTRE, alternatifler arasında istenen sıralama bağıntısını elde etmek için her alternatife ait öncelik bağıntılarını biraraya getirir. Bu sentez, bir uyumluluk ve uyumsuzluk indeksi ile elde edilir. Uyumluluk indeksi, bir alternatifin diğerine tercih edildiği durumda ölçütlerin ağırlıklandırılmış göreceli sıklığını göstermektedir. Uyumsuzluk indeksi, bir ölçüt diğerine tercih edildiği zaman en büyük anlaşmazlığı yaratan ölçütlerin direncini gösterir. Bu uyumluluk ve uyumsuzluk indekslerine göre alternatiflerin sıralaması yapılır (Parsaei ve diğ., 1993).

ELECTRE I'de, bir alternatif diğerine uyumluluk ve uyumsuzluk koşullarının her ikisi de sağlandığında tercih edilmektedir. ELECTRE II'de, birden fazla uyumluluk ve uyumsuzluk seviyesi, kuvvetli ve zayıf olmak üzere iki uç sıralama bağıntısı geliştirmek için kullanılmaktadır. ELECTRE III yapı olarak ELECTRE II'ye benzerdir, fakat sıralama bağıntısı bulanık teoriden türetilmektedir. ELECTRE IV, alternatiflerin değerlendirilmesinde belirsizliği ele almak için geliştirilmiştir.

ELECTRE (Elemination and Choice Translating Reality English) yöntemi ilk kez 1966 yılında Beneyoun tarafından ortaya atılmış bir çoklu karar verme yöntemidir. Yöntem, her bir değerlendirme faktörü için alternatif karar noktaları arasında ikili üstünlük kıyaslamalarına dayanır. Yöntem 8 adımda çözüme gider (Triantaphyllou, 2000). Aşağıda ELECTRE yönteminin adımları tanımlanmıştır.

Adım 1 : Karar Matrisinin (A) Oluşturulması

Karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen karar noktaları, sütunlarında ise karar vermede kullanılacak değerlendirme faktörleri yer alır. A matrisi karar verici tarafından oluşturulan başlangıç matrisidir. Karar matrisi aşağıdaki gibi gösterilir:

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

A_{ij} matrisinde m karar noktası sayısını, n değerlendirme faktörü sayısını verir.

Adım 2 : Standart Karar Matrisinin (X) Oluşturulması

Standart Karar Matrisi, A matrisinin elemanlarından yararlanarak ve aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır.

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{m} a_{kj}^2}} \qquad \textbf{(3.20)}$$

Örneğin X matrisinin x_{11} elemanını hesaplamak için, A matrisinin a_{11} elemanı, matrisin 1 sütun elemanlarının kareleri toplamının karekköküne bölünerek elde edilir. Burada amaç, bir karar noktası ilgili değerlendirme faktörü ilişkilendirilirken, diğer karar noktaları açısından ağırlıklandırmaktır. Hesaplamalar sonunda X matrisi aşağıdaki gibi elde edilir:

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \qquad \textbf{(3.21)}$$

Adım 3 : Ağırlıklı Standart Karar Matrisinin (Y) Oluşturulması

Değerlendirme faktörlerinin karar verici açısından önemleri farklı olabilir. Bu önem farklılıklarını ELECTRE çözümüne yansıtabilmek için Y matrisi hesaplanır. Karar verici öncelikle değerlendirme faktörlerinin ağırlıklarını (w_i) belirlemelidir

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1 \qquad \textbf{(3.22)}$$

Daha sonra X matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili w_i değeri ile çarpılarak Y matrisi oluşturulur. Y matrisi aşağıda gösterilmiştir:

$$Y_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 x_{11} & w_2 x_{12} & \dots & w_n x_{1n} \\ w_1 x_{21} & w_2 x_{22} & \dots & w_n x_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ w_1 x_{m1} & w_2 x_{m2} & \dots & w_n x_{mn} \end{bmatrix} \qquad \textbf{(3.23)}$$

Adım 4 : Uyum (C_{kl}) ve Uyumsuzluk (D_{kl}) Setlerinin Belirlenmesi

Uyum setlerinin belirlenebilmesi için Y matrisinden yararlanılır, karar noktaları birbirleriyle değerlendirme faktörleri açısından kıyaslanır ve setler aşağıdaki formülde gösterilen ilişki yardımıyla belirlenir:

$$C_{kl} = \{ j, y_{kj} \geq y_{lj} \} \qquad \textbf{(3.24)}$$

Formül temel olarak satır elemanlarının birbirlerine göre büyüklüklerinin karşılaştırılmasına dayanır. Bir çoklu karar problemindeki uyum seti sayısı ($m.m-m$) tanedir. Çünkü uyum setleri oluşturulurken k ve l indisleri için $k \neq l$ olmalıdır. Bir uyum setindeki eleman sayısı ise en fazla değerlendirme faktörü sayısı (n) tane olabilir.

Örneğin $k=1$ ve $l=2$ için C_{12} uyum seti için Y matrisinin 1. ve 2. satır elemanları karşılıklı olarak birbirleriyle kıyaslanır ve eğer burada 4 değerlendirme faktörü varsa C_{12} uyum seti en fazla 4 elemanlı olacaktır. Verilen örnekte 1. ve 2. satır kıyaslamasında,

$y_{11} > y_{21}$

$y_{12} < y_{22}$

$y_{13} < y_{23}$

$y_{14} = y_{24}$

sonuçlarıyla karşılaşılmışsa (2.2) formülündeki şarta $j = 1$ ve $j = 4$ değerleri uyacak ve C_{12} uyum seti $C_{12} = \{1,4\}$ şeklinde oluşacaktır.

ELECTRE yönteminde her uyum setine (C_{kl}) bir uyumsuzluk seti (D_{kl}) karşılık gelir. Diğer bir deyişle uyum seti sayısı kadar uyumsuzluk seti sayısı vardır. Uyumsuzluk seti elemanları, ilgili uyum setine ait olmayan j değerlerinden oluşur. Verilen örnekte $C_{12} = \{1,4\}$ ise $D_{12} = \{2,3\}$ elemanlarından oluşacaktır.

ELECTRE yönteminde uyum setlerini oluştururken değerlendirme faktörlerinin anlamlarına dikkat edilmelidir. Örneğin ilgili değerlendirme faktörü kar ise uyum seti için (2.2) formülü kullanılacaktır. Ancak değerlendirme faktörü maliyet ise bu durumda uyum seti için gerek şart $y_{kj} < y_{lj}$ eşitsizliği olacaktır.

Adım 5 : Uyum (C) ve Uyumsuzluk Matrislerinin (D) Oluşturulması

Uyum matrisinin (C) oluşturulması için uyum setlerinden yararlanılır. C matrisi mxm boyutludur ve $k = l$ için değer almaz. C matrisinin elemanları aşağıdaki formülde gösterilen ilişki yardımıyla hesaplanır.

$$c_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} w_j \qquad \textbf{(3.25)}$$

Örneğin $C_{12} = \{1,4\}$ ise C matrisinin c_{12} elemanının değeri, $c_{12} = w_1 + w_4$ olacaktır. C matrisi aşağıda gösterilmiştir:

$$C = \begin{bmatrix} - & c_{12} & c_{13} & \dots & c_{1m} \\ c_{21} & - & c_{23} & \dots & c_{2m} \\ . & & & & . \\ . & & & & . \\ . & & & & . \\ c_{m1} & c_{m2} & c_{m3} & \dots & - \end{bmatrix} \qquad \textbf{(3.26)}$$

Uyumsuzluk matrisinin (D) elemanları ise aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır:

$$d_{kl} = \frac{\max_{j \in D_{kl}} \left| y_{kj} - y_{lj} \right|}{\max_{j} \left| y_{kj} - y_{lj} \right|} \qquad \textbf{(3.27)}$$

Örneğin Y matrisinin 1. ve 2. satır elemanlarının kıyaslamasından d_{12} (k=1 ve l=2) elemanı elde edilir. d_{12} için, (3.27) formülünün pay kısmında D_{12}= {2,3} uyumsuzluk setini oluşturan j=2 ve j=3 değerleri dikkate alınır ve $|y_{12}- y_{22}|$ ve $|y_{13}- y_{23}|$ mutlak farklarından büyük olanı seçilir. Formülün payda kısmı için ise Y matrisinin 1. ve 2. satırlarındaki tüm elemanların karşılıklı mutlak farkları bulunarak bunlardan en büyük olanı seçilir.

C matrisi gibi D matrisi de mxm boyutludur ve $k = l$ için değer almaz. D matrisi aşağıda gösterilmiştir:

$$D = \begin{bmatrix} - & d_{12} & d_{13} & \dots & d_{1m} \\ d_{21} & - & d_{23} & \dots & d_{2m} \\ . & & & & . \\ . & & & & . \\ . & & & & . \\ d_{m1} & d_{m2} & d_{m3} & \dots & - \end{bmatrix}$$

Adım 6 : Uyum Üstünlük (F) ve Uyumsuzluk Üstünlük (G) Matrislerinin Oluşturulması

Uyum üstünlük matrisi (F) mxm boyutludur ve matrisin elemanları uyum eşik değerinin ($\underline{c}$) uyum matrisinin elemanlarıyla (c_{kl}) karşılaştırılmasından elde edilir. Uyum eşik değerinin ($\underline{c}$) aşağıdaki formül yardımıyla elde edilir:

$$\underline{c} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^{m} \sum_{l=1}^{m} c_{kl} \qquad \textbf{(3.28)}$$

Formüldeki m karar noktası sayısını göstermektedir. Daha açık bir anlatımla $\underline{c}$ değeri, $\frac{1}{m(m-1)}$ ile C matrisini oluşturan elemanların toplamının çarpımına eşittir.

F matrisinin elemanları (f_{kl}), ya 1 ya da 0 değerini alır ve matrisin köşegeni üzerinde aynı karar noktalarını gösterdiğinden değer yoktur. Eğer $c_{kl} \geq \underline{c} \Rightarrow f_{kl} = 1$, eğer $c_{kl} < \underline{c} \Rightarrow f_{kl} = 0$ dır.

Uyumsuzluk üstünlük matrisi (G) de mxm boyutludur ve F matrisine benzer şekilde oluşturulur. Uyumsuzluk eşik değeri ($\underline{d}$) aşağıdaki formül yardımıyla elde edilir:

$$\underline{d} = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^{m} \sum_{l=1}^{m} d_{kl} \qquad \textbf{(3.29)}$$

Diğer bir deyişle $\underline{d}$ değeri, $\frac{1}{m(m-1)}$ ile D matrisini oluşturan elemanların toplamının çarpımına eşittir.

G matrisinin elemanları da (g_{kl}), ya 1 ya da 0 değerini alır ve matrisin köşegeni üzerinde aynı karar noktalarını gösterdiğinden değer yoktur. Eğer $d_{kl} \geq \underline{d} \Rightarrow g_{kl} = 1$, eğer $d_{kl} < \underline{d} \Rightarrow g_{kl} = 0$ dır.

Adım 7 : Toplam Baskınlık Matrisinin (E) Oluşturulması

Toplam Baskınlık Matrisinin (E) elemanları (e_{kl}) aşağıdaki formülde gösterildiği gibi f_{kl} ve g_{kl} elemanlarının karşılıklı çarpımına eşittir. Burada E matrisi C ve D matrislerine bağlı olarak mxm boyutludur ve yine 1 ya da 0 değerlerinden oluşur.

Adım 8 : Karar Noktalarının Önem Sırasının Belirlenmesi

E matrisinin satır ve sütunları karar noktalarını gösterir. Örneğin E matrisi aşağıdaki gibi hesaplanmışsa,

$$E = \begin{bmatrix} - & 0 & 0 \\ 1 & - & 0 \\ 1 & 1 & - \end{bmatrix}$$

$e_{21} = 1$, $e_{31} = 1$ ve $e_{32} = 1$ değerlerini alır. Bu ise 2. karar noktasının 1. karar noktasına 3. karar noktasının 1. karar noktasına ve 3. karar noktasının da 2. karar noktasına mutlak üstünlüğünü gösterir. Bu durumda karar noktaları A_i ($i = 1,2,...,m$)

sembolüyle ifade edilirse, karar noktalarının önem sırası A_3, A_2 ve A_1 şeklinde oluşacaktır.

Örnek

Birçoklu karar probleminde 3 karar noktası ve 4 değerlendirme faktörü bulunmaktadır. Karar verici karar matrisini aşağıdaki gibi oluşturmuş ve değerlendirme faktörlerine ilişkin ağırlıkları ise $w_1 = 0{,}20$, $w_2 = 0{,}35$, $w_3 = 0{,}40$ ve $w_4 = 0{,}05$ şeklinde belirlemiştir.

$$A = \begin{bmatrix} 85 & 25 & 20 & 40 \\ 35 & 55 & 35 & 15 \\ 40 & 60 & 30 & 55 \end{bmatrix}$$

Karar verici, karar noktalarının önem sırasını nasıl oluşturacaktır?

Öncelikle (2.1) formülü yardımıyla ($3x4$) boyutlu Standart Karar Matrisi (X) oluşturulmuştur. Burada x_{11} değeri,

$$x_{11} = \frac{85}{\sqrt{85^2 + 35^2 + 40^2}} = 0{,}8479$$

olarak elde edilmiştir. Benzer şekilde diğer x_{ij} değerleri hesaplanarak aşağıda gösterilen X matrisi tamamlanmıştır.

$$X = \begin{bmatrix} 0{,}8479 & 0{,}2472 & 0{,}3980 & 0{,}5744 \\ 0{,}3491 & 0{,}5439 & 0{,}6965 & 0{,}2154 \\ 0{,}3990 & 0{,}5934 & 0{,}5970 & 0{,}7898 \end{bmatrix}$$

2. adımda Ağırlıklı Standart Karar Matrisi (Y) oluşturulmuştur. Bunun için X matrisinin sütunlarındaki değerler ilgili değerlendirme faktörü ağırlık değerleri ile çarpılmış ve Y matrisinin sütunları hesaplanmıştır. Örneğin Y matrisinin 1. sütun değerleri,

$$y_{11} = w_1 . x_{11} = 0{,}20 . 0{,}8479 = 0{,}1696$$

$$y_{21} = w_1 . x_{21} = 0{,}20 . 0{,}3491 = 0{,}0698$$

$$y_{31} = w_1 . x_{31} = 0{,}20 . 0{,}3990 = 0{,}0798$$

şeklinde bulunabilir. Benzer şekilde diğer y_{ij} değerleri hesaplanarak aşağıda gösterilen Y matrisi tamamlanmıştır.

$$Y = \begin{bmatrix} 0{,}1696 & 0{,}0865 & 0{,}1592 & 0{,}0287 \\ 0{,}0698 & 0{,}1904 & 0{,}2786 & 0{,}0108 \\ 0{,}0798 & 0{,}2077 & 0{,}2388 & 0{,}0395 \end{bmatrix}$$

3. adımda uyum (C_{kl}) ve uyumsuzluk (D_{kl}) setleri oluşturulmuştur. Örneğin $k=1$ ve $j=2$ için C_{12} uyum seti (2.2) formülü kullanılarak aşağıda hesaplanmıştır.

$y_{11} = 0{,}169641 > y_{21} = 0{,}0698$ olduğundan $j=1$ C_{12} nin bir elemanıdır.

$y_{12} = 0{,}0865 < y_{22} = 0{,}1904$ olduğundan $j=2$ C_{12} nin bir elemanı değildir.

$y_{13} = 0{,}1592 < y_{23} = 0{,}2786$ olduğundan $j=3$ C_{12} nin bir elemanı değildir.

$y_{14} = 0{,}0287 > y_{24} = 0{,}0108$ olduğundan $j=4$ C_{12} nin bir elemanıdır.

Bu durumda C_{12} uyum seti, $C_{12} = \{1,4\}$ ve D_{12} uyumsuzluk seti $D_{12} = \{2,3\}$ şeklinde oluşacaktır.

Diğer uyum ve uyumsuzluk setleri aşağıda hesaplanmıştır.

$k=1$, $l=3 \Rightarrow$ $C_{13} = \{1\}$ ve $D_{13} = \{2,3,4\}$

$k=2$, $l=1 \Rightarrow$ $C_{21} = \{2,3\}$ ve $D_{21} = \{1,4\}$

$k=2$, $l=3 \Rightarrow$ $C_{23} = \{3\}$ ve $D_{23} = \{1,2,4\}$

$k=3$, $l=1 \Rightarrow$ $C_{31} = \{2,3,4\}$ ve $D_{31} = \{1\}$

$k=3$, $l=2 \Rightarrow$ $C_{32} = \{1,2,4\}$ ve $D_{32} = \{3\}$

4. adımda uyum (C) ve uyumsuzluk (D) matrisleri oluşturulmuştur. C matrisinin elemanları (2.3) formülü yardımıyla hesaplanmıştır. Bu formüle göre, C matrisinin 1. satırını oluşturan c_{12} elemanı $c_{12} = w_1 + w_4 = 0{,}20 + 0{,}05 = 0{,}25$ ve $c_{13} = w_1 = 0{,}20$ olarak bulunabilir. Benzer şekilde diğer satırlar da hesaplanmış ve C matrisi aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

$$C = \begin{bmatrix} - & 0{,}25 & 0{,}20 \\ 0{,}75 & - & 0{,}40 \\ 0{,}80 & 0{,}60 & - \end{bmatrix}$$

D matrisinin hesaplanmasında ise uyumsuzluk setlerinden ve (2.4) formülünden yararlanılmıştır. Örneğin d_{12} için $D_{12} = \{2,3\}$ uyumsuzluk seti dikkate alınmalıdır. Formülün pay kısmı için,

$$j = 2 \Rightarrow |y_{12} - y_{22}| = |0,0865 - 0,1904| = 0,1039$$

$$j = 3 \Rightarrow |y_{13} - y_{23}| = |0,1592 - 0,2786| = 0,1194$$

payda kısmı için ise,

$$j = 1 \Rightarrow |y_{11} - y_{21}| = |0,1696 - 0,0698| = 0,0998$$

$$j = 2 \Rightarrow |y_{12} - y_{22}| = |0,0865 - 0,1904| = 0,1039$$

$$j = 3 \Rightarrow |y_{13} - y_{23}| = |0,1592 - 0,2786| = 0,1194$$

$$j = 4 \Rightarrow |y_{14} - y_{24}| = |0,0287 - 0,0108| = 0,0179$$

hesaplanır.

Bu durumda,

$$d_{12} = \frac{\max\{0,1039;0,1194\}}{\max\{0,0998;0,1039;0,1194;0,0179\}} = \frac{0,1194}{0,1194} = 1$$

değeri elde edilir. Benzer şekilde diğer d_{kl} değerleri de hesaplanarak D matrisi aşağıdaki gibi tamamlanmıştır.

$$D = \begin{bmatrix} - & 1 & 1 \\ 0,8359 & - & 0,7211 \\ 0,7409 & 1 & - \end{bmatrix}$$

5. adımda uyum üstünlük (F) ve uyumsuzluk üstünlük (G) matrisleri oluşturulmuştur. Öncelikle (2.5) formülü yardımıyla $\underline{c}$ eşik değeri,

$$\underline{c} = \frac{1}{3.(3-1)}(0,25 + 0,20 + 0,75 + 0,40 + 0,80 + 0,60) = \frac{3}{6} = 0,5$$

olarak bulunmuş ve F matrisinin elemanları (f_{kl}) için kıyaslamalar aşağıdaki gibi yapılmıştır.

$$f_{12} \Rightarrow 0,25 < 0,5 \Rightarrow f_{12} = 0$$

$$f_{13} \Rightarrow 0,20 < 0,5 \Rightarrow f_{13} = 0$$

$f_{21} \Rightarrow 0{,}75 > 0{,}5 \Rightarrow f_{21} = 1$

$f_{23} \Rightarrow 0{,}40 < 0{,}5 \Rightarrow f_{23} = 0$

$f_{31} \Rightarrow 0{,}80 > 0{,}5 \Rightarrow f_{31} = 1$

$f_{32} \Rightarrow 0{,}60 > 0{,}5 \Rightarrow f_{32} = 1$

Bu durumda F matrisi aşağıdaki gibi oluşacaktır.

$$F = \begin{bmatrix} - & 0 & 0 \\ 1 & - & 0 \\ 1 & 1 & - \end{bmatrix}$$

Benzer şekilde $\underline{d}$ eşik değeri de aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\underline{d} = \frac{1}{3.(3-1)}(1+1+0{,}8359+0{,}7211+0{,}7409+1) = \frac{5{,}2979}{6} = 0{,}883$$

olarak bulunmuş ve G matrisinin elemanları (g_{kl}) için kıyaslamalar aşağıdaki gibi yapılmıştır.

$g_{12} \Rightarrow 1 > 0{,}883 \Rightarrow g_{12} = 1$

$g_{13} \Rightarrow 1 > 0{,}883 \Rightarrow g_{13} = 1$

$g_{21} \Rightarrow 0{,}8359 < 0{,}883 \Rightarrow g_{21} = 0$

$g_{23} \Rightarrow 0{,}7211 < 0{,}883 \Rightarrow g_{23} = 0$

$g_{31} \Rightarrow 0{,}7409 < 0{,}883 \Rightarrow g_{31} = 0$

$g_{32} \Rightarrow 1 > 0{,}883 \Rightarrow g_{32} = 1$

Bu durumda G matrisi aşağıdaki gibi oluşacaktır.

$$G = \begin{bmatrix} - & 1 & 1 \\ 0 & - & 0 \\ 0 & 1 & - \end{bmatrix}$$

Son adımda ise Toplam Üstünlük Matrisi (E) f_{kl} ve g_{kl} elemanları karşılıklı olarak birbirleriyle çarpılarak aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

$$E = \begin{bmatrix} - & 0 & 0 \\ 1 & - & 0 \\ 1 & 1 & - \end{bmatrix}$$

Bu durumda karar verici karar noktalarının önem sırasını A_3, A_2 ve A_1 şeklinde belirleyecektir. (Triantaphyllou, 2000)

3.2.2 PROMETHEE

PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) yönteminde üstünlük ilişkilerinin kullanılması seçeneklerin akışına dayalı bir kısmi ön sıralamanın karar vericiye sunulması şeklinde sonuçlanır. Buna göre küçükten büyüğe büyükten küçüğe doğru iki sıralama tanımlanır. Daha sonra her iki sıralama biraraya getirilerek ideal çözüm aranır (Topçu, 2000).

PROMETHEE II ise akışlar arasındaki farkı alarak net akış üzerinden sonuç öneren PROMETHEE I'in geliştirilmiş versiyonudur.

Seçenekler arasındaki farkların fonksiyonunu kullandığından ELECTRE yöntemine göre daha kararlıdır. Ancak bu olumlu yönlerinin yanısıra, her ölçüt için kriterlere uyum arandığından kullanımı nispeten zordur

3.2.3 Etkileşimli sorun çözüm yöntemleri

Bu çözüm yöntemlerinin genel yapısı, sorun çözüm adımları sırasında karar verici ve karar alıcı arasında sürekli bir iletişim ile gelişen basamaklı bir yapıdır. Karar vericinin ulaşılan çözümü yeterli bulmasına kadar her bir adımda elde edilen sonuçlar karar vericiye iletilir.

3.2.4 PRIAM

Yapay zeka anlayışına dayalı olan bu yöntemde bir "arama ağacı" kurulur ve bu ağaç yardımıyla hedeflenen çözüme ulaşılmaya çalışılır. Karar vericinin belirlediği istek düzeylerini temsil eden düğümler ve istek düzeylerinin değişmesi ile durumlar arası hareketi sağlayan işletimciler arama ağacını oluşturur. Bu yöntemde karar vericinin yapacağı ikili karşılaştırmalar ile ilerlenir ve istenen durumlarda geri dönülebilir.

3.2.5 STEM

PRIAM gibi adımsal işleyen STEM yöntemi basit işlemlerden oluşması ve belirli bir değer fonksiyonunu gerektirmemesi avantajlarına sahiptir. Fakat geri dönüşlü değildir. Bu yüzden en baştan seviyelerin doğru bir şekilde belirlenmesi gerekir.

3.2.6 Değişen hedef yöntemi

Yöntem deneme yanılma yolu ile arama yapılmasına dayalıdır. Diğer yöntemlerde olduğu gibi karşılıklı iletişim içinde adımsal işleyişle ilerleyen bu yöntemde karar vericinin elde edilen sonuçla tatmin olması durumunda çalışma tamamlanır. STEM yöntemine çok benzer olan bu yöntemde temel fark her adımda normalizasyın hesabının yapılmasıdır.

3.2.7 AIM

Karar vericinin tercihlerinin tahmin edilip olumlu tercihlerin sıralandığı bu yöntemde STEM ve Değişken Hedef Yöntemlerinde olmayan deneme yanılma ve geri dönüş imkanları da mevcuttur.

3.2.8 VIG

Çok amaçlı doğrusal programlama için geliştirilen bu yöntemde her seçenek için bir karar değişkeni tanımlanır ve karar vericinin istek düzeylerine göre kısıtlar belirlenir. Daha sonra doğrusal programlama modelinin çözümüne göre seçenekler iyi ve kötü diye adlandırılır. Karar verici sonuçtan memnun kalırsa uygulama tamamlanır.

3.2.9 Dışbükey koniler yöntemi

Karar vericinin kişesel yargılarını kullanarak, seçenekler kümesindeki zayıf olanları elemeye yönelik çalışmasıdır. Tek seçenek kalıncaya kadar diğer tüm seçenekler elenir.

3.3 Basit Yöntemler

3.3.1 İkili Değiştirme Yöntemi

İkili değiştirme yönteminde ilk olarak seçeneklerin ölçütlere göre performans değerlerinin tanımlı olduğu karar matrisi üzerinde önemsiz ölçütler elenir. Daha sonra ise etkisi az seçenekler elenir. Bu işlem ile daha az seçenek ve ölçütle çalışılması sonucu sadeleşen sistemde ikili değişimler ile yeni seçimler yapılır. Seçeneklerin ve ölçütlerin sayısının artması uygulama zamanını oldukça uzatacaktır. Ayrıca karşılaştırmalarda karar vericinin yargıları çok etkendir.

3.3.2 Ardışık sırasal yöntem

Yöntemin uygulanması sırasında öncelikle en önemli ölçütlere göre seçeneklerin sıralandırılması gerekir. En önemli ölçütte seçeneklerin performans değerlerinin aynı olması durumunda sıralama amacıyla ikinci önemli ölçüt kullanılır. Bu yöntem ile seçeneklerin tümünün sıralaması yapılır.

3.3.3 Ardışık yarı sırasal yöntem

Bir önceki yöntemden farkı bir seçeneğin diğerlerine üstünlük sağlayabilmesi için önemli bir performans farkı gerekliliğidir.

3.3.4 Özelliklerine Göre Eleme Yöntemi

Ölçütler için belirlenen performans değerlerinin altında kalan seçeneklerin elenmesi ile değerlendirme yapan bir yöntemdir. Sonuçta bir seçenekler kümesi de önerilebilir. Her bir ölçüt için karar vericiden eşik değerler istendiğinden oldukça sübjektif bir değerlendirme yöntemi olarak değerlendirilebilir.

3.3.5 İyimserlik ve kötümserlik yöntemleri

Bu yöntem en iyi normalize edilmiş performans değerine sahip seçenekler içinden en iyi olanının seçilmesi hedefiyle çalışır. İyimserlik olayı seçimi sadece sayısal değerler üzerinden yapar kalitatif boyutu dikkate almaz.

Kötümserlik yönteminde ise en kötüler içindeki en iyi seçeneğin tespiti hedeflenir.

3.3.6 Birleştiren ve ayıran yöntemler

Karar vericinin belirlediği ve her ölçüt için karşılanmasını istediği alt düzeylerin tümünü karşılayan seçeneklerin kabul edilebilir, diğerleri ise kabul edilmez şeklinde tanımlayarak seçenek kümesini ikiye bölen bir yaklaşımdır.

4. BULANIK KÜMELER TEORİSİ

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

Günlük konuşma dilinde belirsizlik içeren birçok kelime bulunmakladır. Örneğin, "hava sıcak" denildiğinde herkes, kesin olarak hava kelimesinin günlük hayattaki kullanımını anlayacaktır. Ancak "sıcak" kelimesinin ifade ettiği anlam göreceli (izafi) olarak birbirinden farklı olabilir. Kutuplarda bulunan bir kişinin sıcak için 15 °C'yi algılamasına karşılık, ekvator civarındaki bir kişi için bu 35 °C 'yi bulabilir. Böylece "sıcak" kelimesinin altında, insanların da ima ettiği sayısal anlayışın bir sonucu olarak belirsiz bir durum vardır. Bu rastgele değildir, ancak belirsizdir ve bu şekilde kelimelerin ima ettikleri belirsizliklere bulanıklık (fuzziness) denir (Şen, 2001). Daha genel anlamda bulanık kelimesi, iyi tanımlanmış sınırları olmayan aktiviteler kümesi veya gözlemlere tanımlamaların yapılamadığı durumları ifade eder

(Chen ve Hwang, 1992).

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

Sözel ifadeler bilgi içeriği açısından genellikle yaklaşıklık ve bulanıklık içerdiğinden bu gibi belirsizlik durumlarında bir küme ve bu kümeye ait olma derecesi tanımlanır. Klasik kümelerde elemanların üyelikleri iki gruba ayrılır: Üyeler (kesinlikle kümeye ait olanlar) ve üye olmayanlar (kesinlikle kümeye ait olmayanlar). Klasik kümenin temsil ettiği sınıfa üye olan ve olmayan elemanlar arasında keskin bir ayrım vardır (Kahraman, 1995). Ancak yaygın şekilde kullanılan sınıfların birçoğu (uzun boylu insanlar, pahalı arabalar, güneşli günler, iyi futbolcular, 10'a yakın sayılar vb.) bu karakteristiği göstermez. Bu sınıfların sınırları belirsizdir ve keskin olmaktan uzaktır. Aristo mantığına göre çalışan klasik küme yaklaşımında bir kümeye giren öğelerin o kümeye ait oluşları durumunda üyelik derecesi l'e, ait olmamaları durumunda ise O'a eşit varsayılmaktadır. Bu ikisi arasında hiç bir üyelik derecesi düşünülmez. Bulanık kümeler teorisinde ise elemanların üyelik dereceleri 0 ile 1 arasında değişmektedir. Örneğin, uzun boyluluğu ele alacak olursak, klasik küme yaklaşımına ya da Aristo mantığına göre insanlar boy bakımından ya uzundur ya da kısadır. 'Bulanık kümelere göre uzun boyluluğun değişik dereceleri vardır. Uzun boylulardan bir tanesi gerçek uzun boylu olarak olarak esas alınırsa ondan biraz daha uzun ya da kısa olanlar uzun boylu değil diye küme dışında bırakılmazlar. Esas alman uzun boyluluğun altında ve üstündeki boylar o kadar kuvvetli olmasa bile, uzun boyluluğa ait olma derecesi biraz daha az olmakla beraber, yine de uzun boylular kümesine girer. Böylece tüm insanların teker teker boy açısından birer uzunluk üyelik dereceleri bulunmaktadır. Klasik kümeler üyelik özelliklerinin kesin olarak tamamını içeren elemanları içerirken, bulanık kümeler üyelik özelliklerinin kesin olmayarak sağlayan elemanları içerir. Bu yüzden bulanık bir kümedeki elemanın üyeliği yaklaşık (approximate)

olabilir (Ross, 1995).

Bir bulanık küme kesintisiz üyelik derecelerine sahip elemanlar topluluğudur (Chen ve Hwang, 1992). Başka bir ifadeyle bulanık küme değişik üyelik derecesinde öğeleri olan bir topluluk olarak tanımlanabilir (Şen 2001). Bulanık bir küme, evrensel kümedeki her olası elemana, onun bulanık kümedeki üyelik derecesini temsil edecek şekilde bir değer atayarak matematiksel olarak tanımlanabilir.

Elemanlar, bulanık kümeye daha büyük veya daha küçük üyelik derecelen ile yani, daha fazla veya daha az derecelerle bağlı olabilir.

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

Matematiksel olarak bulanık küme tanımı İse şöyledir (Zimmermann, 1987). U klasik bir evrensel küme olsun, elemanları genel olarak x şeklinde gösterilsin. Bu durumda bu evrensel küme,

U = { x } şeklinde gösterilecektir.

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

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

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

Klasik bir A kümesi için üyelik fonksiyonu,

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

U= {xı, x2, ..., xn} şeklinde sonlu bir küme ise U'da bulanık bir küme A şu

şekilde de ifade edilebilir (Zadeh, 1972; Chen'"ve Hwang, 1992; Ross, 1995)

$$A = \sum_{i}^{n} x_i / \mu_A(x_i) \quad \textbf{(4.1)}$$

Eğer U sonsuz ve sürekli küme ise,

$$A = \int x_i / \mu_A(x) \quad \textbf{(4.2)}$$

şeklinde ifade edilmektedir.

Bulanık kümelerin gösterimine bir örnek;

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

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

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

Bulanık bir kümenin üç özelliği sağlaması beklenir. Bunlar,

1. Bulanık kümenin normal olmasıdır ki, bunun için en azından o kümede bulunan öğelerden bir tanesinin en büyük üyelik derecesi olan l'e sahip bulunması gerekliliğidir. Normallik koşulu, en azından bir x∈U için $\mu_A(x)$=1 ile verilir.

2. Bulanık kümenin konveks (dış bükey) olmasıdır ki, bunun anlamı üyelik derecesi l'e eşit olan öğeye yakın sağda ve soldaki öğelerin üyelik derecelerinin de 1'e yakın olmasıdır. Bulanık kümenin konveks olması uygulama açısından önemlidir. Bir bulanık kümenin konveks olması şartı aşağıdaki gibidir (Chen ve Hwang, 1992),

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

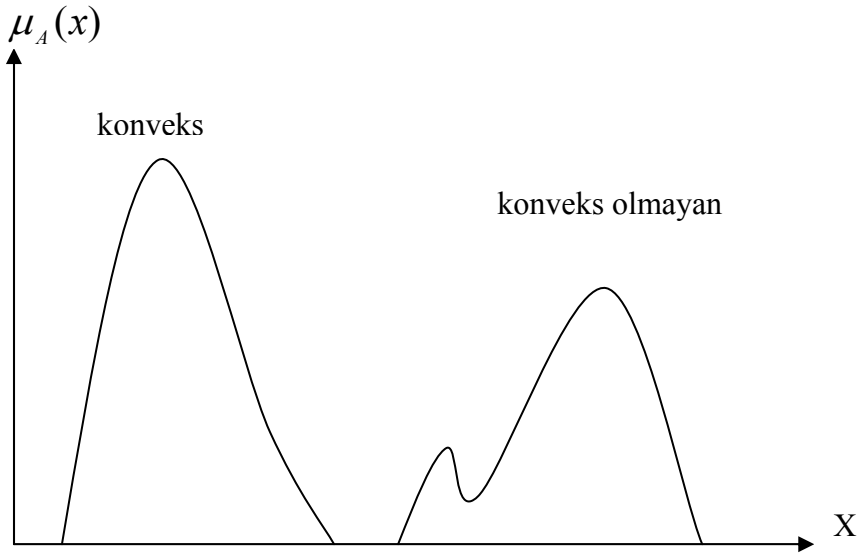
$$x_1, x_2 \in U \text{ ve } \lambda \in [0,1]$$

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

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

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

Şekil 4.1' de konveks ve konveks olmayan bulanık kümeler görülmektedir.



Şekil 4.1: Konveks ve konveks olmayan bulanık kümeler.

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

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

Önemli bulanık küme işlemleri aşağıdaki gibidir,

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

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

veya

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

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

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

veya

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

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

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

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

$$\overline{A \cap B} = \overline{A} \cup \overline{B}$$

$$\overline{A \cup B} = \overline{A} \cap \overline{B}$$

4.1 Üyelik Foksiyonları

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

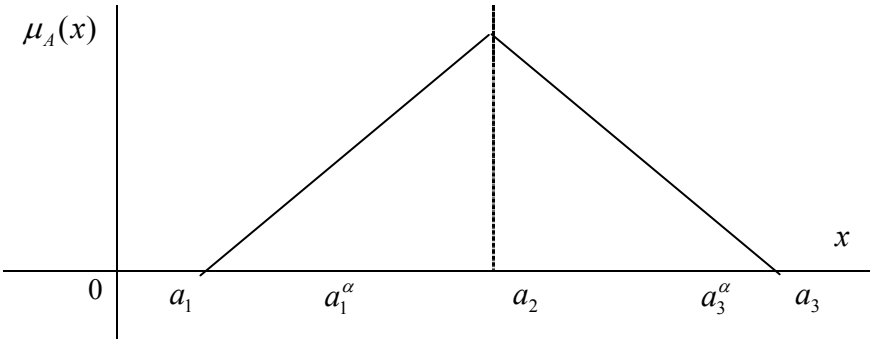
Genel olarak, küme üyelerinin değerleri ile değişiklik gösteren eğriye üyelik fonksiyona (önem eğrisi) denilmektedir. Üyelik fonksiyonunun en önemli özellikleri, alt küme sınırlarındaki değerlerin ortadaki öğelerinkine göre daha düşük olmasıdır. Klasik kümelere benzerlik teşkil etmesi açısından en büyük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

Uygulamalarda en çok kullanılan düzgün şekilli üyelik fonksiyon lan üçgen, yamuk şeklindeki üyelik fonksiyonlarıdır. (Ross, 1995; Zimmermann, 1985).

4.1.1 Üçgen üyelik fonksiyonu

Bulanık mantıkta, hem giriş hem de çıkış parametreleri bu üyelik fonksiyonu kullanılarak tanımlanabilir. Bu üyelik fonksiyonun parametreleri ise [a,b,c] olarak gösterilir. Üçgen üyelik fonksiyonunun denklemi ise şöyle gösterilmektedir:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \dfrac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \le x \le a_2 \\ \dfrac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \le x \le a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \tag{4.3}$$

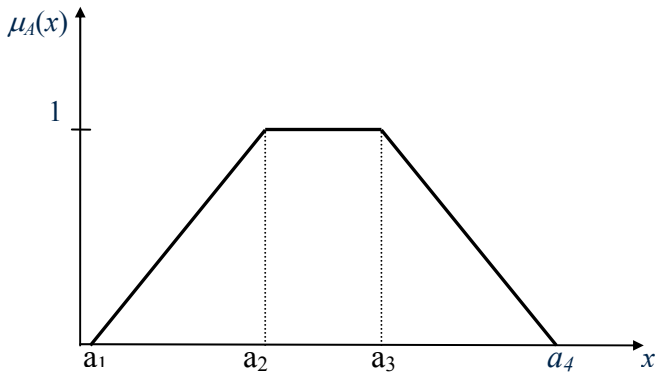


Şekil 4.2: Üçgen bulanık sayı grafiği

4.1.2 Yamuk üyelik fonksiyonu

Hem giriş hem çıkış parametreleri yamuk üyelik fonksiyonu ile tanımlanabilmektedir. Fonksiyonun parametreleri ise |a,b,e.d} ile karakterize edilmekledir. Yamuk üyelik fonksiyonunun matematiksel ifadesi ise şöyledir:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \dfrac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \le x \le a_2 \\ 1, & a_2 \le x \le a_3 \\ \dfrac{a_4 - x}{a_4 - a_3}, & a_3 \le x \le a_4 \\ 0, & x > a_4 \end{cases} \tag{4.4}$$



Şekil 4.3: Yamuk bulanık sayı grafiği

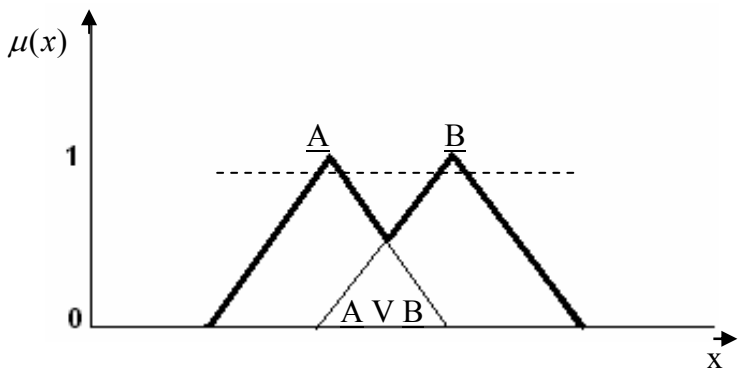
4.2 Bulanık Kümeler Üzerine İşlemler

Bulanık kümeler üzerinde de klasik kümelerde yapılan işlemleri yapmak mümkündür. Ancak bu işlemlerin yapılabilmesi için her bir işlem için tanımlanmış olan yöntemlere başvurmak gerekmektedir. Bulanık kümelerde en sık karşılaşılan işlemler için gerekli olan tanımlamaları şu şekilde gösterebiliriz.

4.2.1 Birleşik kümeler

İki veya daha fazla kümenin ortak noktalarının bulunması durumunda kümelerin birbirleri ile veya mantığı ile bağlanması sonucunda temel kümenin alt kümelerin en az biri tarafından kapsanan yerleri anlaşılır. Buradaki nitel işlem veya kelimesinin mantıksal anlamından gelir. Bunun bulanık kümeler için matematiksel notasyon haline getirilmesi V işareti ile olur ve A ve B bulanık kümeleri için; A V B şeklinde ifade edilir.

İki tane A ve B gibi bulanık alt kümelerin birleşmesi durumunda her bir kümeye ait öğenin A ve B 'deki üyelik derecelerinin en büyüğü alınarak şekilde gösterildiği gibi bir sonuç ortaya çıkar.



Şekil 4.4: A ve B bulanık kümelerinin birleşim kümelerinin üyelik fonksiyonları yardımı ile gösterilmesi

Sonuç olarak A ve B bulanık alt kümelerde ortak bulunan bir elemanının birleşiminin üyelik derecesi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

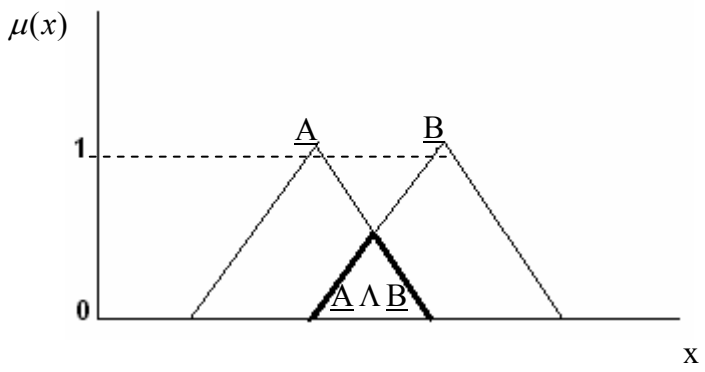
$$\forall x \in X, (\underline{A} V \underline{B})(x) = maks[\mu_{\underline{A}}(x), \mu_{\underline{B}}(x)]$$

Burada maks operatörü ile X'in aynı elemanına A ve B bulanık kümeleri tarafından verilen üyelik derecelerinden büyük olanının alınması gerektiği belirtilmektedir.

4.2.2 Kesişen kümeler

Birleşme işleminden farklı olarak iki alt kümenin ve ifadesi ile bir araya getirilmesi işlemidir. Burada ve ifadesi ile iki veya daha fazla alt kümede bulunan ortak elemanların oluşturdukları küme anlaşılmaktadır. Böylece iki alt kümeden daha dar kapsamlı bir alt kümenin elde edileceği anlaşılır. Bunun bulanık kümeler için matematiksel notasyon haline getirilmesi Λ işareti ile olur ve $\underline{A}$ ve $\underline{B}$ bulanık kümeleri için; $\underline{A} \Lambda \underline{B}$ şeklinde ifade edilir.

İki tane A ve B gibi bulanık alt kümelerin kesişimi durumunda her bir kümeye ait öğenin $\underline{A}$ ve $\underline{B}$' deki üyelik derecelerinin en küçüğü alınarak Şekilde gösterildiği gibi bir sonuç ortaya çıkar.



Şekil 4.5: A ve B bulanık kümelerinin kesişim kümelerinin üyelik fonksiyonları yardımı ile gösterilmesi

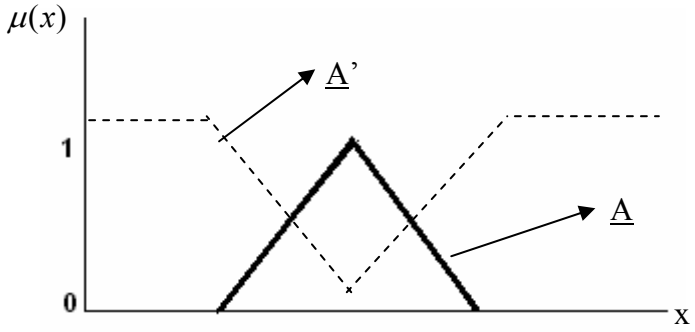
Sonuçta A ve B bulanık alt kümelerde ortak bulunan bir elemanının kesişiminin üyelik derecesi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$\forall x \in X, (\underline{A} \Lambda \underline{B})(x) = \min[\mu_{\underline{A}}(x), \mu_{\underline{B}}(x)]$$

Burada min operatörü ile X'in aynı elemanına A ve B bulanık kümeleri tarafından verilen üyelik derecelerinden küçük olanının alınması gerektiği belirtilmektedir.

4.2.3 Tamamlayıcı kümeler

Bir A bulanık kümesinin değil ifadesi ile bulunan tamamlayıcı kümesi $\underline{A}$ ve üyelik fonksiyonlarının gösterimi şekilde verilmiştir.



Şekil 4.6: A kümesinin tamamlayıcı kümesinin üyelik fonksiyonları yardımı ile gösterilmesi

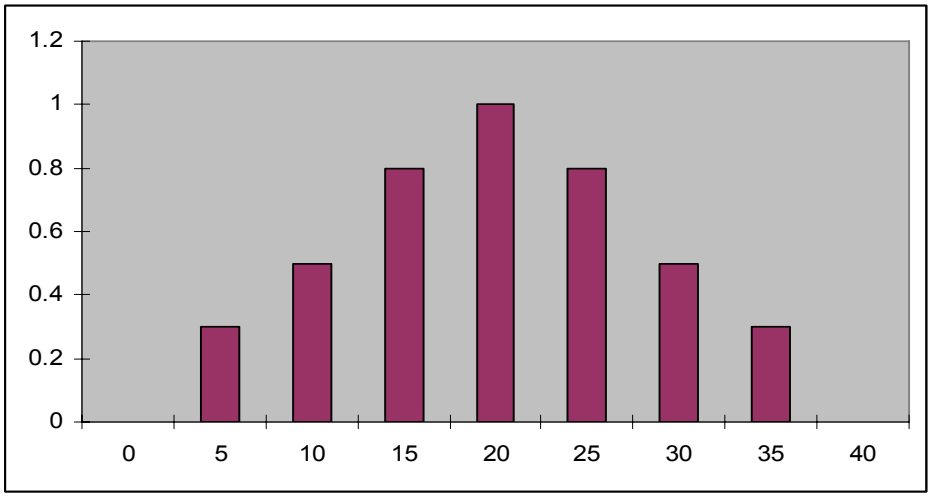
4.3 Bulanık sayı Aritmetiği

Bulanık sayı aritmetiği genelleme ilkesinin doğrudan bir uygulamasıdır. Bu bölümde ilk önce bulanık sayının ne olduğu tanımlanacak daha sonra bulanık sayılarda toplama çıkarma, çarpma ve bölme işlemleri ele alınacaktır.

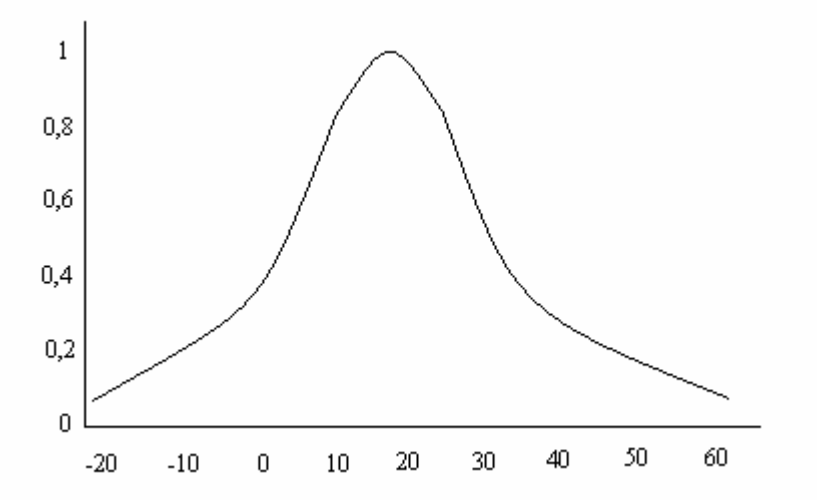
4.3.1 Bulanık sayı

Bulanık sayılar kesin olmayan nümerik büyüklüklerin ifade edilmesinde kullanılır. Örneğin "yaklaşık 5", " 8'in civarı", "birkaç" gibi belirsizlik arz eden büyüklükler için bulanık sayılar kullanılır. Bulanık sayının tanımı şu şekilde yapılabilir: "herhangi bir M ={(x, $\mu_{\underline{M}}$ (x)} alt kümesi, burada x reel sayılar kümesinde $\mu_{\underline{M}}$ (x) de [0,1] aralığında değerler alır". Üyelik fonksiyonu M'nin belli bir x' sayısını alma doğruluk derecesini belirtir. İki bulanık sayı yalnız ve yalnız üyelik fonksiyonları eşit ise eşittir. Bulanık sayılar kesikli veya sürekli olabilirler. Örnek olarak "yaklaşık 20" bulanık sayısı kesikli ve sürekli ifadeleri verilmiş ve aşağıda şekil üzerinde gösterilmişlerdir.

Kesiklikli: M = { (0,0), (5,0.3), (10,0.5), (15,0.8), (20,1), (25,0.8), (30,0.5), (35,0.3), (40,0)} Sürekli: M = {(x, $\mu_{\underline{M}}$ (x))/ x$\in$R, $\mu_{\underline{M}}$ (x)=$\left(1+\left(\frac{x-20}{10}\right)^2\right)^{-1}$ }



Şekil 4.7: "yaklaşık 20" bulanık sayısının kesikli gösterimi



Şekil 4.8: "yaklaşık 20" bulanık sayısının sürekli gösterimi

4.3.2 Bulanık sayılarda toplama

Bulanık sayılar iki farklı yöntemle toplanabilir: (i) α -kesim kullanılması ve (ii) enb-enk kıvrımı kullanılması.

(i) α -kesim kullanılması. Bu yöntemde önce M ve N bulanık sayıları için güven aralıklarını kullanarak a düzey kümeleri tanımlanır.

$M\alpha = [m_1,m_2]$ ve $N\alpha$ - $[n_1,n_2]$ olsun,
M ve N bulanık sayılarının toplamı
$M\alpha$ (+) $N\alpha = [m_1+ n_1, m_2+ n_2]$ şeklinde ifade edilir.

Örnek :

M "yaklaşık 9" N de "yaklaşık 4" bulanık sayıları olsun ve şu şekilde tanımlansın:

$$\mu_{\underline{M}}(x) = \begin{cases} 0, & x \le 5 \\ \dfrac{x-5}{4}, & 5 < x \le 9 \\ \dfrac{13-x}{4}, & 9 < x \le 13 \\ 0, & x > 13 \end{cases} \qquad \mu_{\underline{N}}(x) = \begin{cases} 0, & x \le 2 \\ \dfrac{x-2}{2}, & 2 < x \le 4 \\ \dfrac{6-x}{2}, & 4 < x \le 6 \\ 0, & x > 6 \end{cases}$$

Şimdi $M\alpha = [m_1,m_2]$ ve $N\alpha = [n_1,n_2]$ ifadeleri elde edilmelidir. Öyle ki; bazı α düzeyinde x, hem m_1 hem de m_2 ve y de hem n_1 hem de n_2 olabilmelidir. Bu yüzden eğer $\mu_{\underline{M}}(x)$ için $\alpha = x-5 / 4$ alınırsa, $\alpha = m_1-5 / 4$ ($m_1 = 4\alpha +5$) elde edilir. Benzer

hesaplamalarla M_α =(4α +5 ; 13-4α), N_α = (2α +2 ; 6-2α) bulunur.
M + N = [(4α +5) + (2α +2); (13-4α) + (6-2α)] = (6α +7 ; 19-6α) olur.

Toplam T_α olarak alınıp, m ve n'leri bulmak için yapılan işlemlerin tersi uygulanırsa;

6α +7 = t_1 ; 19-6α = t_2 denklemleri çözülür, α = t1-7 /6 ve α = 19-t_2 / 6 bulunur ve

$$\mu_{\underline{T}}(z) = \begin{cases} 0, & x \le 7 \\ \dfrac{z-7}{6}, & 7 < x \le 13 \\ \dfrac{19-z}{6}, & 13 < x \le 19 \\ 0, & x > 19 \end{cases}$$ olarak elde edilir.

(ii) enb-enk kıvrımı kullanılması $\forall$ x,y,z, $\in$R için $\underline{M}$ ve $\underline{N}$ bulanık sayılarının toplamı
şu şekilde tanımlanmıştır:

$$\mu_{\underline{M}(+)\underline{N}}(z) = \underset{z=x+y}{enb}(\mu_{\underline{M}}(x) \wedge \mu_{\underline{N}}(y))$$

görüldüğü gibi yukarıdaki formülüzasyon genelleme ilkesinin bir örneğidir. Enb-enk kıvrımı yöntemi kullanılarak bir örnek çözülecektir.

Örnek:

$\underline{M}$ "4' e yakın tam sayılar" $\underline{N}$ de "6' ye yakın tam sayılar olsun ve üyelik fonksiyonları aşağıdaki gibi verilsin:

Çizelge 4.1: 4' e yakın ve 6' ye yakın tam sayıların üyelik fonksiyonları

(x,y)	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
$\mu_{\underline{M}}(x)$	0	0,3	0,5	0,8	1	0,8	0,6	0,2	0,1	0	0	0
$\mu_{\underline{N}}(y)$	0	0	0	0,1	0,2	0,6	1	0,9	0,7	0,4	0,1	0

$\mu_{\underline{M}(+)\underline{N}}(z)$'yi hesaplamak için z = x+y' yi sağlayan tüm (x,y) çiftleri bulunur ve çiftlerin kendi içlerinde en küçük değerleri alınır. Tüm çiftlerden gelen en küçük değerlerin en büyüğü aranan sonuçtur. Örnek olarak $\mu_{\underline{M}(+)\underline{N}}(11)$ hesaplanmıştır.

Toplamı 11 olan çiftler (0;11), (11;0), (1;10), (10;1), (2;9), (9;2), (8;3), (3;8), (4;7), (7;4), (5;6), (6;5)'dir. Bu çiftlerin üyelik dereceleri ve en küçük değerleri (kesişimleri) aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.2: Toplamı 11 olan çiftlerin üyelik dereceleri ve kesişimleri

(x;y)	(0;11)	(11;0)	(1;10)	(10;1)	(2;9)	(9;2)	(8;3)	(3;8)	(4;7)	(7;4)	(5;6)	(6;5)
$\mu_{\underline{M}}(x)$	0	0	0,3	0	0,5	0	0,1	0,8	1	0,2	0,8	0,6
$\mu_{\underline{N}}(y)$	0	0	0,1	0	0,4	0	0,1	0,7	0,9	0,2	1	0,6
$\mu_{\underline{M}}(x) \wedge \mu_{\underline{N}}(y)$	0	0	0,1	0	0,4	0	0,1	0,7	0,9	0,2	0,8	0,6

En alt satırdaki değerlerin en büyüğü olan 0.9 aranan $\mu_{\underline{M}(+)\underline{N}}(11)$ in değeridir.

Aynı işlemler uygulanarak $\mu_{\underline{M}(+)\underline{N}}(z)$ şu şekilde hesaplanmıştır.

Çizelge 4.3: $\mu_{\underline{M}(+)\underline{N}}(z)$'ın değerleri

z = x+y	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
$\mu_{\underline{M}(+)\underline{N}}(z)$	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1

Chen ve Hwang yukarıda tanımları verilen iki toplama yönteminin de aynı işlemi tarif ettikleri ispat etmişlerdir. Ayrıca aynı kaynakta bulanık sayılar üzerine tanımlanan toplama işleminin değişme, birleşme, etkisiz eleman ve simetrik olmama özelliklerinin olduğu söylenmektedir.

4.3.3 Bulanık sayılarda çıkarma

Toplamada olduğu gibi çıkarmada da aynı mantıkla tanımlanan iki yöntem vardır.

(i) α-kesim kullanılması: Bu yöntemde önce $\underline{M}$ ve $\underline{N}$ bulanık sayıları için güven aralıklarını kullanarak α düzey kümeleri tanımlanır. $M_\alpha = [m_1,m_2]$ ve $N_\alpha = [n_1,n_2]$ olsun, $\underline{M}$ ve $\underline{N}$ bulanık sayılarının farkı

M_α (-)$N_\alpha = [m_1 - n_1, m_2 - n_2]$

şeklinde ifade edilir.

Örnek:

Önceki örnekte tanımlanan M ve N bulanık sayılarının farkı bulunacaktır. Aynı örnekte bu bulanık sayıların α düzey kümeleri M_α = (4α +5 ; 13-4α), N_α = (2α +2 ; 6-2α) olarak bulunmuştu.

M - N = [(4α +5) - (2α +2); (13-4α) - (6-2α)] = (2α +3 ; 7-2α) olur.

Fark Z_α olarak alınırsa; 2α +3 = z_1 ; 7-2α = Z_2 denklemleri çözülür, α = z_1-3/2 ve α =7-z_2/2 bulunur ve

$$\mu_{\underline{Z}}(z) = \begin{cases} 0, & x \le 3 \\ \dfrac{z-3}{2}, & 3 < x \le 5 \\ \dfrac{7-z}{2}, & 5 < x \le 7 \\ 0, & x > 7 \end{cases}$$ olarak elde edilir.

(ii) enb-enk kıvrımı kullanılması: $\forall$ x,y,z, $\in$ R için M ve N bulanık sayılarının toplamı aşağıda tanımlanmıştır:

$$\mu_{\underline{M}(-)\underline{N}}(z) = \underset{z=x-y}{enb}(\mu_{\underline{M}}(x) \wedge \mu_{\underline{N}}(y))$$

N bulanık sayısının görüntüsü aşağıdaki gibi verildiği için

$$\mu_{-\underline{N}}(x) = \mu_{\underline{N}}(-x) \quad , \forall x$$

Yukarıdaki denklem şu şekilde yazılabilir:

$$\mu_{\underline{M}(-)\underline{N}}(z) = \underset{z=x+(-y)}{enb}(\mu_{\underline{M}}(x) \wedge \mu_{\underline{N}}(-y)) = \underset{z=x+y}{enb}(\mu_{\underline{M}}(x) \wedge \mu_{-\underline{N}}(y))$$

M ve N bulanık sayılarının farkı { M (-)N }; N'nin görüntüsüyle M'nin toplamına {M(+)(-N)} eşdeğerdir.

Örnek :

M ve N sayıları için M(-)N bulunmak istensin. $\mu_{\underline{M}(-)\underline{N}}$(z)'yi hesaplamak için z = x-y 'yi sağlayan tüm (x,y) çiftleri bulunur ve çiftlerin kendi içlerinde en küçük değerleri alınır. Tüm çiftlerden gelen en küçük değerlerin en büyüğü aranan sonuçtur. Örnek olarak $\mu_{\underline{M}(-)\underline{N}}$(2) hesaplanmıştır. x-y = 2 olan çiftler (2,0), (3,1), (4,2), (5,3), (6,4), (7,5), (8,6), (9,7), (10,8) 'dir. Bu çiftlerin üyelik dereceleri ve kesişimlerinden el elde

edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.4: Farkı 2 olan çiftlerin üyelik dereceleri

(x;y)	**(2;0)**	**(3;1)**	**(4;2)**	**(5;3)**	**(6;4)**	**(7;5)**	**(8;6)**	**(9;7)**	**(10;8)**	**(11;9)**
$\mu_{\underline{M}}(x\ )$	0,5	0,8	1	0,8	0,6	0,2	0,1	0	0	0
$\mu_{\underline{N}}(y)$	0	0	0	0,1	0,2	0,6	1	0,9	0,7	0,4
$\mu_{\underline{M}}(x\ ) \wedge \mu_{\underline{N}}(y)$	0	0	0	0,1	0,2	0,2	0,1	0	0	0

Son olarak bulunun en küçük değerlerin en büyüğü alınır ve $\mu_{\underline{M}(-)\underline{N}}(2) = 0.2$ olarak bulunur. Aynı işlemler uygulanarak $\mu_{\underline{M}(-)\underline{N}}$ (z) şu şekilde hesaplanmıştır.

Çizelge 4.5: $\mu_{\underline{M}(-)\underline{N}}$ (z) 'ın değerleri

z = x-y	**-9**	**-8**	**-7**	**-6**	**-5**	**-4**	**-3**	**-2**	**-1**	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
$\mu_{\underline{M}(-)\underline{N}}(z)$	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1	0,8	0,6	0,6	0,2	0,2	0,1	0,1

4.3.4 Bulanık sayılarda çarpma

Bulanık sayıların çarpılması biraz karmaşıktır çünkü işaretleri dikkate alınmalıdır. Bu karmaşıklıktan kurtulmak için çarpanların her ikisinin de pozitif bulanık sayılar olduğu kabul edilmiştir. Z, M ve N gibi iki bulanık sayının çarpılmasında çarpım olsun. $\mu_{\underline{Z}}(z)$ en üst noktanın ($\mu_{\underline{Z}}(z)$=l) solunda monoton artan, sağında monoton azalan olduğu için çarpma işlemi aşağıdaki yolla yapılır:

(1) Solda, xy ≤ z durumunu sağlayan tüm (x,y) çiftleri göz önüne alınır. Yani $\mu_{\underline{Z}}(z)$'nin sol tarafı şu şekilde tanımlanır:

$$\mu_{\underline{M}(.)\underline{N}}(z) = \underset{xy \le z}{enb}(\mu_{\underline{M}}(x) \wedge \mu_{\underline{N}}(y))$$

(2) Sağda ise, xy > z durumunu sağlayan tüm (x,y) çiftleri göz önüne alınır. $\mu_{\underline{Z}}(z)$'nin sağ tarafı şu şekilde tanımlanır:

$$\mu_{\underline{M}(.)\underline{N}}(z) = \underset{xy \ge z}{enb}(\mu_{\underline{M}}(x) \wedge \mu_{\underline{N}}(y))$$

(3) Süreci basitleştirmek için $\mu_{\underline{M}}(x)$ veya $\mu_{\underline{N}}(y)$'lerin sıfıra eşit olduğu çiftler elenir ve $\mu_{\underline{M}(.)\underline{N}}(z) = 1$ durumundaki z hesaplanır. Böylece sağ taraf sol taraf ayrımı yapılmış olur. Eğer M ve N her ikisi de sürekli üyelik fonksiyonlarına sahipseler, aralarındaki çarpma işlemi şu şekilde tanımlanır:

$M_{\alpha}(.)N_{\alpha} = [m_1.n_1, m_2.n_2]$

Örnek:

M ve N bulanık sayılarının çarpımı hesaplanacaktır. Önce $\mu_{\underline{M}(.)\underline{N}}(z) = 1$ durumunu sağlayan z bulunur. Kolayca görülebileceği gibi z = 24 olunca çarpım 1 olur. Hesaplama kolaylığı için Çizelge hazırlanır:

Çizelge 4.6: Uygun x ve y değerleri için z ve $\mu(z)$ değerleri

y \ x	1	2	3	4	5	6	7	8
3	3 / 0,1*	6 / 0,1*	9 / 0,1*	12 / 0,1	15 / 0,1	18 / 0,1	21 / 0,1	24 / 0,1
4	4 / 0,2*	8 / 0,2*	12 / 0,2*	16 / 0,2	20 / 0,2	24 / 0,2	28 / 0,2	32 / 0,1
5	5 / 0,3*	10 / 0,5*	15 / 0,6	20 / 0,6	25 / 0,6	30 / 0,6	35 / 0,2	40 / 0,1
6	6 / 0,3*	12 / 0,5*	18 / 0,8	24 / 1	30 / 0,8	36 / 0,6	42 / 0,2	48 / 0,1
7	7 / 0,3*	14 / 0,5	21 / 0,8	28 / 0,9	35 / 0,8	42 / 0,6	49 / 0,2	56 / 0,1!
8	8 / 0,3*	16 / 0,5	24 / 0,7	32 / 0,7	40 / 0,7	48 / 0,6	56 / 0,2!	64 / 0,1!
9	9 / 0,3*	18 / 0,4	27 / 0,4	36 / 0,4	45 / 0,4	54 / 0,4!	63 / 0,2!	72 / 0,1!
10	10 / 0,1*	20 / 0,1	30 / 0,1	40 / 0,1	50 / 0,1	60 / 0,1!	70 / 0,1!	80 / 0,1!

Çizelge 4.4' de en üst satırda $\mu_{\underline{M}}(x)$ olan x değerleri, en soldaki sütunda da $\mu_{\underline{N}}(y) \neq 0$ olan y değerleri bulunmaktadır. Tablonun içinde üstteki x ve soldaki y'ler için ilk değer xy, ikinci değer ise $\mu_{\underline{M}}(x) \wedge \mu_{\underline{N}}(y)$ dir.

$z > 24$ için $\mu_{\underline{M}(.)\underline{N}}(z) = \underset{xy \leq z}{enb}(\mu_{\underline{M}}(x) \wedge \mu_{\underline{N}}(y))$ dikkate alınacaktır. Örneğin $\mu_{\underline{M}(.)\underline{N}}(12)$'yi hesaplamak için $xy \leq 12$ 'yi sağlayan (1;3), (1;4), (1;5), (1;6), (1;7), (1;8), (1;9), (1;10), (2;3), (2;4), (2;5), (2;6), (3;3), (3;4), (4;2) (tabloda * işaretli) çiftlerinin $\mu_{\underline{M}}(x) \wedge \mu_{\underline{N}}(y)$ değerlerinin en büyüğü alınacaktır. $\mu_{\underline{M}(.)\underline{N}}(12) = 0.5$ bulunacaktır.

$z > 24$ için $\mu_{\underline{M}(.)\underline{N}}(z) = \underset{xy \geq z}{enb}(\mu_{\underline{M}}(x) \wedge \mu_{\underline{N}}(y))$ dikkate alınacaktır. Örneğin $\mu_{\underline{M}(.)\underline{N}}(51)$ 'i hesaplamak için $xy \geq 51$ i sağlayan (7;8), (8;7), (8;8), (9;6), (9;7), (9;8), (10;6), (10;7), (10;8) (Çizelge 4.6'da * işaretli) çiftlerinin değerlerinin en büyüğü

alınacaktır. $\mu_{\underline{M}}(x) \wedge \mu_{\underline{N}}(y)$ = 0,4 bulunacaktır. Diğer z'ler için de benzer işlemler yapılırsa Tablodaki sonuçlar elde edilir.

Çizelge 4.7: M ve N bulanık sayılarının çarpımı sonuçları

z	$\mu_Z(z)$	z	$\mu_Z(z)$	z	$\mu_Z(z)$	z	$\mu_Z(z)$	z	$\mu_Z(z)$	z	$\mu_Z(z)$
3	0,1	16	0,6	29	0,8	42	0,6	55	0,2	68	0,1
4	0,2	17	0,6	30	0,8	43	0,6	56	0,2	69	0,1
5	0,3	18	0,8	31	0,8	44	0,6	57	0,2	70	0,1
6	0,3	19	0,8	32	0,8	45	0,6	58	0,2	71	0,1
7	0,3	20	0,8	33	0,8	46	0,6	59	0,2	72	0,1
8	0,3	21	0,8	34	0,8	47	0,6	60	0,2	73	0,1
9	0,3	22	0,8	35	0,8	48	0,6	61	0,2	74	0,1
10	0,5	23	0,8	36	0,7	49	0,4	62	0,2	75	0,1
11	0,5	24	1	37	0,7	50	0,4	63	0,2	76	0,1
12	0,5	25	0,9	38	0,7	51	0,4	64	0,1	77	0,1
13	0,5	26	0,9	39	0,7	52	0,4	65	0,1	78	0,1
14	0,5	27	0,9	40	0,7	53	0,4	66	0,1	79	0,1
15	0,6	28	0,9	41	0,6	54	0,4	67	0,1	80	0,1

Belirtilmeyen z'ler ($z \in Z$) için ($z < 3$ ve $z > 80$) $\mu_{\underline{z}}(z) = 0$ 'dır.

4.3.5 Bulanık sayılarda bölme

M gibi pozitif bir bulanık sayının N gibi pozitif bir bulanık sayıya bölümü aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

M(:)N 'nin sol tarafında;

$$\mu_{\underline{M(:)N}}(z) = \underset{z \geq x/y}{enb}(\mu_{\underline{M}}(x) \wedge \mu_{\underline{N}}(y)), \qquad \forall x, y, z$$

M(:)N 'nin sol tarafında;

$$\mu_{\underline{M(:)N}}(z) = \underset{z \leq x/y}{enb}(\mu_{\underline{M}}(x) \wedge \mu_{\underline{N}}(y)), \qquad \forall x, y, z$$

Eğer M ve sürekli üyelik fonksiyonlarına sahipse;

$$M_\alpha (:) N_\alpha = [m_1/n_2, m_2/n_1]$$

şeklinde tanımlanır.

Bölme işlemi çarpmanın bir başka şeklidir. Şöyle ki; $M(:)N = M(.)N^{-1}$ dir. Burada N'nin tersi olan N^{-1} şu şekilde tanımlanır:

$$\mu_N^{-1}(y) = \mu_N(1/y)$$

veya

$$N_\alpha{}^{-1} = [1/n_2, 1/n_1]$$

Buna göre yukarıdaki denklemler yeniden düzenlenirse;

$$\mu_{\underline{M}(.)1/\underline{N}_{-}}(z) = \underset{z\geq x(1/y)}{enb}(\mu_{\underline{M}}(x) \wedge \mu_{\underline{N}}(1/y)) = \underset{z\geq xy}{enb}(\mu_{\underline{M}}(x) \wedge \mu_{\underline{N}^{-1}}(y))$$

$$\mu_{\underline{M}(.)1/\underline{N}_{-}}(z) = \underset{z\leq xy}{enb}(\mu_{\underline{M}}(x) \wedge \mu_{\underline{N}}(1/y)) = \underset{z\leq xy}{enb}(\mu_{\underline{M}}(x) \wedge \mu_{\underline{N}^{-1}}(y))$$

elde edilir ve sürekli üyelik fonksiyonlular için aşağıdaki gibi olur:

$$\underline{M}_{\alpha}(.)\,\underline{N}_{\alpha}{}^{-1}=[m_1.(1/n_2),\ m_2.(1/n_1)]$$

Örnek :

$\underline{M}$ ve $\underline{N}$ bulanık sayılarını bölümü hesaplanacaktır. $M\alpha=(4\alpha+5\ ;\ 13-4\alpha)$, $N\alpha=(2\alpha+2\ ;\ 6-2\alpha)$ idiyse;

$$\underline{M}\alpha\,(:)\,\underline{N}\alpha = \left(\frac{4\alpha+5}{6-2\alpha};\frac{2\alpha+2}{13-4\alpha}\right) \text{ olur}$$

$\underline{M}\alpha\,(:)\,\underline{N}\alpha = Z\alpha$ olarak kabul edilirse;

$\frac{4\alpha+5}{6-2\alpha} = z$ den $\alpha = \frac{6z-5}{14+2z}$, $\frac{2\alpha+2}{13-4\alpha} = z$ den $\alpha = \frac{13z-2}{2+4z}$ elde edilir ve

$$\mu_{\underline{Z}}(z) = \begin{cases} 0, & z \leq 5/6 \\ \dfrac{6z-5}{14+2z}, & 5/6 < x \leq 9/4 \\ \dfrac{13z-2}{2+4z}, & 9/4 < x \leq 13/2 \\ 0, & x > 13/2 \end{cases}$$ olarak bulunur.

5. BULANIK ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME

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

- Sayısallaştırılamayan Bilgi: bir arabanın fiyatı para birimi ile ifade edilerek kolayca sayısallaştırılabilirken arabanın konforu veya güvenliği sayısallaştırılamaz. Konfor ve güvenlik gibi terimler genellikle iyi, orta, kötü gibi dilsel (linguistic) terimlerle ifade edilir ve bunlar bireyin Öznel değerlendirmesine dayanan kalitatif verilerdir.

- Eksik Bilgi: hızlı hareket eden bir cismin hızı herhangi bir aletle ölçülebilir ve yaklaşık (ya da civan) 200 km/sa şeklinde belirlenebilir ama tam olarak 200 km/sa şeklinde belirtilemez. Bu gibi veriler de bulanık kümeler ile ifade edilebilir.

- Elde Edilemeyen Bilgi: bazen klasik ve kesin (crisp) veri elde edilebilir ama maliyeti çok yüksek olabileceğinden dolayı karar verici bu verinin yaklaşık değerini seçebilir. Verilerin çok duyarlı olduğu durumda yaklaşık bazı veriler veya dilsel tanımlamalar kullanılır. Bu yüzden de bilgi bulanıktır.

- Kısmi Aldırmazlık ya da Görmezden Gelme (ignorance): bazı bulanıklık kısmi görmezden gelme ya da görememeden kaynaklabilir, çünkü insan sadece gerçeğin bir kısmını bilebilir.

Klasik çok ölçütlü karar verme yöntemleri bu gibi kesin olmayan bilginin bulunduğu problemleri etkin bir şekilde ele alamaz (Bellman ve Zadeh, 1970; Chen ve Hwang, 1992; Zimmermarm, 1994, Yager, 1996). Bu sebeplerden dolayı bu sorunları ortadan kaldırmak için bulanık kümeler teorisi kullanılmaktadır.

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

Çok ölçüttü karar verme yöntemlerinin birçoğunun bulanık biçimi geliştirilmiştir. Bunlar çeşitli araştınnacılar tarafından ortaya koyulmuş ve farklı alanlarda uygulanmışlardır. Uygulamada en sık kullanılan bulanık çok ölçütlü karar verme teknikleri bulanık TOPSIS ve bulanık AHP' dir.

5.1 Bulanık TOPSIS Yöntemi

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) çok kriterli karar verme yöntemlerinden birisidir. Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilmiştir (Chen, 2000). TOPSIS yönteminde ideal çözüm için gerekli olan yakınlık bulunurken hem pozitif ideal çözüme uzaklık, hem de negatif ideal çözüme uzaklık birlikte değerlendirilir. Sonuçta yapılacak tercih sırlaması, uzaklıkların karşılaştırılması sonucu elde edilir.

TOPSIS yöntemi aşağıdaki adımlar takip edilerek uygulanır (Opricovic ve Tzeng, 2004):

− Normalleştirilmiş karar matrisi hesaplanması,

− Ağırlıklandırılmış karar matrisi hesaplanması,

− Pozitif ideal ve negatif ideal çözümlerin belirlenmesi,

− Her bir alternatifin pozitif ideal ve negatif idealden uzaklıklarının hesaplanması,

− Her bir alternatif için yakınlık değerlerinin ve puanlarının hesaplanması,

− Tercihlerin puan sırasına konulması.

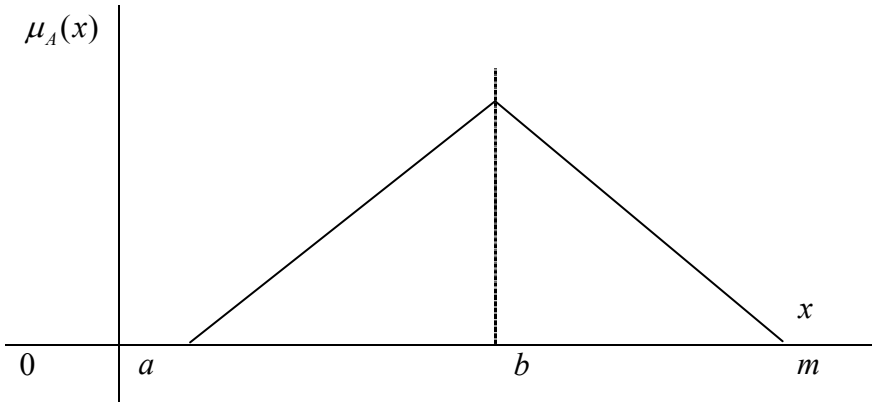
Farklı nicel ve nitel kriterleri birlikte değerlendirmek ve bunların ağırlıklarına dayalı sıralama yapmak isteniyorsa çoklu kriterli bir bulanık karar verme yöntemine ihtiyaç duyulur (Chen, 2001). TOPSİS yönteminde üçlü bulanık sayılar kullanılmasıyla yapılan çalışmalar ilk önce Negi (1989)'nin doktora teziyle başlamıştır.

Ancak bulanık TOPSIS algoritmasının eksiklikleri üzerine bazı araştırmacılar çalışmışlardır. Bu araştırmacılardan biri olan Chen (2000) bir makalesinde bu eksikliği gidermiştir. Chen ile diğerleri arasında aslında algoritma olarak farklılık bulunmamakla birlikte, derecelendirmede bulanık değerlerini 0-10 arası sıralaması, $v^*_j = (1,1,1)$ ve $v^-_j = (0,0,0)$ olarak almasından dolayı farklılık arz etmektedir.

Yöntem, birçok çoklu kriterli karar verme problemlerinde kullanılmış, bu çalışmaya benzer olarak bu yöntemi kuruluş yeri seçimi problemlerinde ilk olarak Chu Ta-Chung (2002) başarıyla uygulamıştır.

Bir üçgen bulanık sayı "n" (a,m,b) ile gösterilir ve $\mu_n(x)$ üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir ve Şekil 8'deki gibi gösterilir (Chen, 2000):

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \dfrac{x-a}{b-a}, & a \le x \le b \\ \dfrac{m-x}{m-b}, & b \le x \le m \\ 0, & x > m \end{cases} \qquad \textbf{(5.1)}$$



Şekil 5.1: Üçgen bulanık sayı grafiği

$m=(m_1, m_2, m_3)$ ve $n=(n_1, n_2, n_3)$ iki üçgen bulanık sayısını göstermek üzere, aralarındaki uzaklık "Vertex Yöntemi" ile tanımlanır (Chen, 2000):

$$d(m,n) = \sqrt{\frac{1}{3}\left[(m_1-n_1)^2 + (m_2-n_2)^2 + (m_3-n_3)^2\right]} \qquad \textbf{(5.2)}$$

olarak hesaplanır.

İfade veya dilsel (linguistic) olarak tanımlanan değerlerden oluşan değişkene "dilsel değişken" denir. Dilsel değişkenler 1,2,3,.. gibi sayılarla ifade edilebildiği gibi üçlü

bulanık sayılarıyla da ifade edilebilirler. Örneğin değerleri "1 :çok düşük" ten "5: çok yüksek" e değişen ağırlık vektörü bir dilsel değişkendir ve bulanık sayılarıyla gösterilebilir

(Chen, 2000). Bulanık TOPSİS yöntemi, hem nitel hem de nicel kriterin puanlamasıyla uğraşır. Bunun yanında Bulanık TOPSIS yöntemi çok esnek bir yapıya sahiptir (Chen vd, 2005). Yöntem, bulanık ortamda çoklu kriterlere dayalı, az karar verici ve alternatif grupların bulunduğu problemler için çok uygundur. Farklı kriterlerin önem ağırlıkları ve kriterlerin önem dereceleri dilsel değişkenler olarak düşünülür. Kriterin önemini ve farklı kriterlere göre alternatiflerin önem derecelerini hesaplamak için karar vericiler dilsel değişkenler kullanırlar. Bu dilsel değişkenler pozitif üçgen bulanık sayılar olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Chen, 2000):

Her bir kriterin önem ağırlığı için dilsel değişkenler (Chen, 2000).

ED	En Düşük	0,0 0,0 0,1
D	Düşük	0,0 0,1 0,3
OD	Orta Düşük	0,1 0,3 0,5
O	Orta	0,3 0,5 0,7
OY	Orta Yüksek	0,5 0,7 0,9
Y	Yüksek	0,7 0,9 1,0
EY	En Yüksek	0,9 1,0 1,0

Önem derecesi için dilsel değişkenler (Chen, 2000).

EK	En Kötü	0	0	1
K	Kötü	0	1	3
OK	Orta Kötü	1	3	5
O	Orta	3	5	7
Oİ	Orta İyi	5	7	9
İ	İyi	7	9	10
Eİ	En İyi	9	10	10

Yukarıda verilen 7'li ölçek, bu yöntem için ilk defa Chen tarafından geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Aynı yöntem için literatürdeki çalışmalar incelendiğinde 3, 5 veya 9'lu ölçek de kullanılabilmektedir. Ölçek sayısı büyüdükçe işlemler daha hassaslaşmakta ve yöntem uygulamasındaki detaylar artmakta, küçüldükçe ise

hassasiyet azalmakta ve işlemler daha basitleşmektedir. m adet karar vericiden oluşan, x_{ij}^{m} ve w_{j}^{m} 'nin m'inci karar vericinin önem derecesi ve ağırlığını gösterdiği bir grupta her bir kritere göre alternatiflerin önem dereceleri ve kriterlerin önem ağırlıkları sırasıyla aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$X_{ij} = \frac{1}{m}\left[x_{ij}^{1}(+)x_{ij}^{2}(+)...(+)x_{ij}^{m}\right] \quad \textbf{(5.3)}$$

$$W_{j} = \frac{1}{n}\left[w_{j}^{1}(+)w_{j}^{2}(+)...(+)w_{j}^{m}\right] \quad \textbf{(5.4)}$$

n kriterli ve m seçenekli bir bulanık matrisi ve ağırlık vektörü aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$D = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ M \\ A_m \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} C_1 & C_2 & L & C_n \end{array} \\ \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & L & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & L & x_{2n} \\ M & M & L & M \\ x_{m1} & x_{m2} & L & x_{mn} \end{bmatrix} \end{array} \quad \textbf{(5.5)}$$

$$W = \begin{bmatrix} w_1 & w_2 & L & w_n \end{bmatrix} \quad \textbf{(5.6)}$$

Burada x_{ij} ($\forall$i,j) ve w_j (j=1,2…,n) dilsel değişkenlerdir. Bu dilsel değişkenler üçgen bulanık sayılarla x_{ij}= (a_{ij} ,b_{ij} ,c_{ij}) üyelik fonksiyonu ve w_j =(w_{i1} ,w_{i2} ,w_{i3}) şeklinde ağırlık vektörü olarak tanımlanabilir. Normalize edilmiş bulanık karar matrisi R ile gösterilir ve R = $[r_{ij}]_{mxn}$ ile ifade edilir. Burada B fayda kriteri kümesi olup aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$r_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*} + \frac{b_{ij}}{c_j^*} + \frac{c_{ij}}{c_j^*}\right), \qquad j \in B; \quad \textbf{(5.7)}$$

$$c_{ij}^{*} = \max_{i} c_{ij} \text{. eğer } j \in B \text{ ise;} \quad \textbf{(5.8)}$$

Yukarıdaki normalleştirme yöntemi, normal hale getirilmiş üçgen bulanık sayıların [0,1] aralığında olmasını sağlar.

Kriterlerin farklı ağırlıkları ve önem düzeyleri göz önünde bulundurularak ağırlıklı normalleştirilmiş bulanık karar matrisi aşağıdaki şekilde oluşturulur:

V =[v_{ij}]$_{mxn}$ i=1,2,…,m , j= 1,2,…,n olmak üzere ağırlıklı karar matrisi; v_{ij} =r_{ij} (.) w_j formülüyle hesaplanır.

Ağırlıklı normalleştirilmiş bulanık karar matrisine göre ∀i,j için v_{ij} elemanları normalleştirilmiş pozitif üçgen bulanık sayılarıdır ve [0,1] aralığında yer alırlar.

Bulanık pozitif ideal çözüm (A^*) ve bulanık negatif ideal çözüm (A^-) olmak üzere;

$$A^* = (v_1^*, v_2^*, ..., v_n^*) \quad \textbf{(5.9)}$$

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, ..., v_n^-) \quad \textbf{(5.10)}$$

ile tanımlanır. Burada v_{ij}^* = (1,1,1) ve v_{ij}^- (0,0,0)'dır. Her bir alternatifin A^* ve A^-'den uzaklıkları sırasıyla;

$$d_i^* = \sum_{j=1}^{n} d(v_{ij}, v_j^*) \quad , \text{ i=1,2,...m} \quad \textbf{(5.11)}$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^{n} d(v_{ij}, v_j^-) \quad , \text{ i=1,2,...m} \quad \textbf{(5.12)}$$

ile hesaplanır. Burada d(i) iki bulanık sayısı arasındaki uzaklığı göstermektedir.
Her alternatif için negatif ve pozitif uzaklık değerleri kullanılarak yakınlık katsayısı;

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad , \text{ i=1,2,…,m} \quad \textbf{(5.13)}$$

formülüyle hesaplanır.

5.2 Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP)

Çok ölçütlü karar verme tekniklerinden biri olan BAHP yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. İnsani düşünme stilini yansıtmak için AHP prosesinden yola çıkılarak geliştirilmiştir. Çeşitli yazarlar tarafından farklı BAHP modelleri geliştirilmiştir (Durdiler, 2006).

Bulanık küme teorisi ile analitik hiyerarşi yapı analizini kullanan problem çözme ve alternatif seçimi bir arada kullanılarak yeni bir sistematik yaklaşım getirilmiştir. Yöntemin sabit sayılardan ziyade bir sayı aralığını değerlendirme ölçütü olarak kullanması kullanıcılara kolaylık sağlamaktadır. Karşılaştırma işlemi kendi yapısı dolayısıyla bulanıklık içermekledir. Bu nedenle, kullanıcıların tercihleri konusunda bir netlik yoktur (Yılmaz, 2006). BAHP. oranlama tekniği ile yerel öncelikleri saptamakta ve bunları toplayarak global öncelikleri çıkarmaktadır. Her bir kriter için

elde edilen puanları birleştiren ağırlık vektör serisini oluşturmaktadır. Buna uygun bir puanlar kümesi hesaplandıktan sonra bu puanların ortalaması olan bütünleşik bir puan oluşturulmaktadır.

BAHP' nin en önemli avantajlarından biri çoklu kriterlerin karşılaştırılmasında sağladığı kolaylıktır. Algı tabanlı yargı aralıklarının kullanılabilmesi, deterministik tercihlerin oluşturulmasına gerek kalmaması bu yöntemi avantajlı kılmakladır. Karar vericilerin yargılarına dayanan bir yaklaşımın kullanılması bulanık sayıları kullanmayı gerektirmektedir. Bulanık sayılar karar verme sürecini daha iyi temsil edebilmektedirler (Kaplan, 2007).

1983 yılında Laarhoven ve Pedryez. ilk bulanık AHP çalışmasını gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada yazarlar üçgen üyelik fonksiyonuyla tanımlanmış olan bulanık oranları karşılaştırmıştır. Karşılaştırma oranlarının öncelikleri, daha sonra Buckley tarafından 1985 yılında yamuk üyelik fonksiyonu ile belirlenmiştir. Karşılaştırmada üçgen bulanık sayıları kullanan Chang (1996) ise yeni bir yaklaşım getirmiştir (Yılmaz, 2006).

BAHP askeri alanda karşılaşılan problemler için çok sık kullanılmaktadır. 1994 yılında Cheng ve Mon, askeriyede kullanılan farklı sistem silahları, teknolojik seviye, tahribat gücü dayanım süresi, yüksek hareket kabiliyeti ve bakım kolaylığı kriterlerini dikkate alarak karşılaştırmıştır.

Deniz taktik füzeleri ise füzelerin genel özellikleri, teknik özellikleri, bakım yapılabilirlikleri, ekonomiklikleri ve gelişim kriterleri temel alınarak Chang(1996) tarafından karşılaştırılmıştır. Öncelikle değerlendirilecek kriterlerin üyelik fonksiyonları belirlenmiş, daha sonra performans göstergelerinin belirlenmesi için üyelik fonksiyonları derecelendirilmiştir.

Kuo ve Kao. 1999 yılında BAHP kullanarak en iyi market yeri seçimi problemini değerlendirmiştir. Nüfus özellikleri, yerin çekiciliği, pazarın özellikleri, rekabet, ulaşılabilirlik ve uygunluk kriterleri ele alınmıştır. Üst düzey yöneticiler, market çalışanları, profesyonel danışmanlar, akademisyenler ve konuyla ilgili uzmanlara anket yapılarak kriterlerin öncelikleri belirlenmiştir.

İşletme atıklarının değerlendirilmesi ve önemli israfların ortadan kaldırılması için Rong ve diğ. tarafından AHP yöntemi ve bulanık küme teorisini kullanan bir yöntem geliştirilmiştir. Model, değerlendirme, kümeleme ve sıralama olmak üzere üç adımdan oluşmaktadır. Zararlı atık kaynakları tespit edildikten sonra atık değerlendirme endeksi oluşturmak üzere her bir atık çeşidinin zararlılığını ölçen AHP yöntemi uygulanmaktadır. Bulanık korelasyona dayalı bulanık kümeleme ile daha zararlı atıkların kümelendirilmesi yapılarak önemli atık kaynakları belirlenmektedir. Uzaklaştırılacak her çeşit Önemli atık kaynağının önceliği bulanık geniş kapsamlı değerlendirme kullanılarak sıralanmakladır (Güner, 2005).

5.3 Uygulamada Kullanılacak BAHP Modelinin Tanıtımı

Zeng ve diğ. (2007) bir çalışmalarında inşaat projelerinin gecikme riskini hesaplamak amacıyla bir model geliştirmişlerdir. Riske neden olan birçok faktörü birbirlerine göre de inceleyen bu model çevrenin karmaşık yapısını değerlendirmeye olanak sağlamıştır. Bu model çeşitli sebeplerden farklı alternatiflerin şirkete faydalarının kıyaslanarak en iyisinin seçilmesinde kullanılacak alternatif seçme modelimize temel alınmıştır.

Zeng ve diğerlerinin modeli üzerinde bazı değişiklik yapılarak oluşturulan alternatif seçme modelnin adımları aşağıda verilmiştir.

5.3.1 Uygulamada kullanılacak BAHP modelinin adımları

Alternatif seçme modelinin beş adımı vardır. Bu adımlar aşağıdaki gibidirler:

5.3.1.1 Hazırlık adımı

Alternatiflerin değerlendirilmesi için öncelikle bir alternatif değerlendirme grubu oluşturulmalıdır. Farklı disiplinlerden gelen uzmanlar ve ilgili konuda tecrübeli kişilerden oluşmalıdır. Bu grup alternatiflerle ile ilgili bilgileri ve verileri gözden geçirip alternatif seçiminde etkili olan kriterleri belirler.

5.3.1.2 Bulanık üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi

Bulanık üyelik fonksiyonları (ÜF) genellikle tecrübelerden, dilsel terimlerin algılanmasından, gerçek durumun simülasyonundan çıkartılmakladır. Eğer bir değişken bir kelime ile değerlendirilebîliyorsa, dilsel değişken olarak adlandırılmaktadır. Kelimeler, değişkenin tanımlandığı evrende tanımlı olan bulanık kümelerle temsil edilmekledir. Bulanık modeller kısmında da anlatıldığı gibi, bulanık kümeler üçgen, yamuk, S geometrik şekilleriyle temsil edilebilmektedir. Fİ. modelde çok önemsiz (ÇÖ). önemsiz (ÖZ). önemli olabilir (ÖO). önemli (Ö). çok önemli (ÇÖ) olarak tanımlanmakladır.

5.3.1.3 Uzmanların katılım faktörlerinin belirlenmesi

Farklı uzmanlar, son kararın verilmesine farklı ağırlıklarda katkıda bulunacağından, uzmanların katılımım ayırt etmek için modelde katılım faktörleri (KF) tanımlanmıştır. KF uzmanların tecrübeleri, bilgileri ve uzmanlıkları göz önüne alınarak belirlenecektir. Grupta m adet uzman olduğu kabul edilirse, E_k, k. Uzmana atanan katılım faktörü c_k, ve c_k [0,1] ve $\mathbf{c}_1+\mathbf{c}_2+....+=1$ olur.

5.3.1.4 Faktör indeksi hiyerarşisinin oluşturulması

Alternatif seçimini etkileyen birçok faktör vardır. Yatırım değerlendirme grubu incelenen konuyu iyice gözden geçirmeli, gerekli tüm araştırmaları yapmalı ve alternatiflerin kullanılacağı çevreyi gezerek incelemelidir, Fİ hiyerarşisi hazırlamanın amacı, seçim faktörlerinin yeterli derecede detaylandırılması ve Fİ' lerin etkili bir şekilde değerlendirilmesidir. Seçim kararını oluşturan etki faktörleri, beyin fırtınası, kontrol listeleri, hata modu, etki analizi gibi tekniklerle belirlenebilir. Fİ analizinde, belirlenen faktörler, alt faktörlere dallandırılarak Fİ hiyerarşisi oluşturulur. Fİ hiyerarşisinin genel yapısında 1. kademede Fİ analizinin sonucunu göstermektedir. 2. kademede ise, Fİ. Seçim kararını etkileyen N adet alt bölüme ayrılmıştır. Daha sonra tüm alt bölümler, mümkün olduğunca alt faktörlere ayrılarak seçim karını etkilenyen tüm etkenlerin ele alın dığı bir hiyerarşi tamamlanır. Fİ analizi, 3. ve 4. kademede başlayıp daha sonra 2. kademeye dönmektedir ve son aşamada Fİ analizi gerçekleştirilmektedir.

5.3.1.5 Faktör indeksi adımının ölçülmesi

Uzmanlar, orlak bir ölçek kullanarak Fİ hiyerarşisinin en son basamağmdaki her bir faktörü değerlendirir. Seçim faktörlerinin öncelik ağırlıklarını belirlemek amacıyla değiştirilmiş bir bulanık AHP yöntemi kullanılır. Fİ, verilen puanların ve seçim faktörlerinin öncelik ağırlıklarının birleştirilmesiyle bulunur.

Uzmanlar, Fİ hiyerarşisinin alt kademelerindeki seçim faktörlerini, tecrübelerine ve bilgilerine göre değerlendirir. Uzmanlar, kesin bir puan, sayısal bir aralık, dilsel bir değişken ya da bulanık sayı ile fikirlerini bildirebilirler. Eğer seçim faktörü hakkında yeterli bilgiye ulaşılabiliyorsa sayısal olarak ölçülebiliyorsa uzmanlar çoğunlukla kesin bir puan yada bir sayısal aralık vermeyi tercihe ederler. Seçim faktörü, sayısal olarak ölçülemiyorsa veya belirsizlikler içeriyorsa dilsel bir değişken ya da bulanık bir sayı ile değerlendirilmektedir.

Fİ hiyerarşisinde, her bir bölümün altında tanımlanan risk faktörlerinin kendi aralarında ikili olarak karşılaştırılması yapılır. Fİ hiyerarşisi, kesin ya da bulanık ölçekte yapılandırılır. İkili karşılaştırmaları, sınıflandırmak için [1-9] ölçeği kullanılır. Geliştirilmiş bulanık AHP modelde uzmanlar emin olamadıkları konularda bulanık ölçek kullanabilmekte ya da iki faktörü tam olarak karşılaştıramıyorlarsa bu karşılaştırmaları boş bırakabilmektedirler. "7 gibi". "3-7 arasında olabilir"', '"3-8 arasında olabilir ama büyük ihtimalle 6 (3-6-8)" gibi ifadelerle puanlandırma yapılabilir.

Tüm uzmanlar farklı şekillerde puanlandırma yaptığı için puanlandırmaların ortak bir formata dönüştürülmesi için yamuk bulanık sayı (SYBS) kullanılmıştır. SYBS, risk değerlendirme grubundaki uzmanların, eldeki bilgilere ve kişisel yorumlarına göre sundukları tercihleri yansıtmaktadır. U, söz konusu söylevin evrensel kümesi olsun, U=[o,u]. SYBS, $A^*=(a^l,a^m,a^n,a^u)$ olarak tanımlanabilir. $0\leq a^l \leq a^m \leq a^n \leq a^u \leq u$ olmak üzere üyelik fonksiyonu şu şekilde gösterilir:

$$\mu_{A^*}(x)=\begin{cases}(x-a^l)/(a^m-a^l), & a^l \leq x \leq a^m \\ 1, & a^m \leq x \leq a^n \\ (a^n-x)/(a^u-a^n), & a^n \leq x \leq a^u \\ 0, & aksitaktirde\end{cases} \qquad \textbf{(5.14)}$$

ÜF tercihlerin derecesini yansıtır. Sayısal bir değer, bir değer aralığı, üçgen bulanık sayılar SYBS haline dönüştürülebilir.

$a^l = a^m = a^n = a^u$ SYBS. sayısal bir değer

$a^l = a^m$ *ve* $a^n = a^u$ SYBS, sayısal bir değer aralığı

$a^m = a^n$ SYBS. üçgen bulanık sayı

Tekil SYBS toplanarak grup SYBS' 1er oluşturulmalıdır. Her bir risk faktörü İçin uzmanlar tarafından bildirilen puanlar uygun bir operatörle bir araya getirilerek bir grup puanı oluşturulur. SYBS puanlarının toplanması, bulanık ağırlıklı yamuk ortalama operatörü ile gerçekleştirilmiştir. Bu işlem Formül 5.15 ile gösterilmiştir.

P^*_i; F_i faktörünün bulanık toplam puanıdır. P^*_{i1}, P^*_{i2} , P^*_{i3}..... P^*_{im}; sırasıyla U_1, U_2. U_3.....U_m olarak adlandırılan m tane uzman tarafından Fj faktörü için verilen SYBS puanlarıdır. $\otimes$ ve $\oplus$: sırasıyla bulanık çarpma ve bulanık toplama operatörlerini temsil etmektedir, c_1 c_2 c_3.....c_m; U_1, U_2, U_3.....Um uzmanlarına verilen KF nü yansıtmakladır. $c_1+c_2+c_3$.....$+c_m = 1$ olmalıdır.

$$P^*_i = P^*_{i1} \otimes c_1 \oplus P^*_{i2} \otimes c_2 \oplus ..... \oplus P^*_{im} \otimes c_m \quad \textbf{(5.15)}$$

$$a^*_{ij} = a^*_{ij1} \otimes c_1 \oplus a^*_{ij2} \otimes c_2 \oplus ..... \oplus a^*_{ijm} \otimes c_m \quad \textbf{(5.16)}$$

a jj: Fj ile Fj karşılaştırması için toplam bulanık puan.

a^*_{ij1}, a^*_{ij2}..... a^*_{ijm}: Sırasıyla U_1, U_2, U_3..U_m tarafından. Fj ile F, faktörlerini karşılaştırmak amacıyla verilen SYBS puanlarıdır.

Aynı karşılaştırma için bazı uzmanlar sıfır değerini kullandıysa kullanılan ölçek bu değeri içermediğinden Formül 5.16 değiştirilerek Formül 5.17 kullanılmalıdır, c_r; sıfır puan veren uzmanların KF değerleridir.

$$a^*_{ij} = \frac{a^*_{ij1} \otimes c_1 \oplus a^*_{ij2} \otimes c_2 \oplus ....a^*_{ijm} \otimes c_m}{1 - \sum c_r} \quad \textbf{(5.17)}$$

SYBS puanlan durulaştırılmalıdır. SYBS puanlarını, bu puanlara karşılık gelen kesin bir puana çevirmek gerekmekledir. Toplam SYBS puanının $a^*_{ij} = (a^l_{ij}, a^m_{ij}, a^n_{ij}, a^u_{ij})$ Olduğu kabul edilirse, buna karşılık gelen a^*_{ij} kesin değeri Formül 5.18 ile hesaplanabilir.

$$a_{ij} = \frac{a_{ij}^{1} + 2*(a_{ij}^{m} + a_{ij}^{n}) + a_{ij}^{u}}{6} \qquad \textbf{(5.18)}$$

$a_{ii} = 1$, $a_{ji} = 1/a_{ij}$

Sonuç olarak, tüm toplam bulanık puanlar, a^{*}_{ij} (i,j=1.2,..,n). [0.9] aralığındaki a_{ij} kesin puanına çevrilmiştir.

Seçim faktörlerinin öncelik ağırlıkları hesaplanmalıdır. F_1, F_2.....F_n bir bölümdeki seçim faktörleri kümesini göstersin, a_{ij}; Fi ile Fj karşılaştırılması hakkındaki sayısal yargıyı temsil eden duru puandır. Aynı bölümdeki Fj ile Fj karşılaştırılması Formül 5.19 da verilen nxn matrisi ile gösterilir:

$$A = a_{ij} = \begin{array}{c} \\ F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ F_4 \\ \\ \end{array} \left[\begin{array}{c|ccc} F_1 & F_2 & .... & F_n \\ 1 & a_{12} & .... & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & .... & a_{2n} \\ . & . & .... & .... \\ . & . & .... & .... \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & .... & 1 \end{array}\right] \qquad \textbf{(5.19)}$$

$a_{ii} = 1$, $a_{ji} = 1/a_{ij}$

A matrisindeki öncelik ağırlıkları, aritmetik ortalama yöntemini kullanarak Formül 5.29 ile hesaplanabilir:

$$w_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^{n} a_{kj}} \qquad \text{i, j = 1, 2, ….,n} \qquad \textbf{(5.20)}$$

w_i, F_j faktörünün kendi bölümü içindeki ağırlığıdır. F_i, faktörü FI hiyerarşisinde t adet farklı bölümde yer alıyorsa, $w^{(i)}_{bölüm}$ i. üst bölümün bölüm ağırlığını göstermektedir. w j Formül 5.21 ile hesaplanabilir,

$$w_i' = w_i \times \prod_{i=1}^{t} w^{(i)}bölüm \qquad \textbf{(5.21)}$$

Fİ hiyerarşisindeki bölümleri ağırlıklandırmak için Formül 5.21 kullanılabilir.

Fİ*, seçim faktörlerinin öncelik ağırlıkları bulunduktan sonra Formül 5.22 ile hesaplanabilir. Fİ*, ilgili alternatifin SYBS formundaki bulanık skorudur. P^{*}_i; F_i faktörünün Formül 5.15 ile bulunan bulanık toplam puanıdır.

$$FI^{*} = \sum_{i=1}^{n} P_i^{*} \times w_i^{'} \qquad \textbf{(5.22)}$$

Alternatiflerin bulanık skorları hesaplandıktan sonra alternatif seçme modelinin son aşaması olan skorların kıyaslanması ve alternatifin seçilmesi aşamasına geçilir.

Bu modelde alternatiflerin kıyaslanmasında Tran and Duckstein tarafından geliştirilmiş olan nihai bulanık skor sıralama metodu kullanılmıştır. Bu yöntem bulanık sayılarla önceden belirlenmiş hedef noktalar, crisp maximum (MAX) ve crisp minimum (MIN), arasındaki uzaklıkların kıyaslanmasına dayanmaktadır. Bulanık puanlardan hangisinin crisp maximum' a olan uzaklığı (D_{max}) en küçük ve crisp minimum' a uzaklığı (D_{min}) en büyük ise o, sıralamada en üste konulur. Bu şartlardan sadece biri sağlanırsa problemin durumuna göre alternatif diğer alternatiflere baskın gelir.

D_{max} ve D_{min} değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$D_{\max} = \sqrt{D^2\left(\tilde{A}, Max\right)} \text{ ve } D_{\min} = \sqrt{D^2\left(\tilde{A}, Min\right)} \qquad \textbf{(5.23)}$$

Max ve Min değerleri şu şekilde seçlir:

$$Max(I) = \sup\left(\bigcup_{i=1}^{I} S(\tilde{A})\right) \qquad \textbf{(5.24)}$$

$$Min(I) = \inf\left(\bigcup_{i=1}^{I} S(\tilde{A})\right) \qquad \textbf{(5.25)}$$

$$D^2\left(\tilde{A}, M\right) = \begin{bmatrix} \left(\frac{a_2+a_3}{2} - M\right)^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{a_2+a_3}{2} - M\right) \times \left[\left(a_4 - a_3\right) - \left(a_2 - a_1\right)\right] + \\ \frac{1}{3}\left(\frac{a_3 - a_2}{2}\right)^2 + \frac{1}{6}\left(\frac{a_3 - a_2}{2}\right) \times \left[\left(a_4 - a_3\right) + \left(a_2 - a_1\right)\right] + \\ \frac{1}{9}\left[\left(a_4 - a_3\right)^2 + \left(a_2 - a_1\right)^2\right] - \frac{1}{9}\left[\left(a_4 - a_3\right) \times \left(a_2 - a_1\right)\right] \end{bmatrix} \qquad \textbf{(5.26)}$$

6. ÖRNEK UYGULAMA: MERCEDES BENZ TÜRK AKSARAY KAMYON FABRİKASINDA ÜRETİLEN KAMYONLARIN DENENMESİ İÇİN DENEME KABİNİ YATIRIM KARARI DEĞERLENDİRİLMESİ

Mercedes Benz Türk A.Ş. Aksaray ilinde Konya, Ankara, Kayseri ve Adana yollarının kesişim noktasında E5 otoyolu üzerindeki fabrikada yılda 17.000 kamyon üretmektedir. Ürettiği tüm araçların fonksiyonları araçlar E5 otoyoluna çıkarılarak 1 saate yakın otoyolda test edilmek üzere yol almaktadırlar. Fabrika içinde bir test kabini alınarak bu testlerin fabrika içinde daha sağlıklı şekilde yapılması için kabin yetırımı yapılması planlanmaktadır. Bu çalışmada bu yatırım ile mevcut yolda test alternatiflerini kıyaslayarak aralarında seçim yapılacaktır.

6.1 Firma Tanıtımı

1967 yılında Daimler-Benz AG'nin % 36 ortaklığı ile Otomarsan ünvanıyla İstanbul'da kurulan Mercedes-Benz Türk, 0 302 tipi otobüslerin üretimine, 1968 yılında başlamıştır.

Üretime başladıktan sadece 2 yıl sonra, 1970'te ihracata başlayan şirket, 1984 yılında Mercedes-Benz Türkiye Genel Mümessili olmuştur.

1986 yılında ise Türkiye'nin büyüme potansiyeline paralel olarak Orta Anadolu ili Aksaray'da kamyon fabrikası üretime geçmiştir.

Kasım 1990'da şirketin ticari unvanı Mercedes-Benz Türk A.Ş. olarak değişmiştir.

580 Milyon Euro'yu aşan yatırım hacmiyle Mercedes-Benz Türk A.Ş. bugün Türkiye'nin en büyük yabancı sermaye yatırımlarından biridir ve 4.500 personel istihdam etmektedir. Bunun yanı sıra ülke çapındaki bayi ve satış sonrası hizmetler ağında 2.500 kişi çalışmaktadır.

Daimler AG'nin Mercedes-Benz Türk sermayesindeki payı % 67'dir.

Günümüzde İstanbul'da Hoşdere Fabrikası'nda şehirlerarası ve belediye tipi otobüsler, Aksaray Fabrikası'nda ise hafif, orta ağır ve ağır sınıf kamyonlar ve çekiciler üreten Mercedes-Benz Türk'ün bu tesisleri Daimler AG'nin geliştirme ve üretim ağının önemli parçalarını oluşturmaktadır. Şirket, sadece Türkiye'de üretilen modelleri de kapsayan ürünlerinin yurtiçi satışlarını ve ihracatını da yapmaktadır. Ayrıca Mercedes-Benz marka hafif ticari araç ve Daimler AG çatısı altındaki tüm otomobil markalarının ithalatını ve satışını yapan Mercedes-Benz Türk, 2007 yılında toplam 31.700 adet araç satışı gerçekleştirmiştir.

En güncel teknolojilerle donatılan, yüksek kaliteli ürünleri sayesinde Mercedes-Benz Türk, Türkiye şehirlerarası otobüs pazarında % 64'lük, 6 ton üzeri kamyon pazarında ise % 30.1'lik pazar payıyla lider konumundadır.

Şirket, Türkiye'nin otobüs ve kamyon ihracatında da öncü konumundadır (2007 yılında 2.415 adet otobüs ve 6.263 adet kamyon ihraç edilmiştir). Batı Avrupa ülkelerinin Mercedes-Benz Türk'ün en önemli ihracat pazarlarını oluşturması ayrıca dikkat çekmektedir.

Hoşdere Otobüs Fabrikası:

1995 yılında hizmete giren ve 2005 yılında ikinci yatırım aşaması tamamlanan Mercedes-Benz Türk Hoşdere Otobüs Fabrikası halen dünyanın en modern otobüs fabrikalarından biridir.

Araç kalitesi açısından büyük önem taşıyan ve paslanmaya karşı üstün koruma sağlayan katoforez tesisi (KTL) Türkiye'de otobüs üretiminde bir ilk olma özelliğini taşımaktadır. Hoşdere Fabrikası'nda fabrikanın enerji ihtiyacını karşılayan bir kojenerasyon merkezi ve otobüs geliştirme merkezi de bulunmaktadır.

Klasik bant üretiminin yerine akan bant ve sabit çalışma istasyonları (box) kombinasyonunun uygulandığı bu fabrikada, aynı anda farklı modellerin üretilmesinde sağlanan esnekliğin yanı sıra üretimde bekleme zamanları asgariye indirilebilmekte ve böylece üretim daha ekonomik hale getirilmektedir.

Mercedes-Benz Türk, dünyada ilk kez otobüs üretiminde hava yastığı teknolojisini Hoşdere Fabrikası'nda uygulamıştır. Ergonomik açıdan çalışma şartlarını çok olumlu etkileyen hava yastıklarından karoserilerin montaj istasyonları arasında nakillerinin

yanı sıra çeşitli montaj işlerinde de yararlanılmaktadır. Hoşdere Otobüs Fabrikası, gerek seçilen teknoloji ve sistemler açısından, gerekse alınan özel önlemler ve arıtma tesisleri ile çevre koruma açısından da örnek bir tesistir. Mercedes-Benz Türk bugün otobüs üretiminde yaklaşık 2.400 personel istihdam etmektedir.

Şehirlerarası otobüsler Travego, Intouro ve yeni Tourismo ile şehiriçi otobüs yeni Conecto Hoşdere Fabrikası'nda üretilmektedir.

Tüm uluslararası kalite standartlarına uygun olan bu otobüslerin % 65'i başta Batı Avrupa ülkeleri olmak üzere 73 ülkeye ihraç edilmektedir.

Yıllık üretim kapasitesi 4000 otobüs olan Hoşdere Otobüs Fabrikası'nda toplam €150 milyon tutarında yatırım yapılmıştır. Fabrika, 360.000 m²'lik bir arazi üzerinde 127.000 m² kapalı alana sahiptir.

Aksaray Kamyon Fabrikası:

Mercedes-Benz Türk'ün Aksaray ilindeki kamyon fabrikası 1986 yılında üretime başladı. Aradan geçen sürede bu fabrikada üretilen 100.000 adedi aşkın çeşitli tonajlarda kamyon öncelikle iç pazarda satılmıştır.

Günümüzde yaklaşık 1.350 çalışanı olan Aksaray Kamyon Fabrikası'nda hafif sınıf kamyonlar ATEGO 1215 C ve ATEGO 1517 C, ağır sınıf nakliye araçları AXOR 3228 C, AXOR 3240 C, AXOR 2523 C, AXOR 2528 C, AXOR 2628 CL, AXOR 2640 CL, çekiciler AXOR 1835 LS ve AXOR 1840 LS, inşaat araçları AXOR 3028 B/K, AXOR 2528 K/KL, AXOR 1823 K, AXOR 1828 K, AXOR 3440 K, AXOR 4140 B, Unimog 4000 tipi araçlar üretilmektedir.

Bugün yıllık üretim kapasitesi 12.500 araç olan Aksaray Kamyon Fabrikası 558.117 m2'lik bir arazi üzerinde 80.000 m2 kapalı alanına sahip, katoforez astar boya havuzu, kaynak robotları gibi en üst düzeyde ürün kalitesini güvence altına alan birimleri de kapsayan bir üretim tesisidir.

Almanya'daki kamyon fabrikası ile aynı kalitede araç üreten Mercedes-Benz Türk Aksaray Fabrikası, 2001 yılında Orta ve Doğu Avrupa Ülkelerine ihracatı başlatmıştır. Daha sonra Batı Avrupa pazarlarına da kamyon satışına başlanmasıyla

Aksaray Fabrikası'ndan yapılan ihracat ivme kazanmış ve bugün 58 ülkeye yapılan kamyon ihracatı toplam 15.300 adede yükselmiştir.

Diğer taraftan ürünlerin ve ürün kalitesinin eşitlenmesiyle Mercedes-Benz Türk'ün yan sanayicileri Almanya'daki kamyon fabrikalarına da parça verme olanağına kavuşmuşlardır.

Genel Müdürlük:

Kuruluşundan bu yana Davutpaşa tesislerinde olan Mercedes-Benz Türk Genel Müdürlüğü, Ağustos 2007 sonunda İstanbul/Bahçeşehir'de yer alan yeni binasına taşınmıştır.

Saydamlık, işlevsellik, yalın çizgiler, ışık ve doğa ile uyum, beş kat üzerinde 11.200 m² büro alanına sahip olan bu tesisin mimari tarzını belirleyen ögelerdir.

Pazarlama Merkezi:

Mercedes-Benz Türk, ürettiği ve ithal ettiği araçlar satış öncesinde ihtiyaca, talebe ve kullanım özelliklerine göre verdiği danışmanlığı, satış sonrasında sağladığı eşsiz servis ve yedek parça hizmetiyle bütünleştirir.

Şirket, yurtiçinde sattığı araçların ekonomik ve verimli kullanımını sağlamak için teorik ve pratik eğitim, garanti ve tamir-bakım hizmetleri verir. Bu hizmetler yurtdışı satışları için de geçerlidir. Mercedes-Benz markasının dünya çapında mevcut servisleri, Mercedes-Benz Türk'ün ihraç ettiği tüm araçların hizmetindedir.

Mercedes-Benz Türk'ün tüm bu pazarlama, satış ve satış sonrası hizmetleri Pazarlama Merkezi'nden verilmektedir. Satış birimleri, araç teslim holleri, modern bir teknik eğitim merkezi, satış sonrası hizmetler bölümü ve eğitim atölyelerinin yanı sıra 28.000 m²'lik bir alanı kapsayan yedek parça deposu, toplam 52.000 m² kapalı alana sahip Pazarlama Merkezi'nin odak noktalarını oluşturmaktadır.

6.2 Test Kabini Yatırımının Tanıtımı

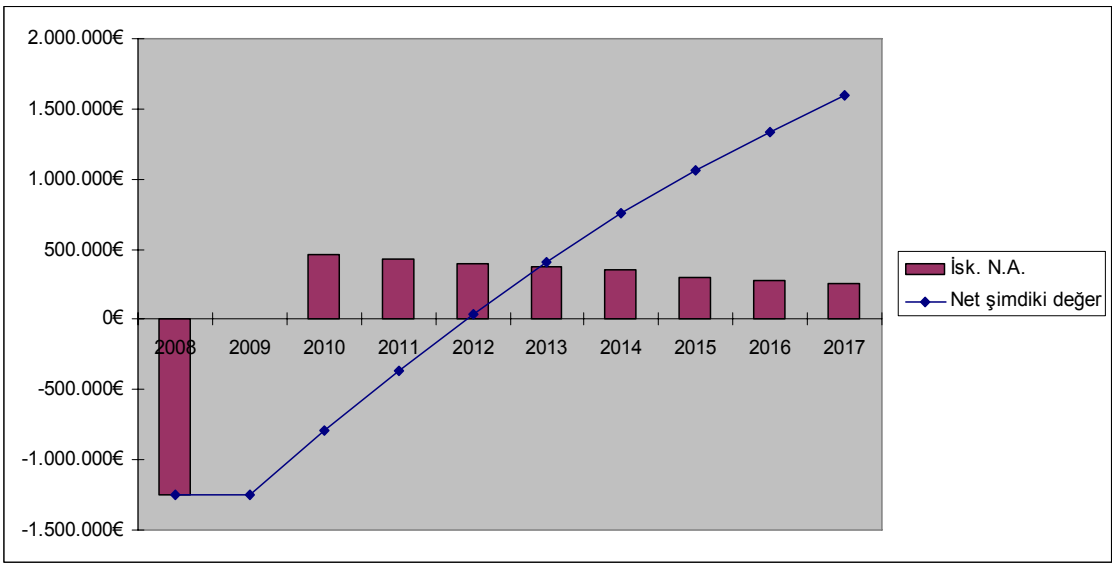
Firma son üç yıldır yıllık üretimini sürekli arttırarak geçen yıl yıllık üretimini 17.000 kamyona kadar çıkartmıştır. Üretilen bu kamyonların herbiri banttan çıktıktan sonra

bayilere sevkedilmeden bazı kontrollerden geçmektedirler. Bu kontroller yaklaşık bir saatlik bir deneme sürüşü ve yaklaşık araçbaşı ortalama 17 dakika süren takograf gibi bazı ölçüm cihazlarının kalibrasyonunu kapsamaktadır. Her araç belli fonksiyonların test edilebilmesi için E5 oto yoluna çıkarak Ankara yolunda yaklaşık 50 km yol yapılarak otoyolun en sağında aracın belli fonksiyonları test edilmektedir. Bu kontroller yapılırken ani frenler, vites değişiklikleri ve ani hızlanmalar yapılmaktadır. Ayrıca şöför bir yandan aracı kullanırken diğer yandan da aracın farklı bölgerine odaklanarak aracı kontrol ettiğinden dikkati dağılabilmektedir. Tüm bu sebepler de trafik güvenliğini tehdit etmektedir. Her yıl ufak ve orta çaplı kazalar olabilmektedir. Ayrıca yapılan kontroller şöförler tarafından araç sürülürken yapıldığından her fonksiyon test edilememektedir. Bunlarla beraber yerli araçlarda olmasa da ithal edilen araçların müşterilerin her yıl belli bir oranı lastikler test sırasında aşındığı için lastiklerin değişmesini talep etmekte ve bu da ek maliyetlere sebep olmaktadır.

Tüm bu sebeplerden dolayı kalite kontrol bölümü ve teknik planlama bölümü yetkilileri araçların Almanya' daki fabrikada olduğu gibi araçların bu iş için özel olarak geliştirilmiş test kabininde yapılması gerektiğini üst yönetime bildirmiştir. Üst yönetim de bu yatırımın fizibilitesinin yapılmasını istemiştir. Teknik planlama bölümü Almanya' daki üretici firmadan kabinin teknik bilgilerini, maliyetini ve bakım giderlerini öğrenmiştir. Bunların ışığında mevcut durumdaki testin toplam maliyetlerinin ve kabin testinin maliyetlerinin bir listesini gerekli açıklamalarla Mali Denetim (Controlling) bölümüne iletmiştir. Controlling bölümü de test kabininin yol testine göre getirdiği tasarruflarla ek maliyetlerin nakit akışını çıkartarak Yatırımın kendini geri ödeme süresini hesaplamıştır. Hesaplamaları farklı senaryolar için tekrarlamış ve bir rapor halinde üst yönetime bildirmiştir.

Çizelge 6.1: Test kabini fizibilitesi (yıllık üretim 17.000 adete göre.)

	Yıl	***2008***	***2009***	***2010***	***2011***	***2012***	***2013***	***2014***	***2015***	***2016***	***2017***
	Yıllık Üretim			20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
		Maliyet									
Net Yatırım		**1.250.000€**									
	Alan										
	Kabim										
	İnşaat ve hazırlık maliyetleri										
Tasarruflar				**641.691€**	**641.691€**	**641.691€**	**641.691€**	**641.691€**	**641.691€**	**641.691€**	**641.691€**
	Personelgiderleri)60 dak. Yerine 20 dak.			128.285€	128.285€	128.285€	128.285€	128.285€	128.285€	128.285€	128.285€
	Enerjigiderleri (15lt yerine 1.25 lt dizel)			278.906€	278.906€	278.906€	278.906€	278.906€	278.906€	278.906€	278.906€
				35.163€	35.163€	35.163€	35.163€	35.163€	35.163€	35.163€	35.163€
	Ek işçilik tamirat giderleri			3.000€	3.000€	3.000€	3.000€	3.000€	3.000€	3.000€	3.000€
				6.000€	6.000€	6.000€	6.000€	6.000€	6.000€	6.000€	6.000€
	Araçların trafiğe çıkış izin giderleri			6.400€	6.400€	6.400€	6.400€	6.400€	6.400€	6.400€	6.400€
	Testi tekrarlama maliyeti			5.615€	5.615€	5.615€	5.615€	5.615€	5.615€	5.615€	5.615€
	Kalibrasyon giderleri			47.950€	47.950€	47.950€	47.950€	47.950€	47.950€	47.950€	47.950€
	Geçici plaka ve sürücü sigorta giderleri			7.139€	7.139€	7.139€	7.139€	7.139€	7.139€	7.139€	7.139€
	Reklamasyon giderleri			123.233€	123.233€	123.233€	123.233€	123.233€	123.233€	123.233€	123.233€
Ek maliyetler				**47.733€**	**47.733€**	**47.733€**	**47.733€**	**47.733€**	**47.733€**	**47.733€**	**47.733€**
	Bakım onarım giderleri			10.400€	10.400€	10.400€	10.400€	10.400€	10.400€	10.400€	10.400€
	Enerji giderleri(elektrik)			37.333€	37.333€	37.333€	37.333€	37.333€	37.333€	37.333€	37.333€
Net Tasarruf				**593.958€**	**593.958€**	**593.958€**	**593.958€**	**593.958€**	**593.958€**	**593.958€**	**593.958€**
Doğrusal amortisman (5 yıl)				250.000€	250.000€	250.000€	250.000€	250.000€			
Amortismandan doğan vergi avantajı				50.000€	50.000€	50.000€	50.000€	50.000€			
Diğer tasarruflardan doğan ek vergi				118.792€	118.792€	118.792€	118.792€	118.792€	118.792€	118.792€	118.792€
	Toplam vergi			-68.792€	-68.792€	-68.792€	-68.792€	-68.792€	-118.792€	-118.792€	-118.792€
	Vergi sonrası nakit akışı	-1.250.000€	0€	***525.167€***	***525.167€***	***525.167€***	***525.167€***	***525.167€***	***475.167€***	***475.167€***	***475.167€***
	İskontolanmış vergi sonrası N.A.	-1.250.000€	0€	458.701€	428.692€	400.647€	374.436€	349.941€	295.910€	276.551€	258.459€
	Birikimli	-1.250.000€	-1.250.000€	-791.299€	-362.607€	38.040€	412.477€	762.417€	1.058.327€	1.334.878€	1.593.337€



Şekil 6.1 : 17.000 senaryosunun nakit akışı ve N.Ş.D grafiği

Şekil 6.1'de Mali Denetim bölümünün yatığı fizibilite senaryolarından biri görülmektedir. Bu senaryoda yıllık üretim 17.000 olarak alınmıştır ve kabin satın alma maliyeti ile inşaat ve kurulum giderleri toplamı 1.250 € olarak alınmıştır. Mali Denetim yıllık üretim adetlerinin 14.000, 17.000 ve 22.000 ve satın alma maliyeti ile kurulum giderlerini ise 1.250.000€ ve 1.500.000€ alarak toplam 6 senaryo çalışmıştır ve her birinin geri ödeme sunumlarını grafikte göstererek sunum hazırlamıştır. Şekil 6.2 de 17.000 adet ve 1.250.000 € ilk yatırımlı senaryonun iskontolanmış nakit akışı ve zamana bağlı olarak yatırım net şimdiki değeri grafikleri verilmiştir. Buna göre bu senaryonun geri ödeme süresi 4 yıldır. 6 senaryodan en iyisinin geri ödeme süresi 3.6 yıl en kötüsünün ise 4.8 yıl olarak belirlenmiştir. Şirketin yatırım politikalarına göre bu tarz bir makinenin yatırımını 3 yıl içinde ödemesi ilkesi benimsenmiştir. Hiç bir senaryonun geri ödeme süresi 3 yılın altında çıkmamıştır. Fabrika yöneticileri bu test kabini yatırımının gerekli olduğunda ısrarcı olmuşlardır ve yatırım kararı verilirken sayısallaştırılamayan pek çok etkenin daha karar mekanizmasına dahil edilmesi gerektiğini bildiren bir rapor hazırlamışlardır.

6.3 Örnek Modelin Uygulaması

6.3.1 Modelin Seçilme Nedeni

Fabrika yönetimin raporunda da değinildiği gibi yatırım kararında sayısallaştırılamayan fakat çok büyük önemi olan farklı kriterlerin hesaba alınamaması kullanılan modelin sonucunun tam anlamıyla şirketin faydasını en büyükleme yolunda en doğru sonucu verememektedir. Sayısallaştırılamadıkları halde güvenlik, imaj ve teknik kriterlerin ve bunların alt kriterlerinin de seçim karında etkisi hesaba katılmalıdır.

AHP yöntemi sayısallaştırılamayan kriterlerin karar mekanizmasına dahil edilmesinde en uygun yöntemlerdendir. Fakat değerlendirmeyi yapacak olan uzmanlar her zaman kıyaslamalarında tam bir sayı söyleyemeyebilirler. Uygulamada seçtiğimiz model uzmanlara ister bir sayı, ister bir aralık, isterlerse de bir bulanık sayı ile kıyaslama yapma esnekliğini sağlayarak işleri kolaylaştırmaktadır. Ayrıca farklı uzmanlara farklı ağırlıklar verilerek uzmanların uzmanlık derecelerini de hesaba katmış ve daha doğru seçim yapabilecek olan daha tecrübeli ve bilgili uzmanın seçiminin ortak kararı daha çok etkilemesinin sağlanması bu modelin seçilme sebeplerinden bir başkasıdır.

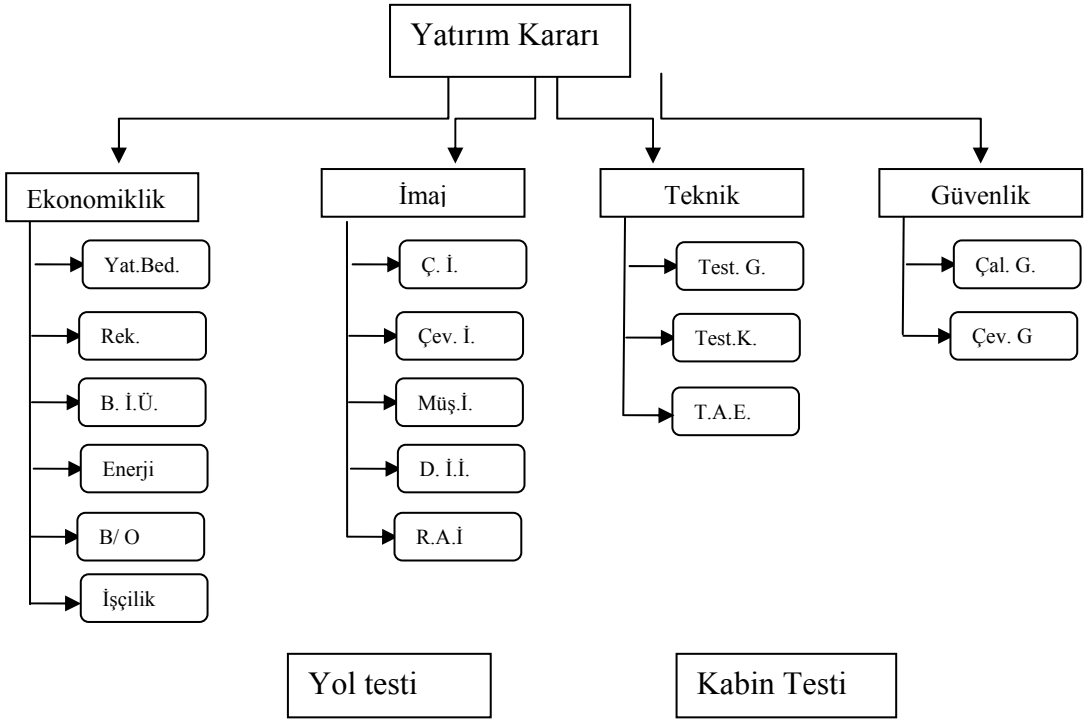
6.3.2 Hazırlık aşaması

Uygulamanın ilk adımı olan hazırlık adımında alternatif seçim modelini oluşturup değerlendirecek uzman kadronun seçilmesi vardır. Zeng' in modelinden farklı olarak uzmanların katılım faktörleri bu adımda değil faktör hiyerarşisi oluşturulduktan sonra verilecektir. Bunun sebebi de her uzmana tüm kriterler için tek bir katılım puanı yerine uzmanlık alanına yakın olan kriterlerde daha yüksek olacak şekilde her bir kriter için ayrı puan verilebilmesidir. Zeng in modeline göre diğer bir fark da faktör hiyerarşisini kuracak ve değerlendirecek uzman kadronun yanında bir de ana kriterleri bir birleriyle kıyaslama işini şirketin en tepesindeki direktörlerin yapmasıdır.

Uzman kadroya 2 teknik planlamacı 2 tanede Mali Denetim elemanı seçilmiştir. Mali Denetçilerden biri 9 yıldır şirkette çalışan yatırım analizi konusunda tecrübeli bir şef **(U_1)** diğeri ise 3 yıllık yine yatırım analizinde deneyimli bir elemandır **(U_2)**. Teknik planlamacıların da yine biri 12 yıllık şirketi, mevcut test sistemini ve Almanya' daki kabinli sistemi iyi bilen bir şef **(U_3) ,** diğeri ise teknik planlama da 3 yıldır çalışan orta seviyede deneyimli bir elemandır **(U_4)**

6.3.3 Bulanık üyelik fonsiyonunun belirlenmesi ve faktör hiyerarşisinin oluşturulması

Uzmanlar gurubu mevcut sistem ve önerilen sistem hakkındaki tüm bilgileri toparlayarak beraberce seçim kararını etkileyen tüm kriterleri ve bunlara bağlı alt kriterleri belirlemiştir ve faktör hiyerarşisini oluşturmuştur.



Şekil 6.2 : Faktör hiyerarşisi

Şekil 6.2'de uzmanların incelemeleri sonucu belirledikleri yatırım kararını etkileyecek tüm faktörler ve bu faktörlere ait tüm alt faktörler verilmiştir. Şekilde gösterilen kısaltmaları verilmiş olan faktörler ve bunların açıklamaları aşağıdaki gibidir:

- **Ekonomiklik faktörü:**

  - **Yatırım Bedeli (Yat. Bed):** Alternatiflerin ilk yatırım bedellerini temsil etmektedir. Yol testi için herhangi bir yatırım gerekmemektedir. Kabin testi için kullanılacak olan kabinin satın alma bedeli ve kurulum giderleri yaklaşık 1.000.000 € 'dur. Ayrıca bu kabinin kurulabilmesi için gerekli 500 m^2'lik kapalı alanın inşaası ve düzenlemesi için ilave 250.000 € gerekmektedir.

  - **Reklamasyon giderleri (Rek.):** Yol testi otoyolun en bozuk olan en sağ şeridinde yaklaşık 50 km yolu bol gazlı frenli giderek yapıldığından lastiklerde aşınmalar olabilmektedir. Bu aşınmalar iç piyasa müşterilerince katlanılabilir olsa da Avrupa piyasasından her yıl belli oranda reklamasyon gelmektedir. Her yıl bu sebepten yenilenen lastiklerin maliyetleri yaklaşık 125.000 € civarındadır. Kabin testi, fabrika içinde kapalı bir kabinin içinde lastikler dönen silindirler üzerinde dönerek olduğu yerde yapıldığından lastiklerde herhangi bir aşınma olmamaktadır ve herhangi bir reklamasyon gideri öngörülmemektedir.

  - **Bürokratik işlem ücretleri (B.U.I):** Yol testi için araçların trafiğe çıkabilmesi için gerekli bazı izin giderleri, geçici plaka ve şöförlerin sigorta giderleri toplam yıllık yaklaşık 20.000 € civarıdır. Kabin testinde ise araçlar trafiğe çıkmadığı için böylesi giderler ön görülmemiştir.

  - **Enerji giderleri:** Yol testinde araçlar test başına 15 lt dizel harcarken, kabin testinde buna karşılık sadece 1,25 lt dizel harcanmaktadır. Fakat buna ek olarak kabinin yıllık belli bir elektrik tüketimi vardır. Yol testinin yıllık yaklaşık 300.000 € yakıt gideri varken kabin testinin yaklaşık yıllık 65.000 € yakıt ve elektrik gideri vardır.

  - **Bakım, onarım giderleri (B/O):** Yol testine çıkan araçlar her yıl ufak tefek kazalar geçirmektedir. Bu kazalarda oluşan hasarlar ek işçilik ve parça değişimleri ile giderilmektedir. Bu giderler yıllık yaklaşık

38.000 € civarıdır. Kabin testinde bu tarz giderler olmasa da kabinin bakım onarım giderleri yıllık yaklaşık 10.000 € civarıdır.

- **İşçilik giderleri:** Yol testi yaklaşık 1 saat sürmektedir ayrıca araçtaki ölçüm aletlerinin kalibrasyonu için ise 17 dakika sürmektedir. Bunların toplam yıllık gideri yaklaşık 250.000 € dur. Kabin testi ise yaklaşık 20 dakika sürerken kalibrasyon 2 dakika sürmektedir. Bu giderlerse yıllık yaklaşık 65.000 € kadar tutmaktadır.

- **İmaj Faktörü:**

  - **Çalışan imajı (Ç.İ):** Bu alt faktör alternatiflerin çalışanlarda oluşturduğu etkiyi göstermektedir. Yol testine göre kabin testi çok daha ileri teknoloji içerdiği için kabin testine geçiş çalışanlarda şirket imajı güçlenecek ve şirketin çalışan gözündeki değeri artacaktır.

  - **Çevre imajı (Çev. İ):** Bu alt faktör, alternatiflerin fabrikanın çevresinde yaşayan insanların ve devlet kuruluşlarının gözündeki firmanın imajına etkilerini göstermektedir. Yol testi için yılda 17.000 araç Ankara yoluna çıkmaktadır. Bu da .evrede yaşayanların yaşam kalitesine olumsuz etkide bulunmaktadır. Devlet kuruluşları da trafik güveliği azaldığı için durumdan rahatsız olmaktadırlar. Bu durumdan kabin testine geçildiği zaman trafikten 17.000 araç çekilecektir. Bu çevrede yaşayanları da devlet kuruluşlarını da memnun edecek ve firmanın imajı sağlamlaşacaktır.

  - **Müşteri İmajı (Müş. İ):** Bu alt faktör alternatiflerin müşteri gözündeki şirket imajına etkilerini göstermektedir.Yol testinden kabin testine geçilince lastiklerde oluşan aşınmalar ortadan kalkacak ve müşterilerin gözündeki olumsuz etki ortadan kalkmaktadır. Ayrıca bu tarz yüksek teknoloji barındıran üniteler satışın argümanlarına eklenebilmekte ve satışın elini güçlendirmektedir.

  - **Daimler İçi İmaj (D.İ.İ):** Daimler' in farklı ülkelerde aynı ürünleri üreten fabrikaların arasında gizli bir rekabet vardır. Wörth fabrikası

kabinde test yaparken Aksaray yolda test yapınca fabrika prestij kaybına uğramaktadır.

- **Rakipler arası imaj (R.A.İ):** Bu alt kriter alternatiflerin firmanın rakipleri arasındaki imajına etkisini göstermektedir**.** Mercedes pazar lideri olduğu için rakipleri arasındaki imajına da önem vermektedir. Pazar liderliği imajını koruması için kabin testi yapması olumlu olacaktır.

- **Teknik Faktör:**

  - **Test güvenirliği (Test G.):** Bu alt kriter yapılan testin sonuçlarının doğruluk seviyesini vermektedir. Kabin testi bilgisayar ortamında aracın elektronik sistemlerine gönderilen sinyallerle yapıldığından elde edilen değerler yol testinde şöförün basit gözlemlerine dayanan testinden daha doğru sonuç vermektedir. Örneğin belli viteste belli yükle belli eğimde giderken ani frene basılınca ABS sisteminin öngörülen şekilde frenleme yapıp yapmadığını şöför tam tespit edemezken kabin testinde tam olarak olması gerekenle ölçülen değerler kıyaslanıp ölçülenin kabul edilebilir olup olmadığı anlaşılabilir.

  - **Test kapsamı (Test K):** Bu alt kriter test sırasında araçta test edilen fonksiyonların çeşitliliğini göstermektedir. Basit gözleme dayalı yol testi çok kısıtlı temel şeyleri gözlemlerken. Kabin testinde araçta test edilmesi gereken her türlü elektronik, pünomatik, hidrolik kapsam objektif şekilde ölçülüp test edilmektedir.

  - **Testin Adet Esnekliği (T.A.E):** Bu alt faktör test alternatiflerinin üretim adetlerindeki dalgalanmalara karşı sahip oldukları esnekliği göstermektedir. Yol testi için yaklaşık 17.000 araç üretilirken 6 şöför çalıştırılmaktadır. Adetler 14.000' e düşerse şöförlerden birine ihtiyaç kalmayacaktır; fakat çalışanı istendiğinde işten çıkarmak mümkün değildir. Üretim adedi 20.000' e çıktığında ise 7 şöföre ihtiyaç olacaktır. Kabin testinde ise 25.000 araca kadar tek bir teknisyenle

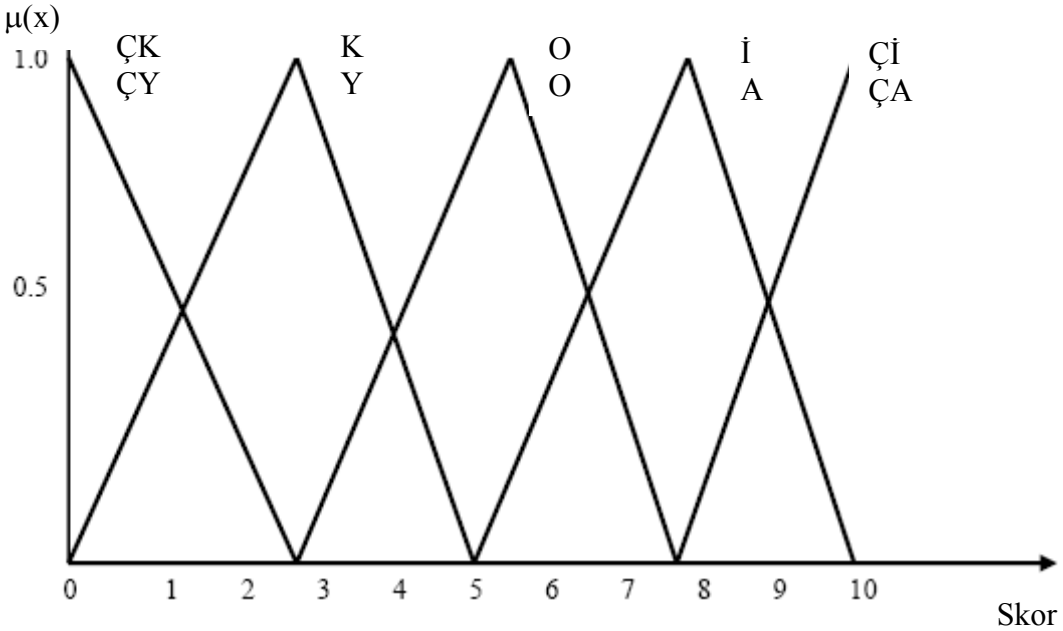
sorunsuz testler yapılabilmektedir. Kabin yol testine göre daha esnektir.

- **Güvenlik Faktörü:**

  - **Çalışan güvenliği (Çal. G.):** Yol testinde Mercedes'in 6 çalışanı sürekli araç başında yollardadır. Araçlar test edldiği için irili ufaklı kazalarda olabilmektedir. Kabin testinde kaza riski olmadığı için çalışan güvenliği sorunu da yoktur.

  - **Çevre güvenliği (Çev. G.):** Bu alt kriterden kasıt alternatiflerin çevredekilerin güvenliğine etkileridir.Yol testinde hergün trafiğe yaklaşık 65 araç çıkmaktadır ve araçlar test edilirken ani hızlanma, ani frenler yapmaktadırlar. Bu durumda kaza riskini arttırmaktadır. Kabin testinde böylesi bir durum olmadığından çevre güvenliğine olumsuz bir etkisi yoktur.

Faktör hiyerarşisi oluşturulduktan sonra faktörlerin bulanık puanlarının ölçülmesinde kullanılacak sözel terimlerin ve bunların bulanık sayı karşılıklarının bulunabilmesi için üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada aşağıdaki üyelik fonksiyonu kullanılacaktır.



Şekil 6.3 : Değerlendirmede kullanılacak üyelik fonksiyonları

Burada ÇK: çok kötü, ÇY: çok yüksek, K: kötü, Y: yüksek, O: orta, İ: iyi, A: alçak, Çİ: çok iyi, ÇA: çok alçak. Bu terimlerin bulanık sayı karşılıkları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Çizelge 6.2: Sözel terimlerin bulanık sayı karşılıkları

ÇK	ÇY	(0, 0, 2,5)
K	Y	(0, 2,5, 5)
O	O	(2,5, 5, 7,5)
İ	A	(5, 7,5, 10)
Çİ	ÇA	(7,5, 10, 10)

6.3.4 Uzmanların katılım faktörlerinin belirlenmesi

Modelimizde Zeng ‘ in modelinde bazı değişiklikler yapılmıştır. Zeng ve diğ. Modellerinde tüm değerlendirmeler için uzmanlarına tek bir katılım faktörü vermiştir. Bu çalışmada geliştirilen model de ise uzmanlara uzmanlık alaları farklılıklarından dolayı Faktörlere bağlı alt faktörlerin puanlanmasında ve ikili karşılaştırılmalarında farklı katılım faktörleri tanımlanmıştır. Ana faktörleri ise seçilen uzman gurup değil şirketin stratejik kararlarını alan direktörleri değerlendirmişlerdir. Satış, fabrika ve finans direktörleri ve direktörler kurulu başkanı ana faktörleri karşılaştırmışlardır. Direktörlere 0,25 ‘ er puan verilmiştir.

Uzmanlara ise ikişer tane katılım faktörü atanmıştır. Controlling’den gelen uzmanlar ekonomiklik kavramına daha hakim olduklarından bu faktörün altındakiler kıyaslanırken planlamacılara göre daha yüksek katılım faktörleri atanmıştır. İmaj, Güvenlik ve Teknik faktörlerde ise planlamacılar daha hakim olduklarından daha yüksek katılım faktörleri almışlardır. Katılım faktörleri aşağıdaki gibidir.

Ekonomiklik faktörü katılım faktörleri: U_1:0,35; U_2; 0,3; U_3: 0,2; U_4: 0,15

Diğer faktörlerin katılım faktörleri: U_1:0,2; U_2; 0,2; U_3: 0,35; U_4: 0,25

6.3.5 Alternatiflerin toplam bulanık skorlarının hesaplanması

Toplam bulanık skorların hesaplanabilmesi için ilk olarak uzmanlar 4 faktörün altındaki toplam 16 alt faktörün her bir alternatif için değerlendirmişlerdir ve her bir alt kriterin her bir uzmandan aldıkları puanlar uzman ağırlıkları ile çarpılıp

toplanmıştır ve her bir alt faktörün toplam bulanık puanı hesaplanmıştır. Daha sonra ise ana kriterlerin ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. İlgili değerler aşağıdaki tablolarda görülmektedir.

Çizelge 6.3: Yol testi için alt faktörlerin skorları.

		0,35						0,3						0,2						0,15						Faktöerlerin Bulanık Toplam Puanları
		U1						U2						U3						U4						
		Skor	Dönüştürülmüş değerler					Skor	Dönüştürülmüş değerler					Skor	Dönüştürülmüş değerler					Skor	Dönüştürülmüş değerler					
Ekonomiklik	Yatırım bedeli	ÇA	7,5	10	10	10	(7,5, 10, 10, 10)	9, 10	9	9	10	10	(9, 9, 10, 10)	9 10	9	9	10	10	(9, 9, 10, 10)	A 9	8	9	9	10	(8, 9, 9, 10)	(8,325, 9,35, 9,85, 10)
	Reklamasyon	ÇY	0	0	0	2,5	(0, 0, 0, 2,5)	Y	0	2,5	2,5	5	(0, 2,5, 2,5, 5)	ÇY	0	0	0	2,5	(0, 0, 0, 2,5)	ÇY	0	0	0	2,5	(0, 0, 0, 2,5)	(0, 0,75, 0,75, 3,25)
	Bürokratik işlem ücretleri	1	1	1	1	1	(1, 1, 1, 1)	1	1	1	1	1	(1, 1, 1, 1)	ÇY	0	0	0	2,5	(0, 0, 0, 2,5)	Y	0	2,5	2,5	5	(0, 2,5, 2,5, 5)	(0,65, 1,025, 1,025, 1,9)
	Enerji	Y	0	2,5	2,5	5	(0, 2,5, 2,5, 5)	Y	0	2,5	2,5	5	(0, 2,5, 2,5, 5)	1 3	1	2	2	3	(1, 2, 2, 3)	2 3	2	2	3	3	(2, 2, 3, 3)	(0,5, 2,325, 2,475, 4,3)
	Bakım/Onarım	2,3,4	2	3	3	4	(2, 3, 3, 4)	3	3	3	3	3	(3, 3, 3, 3)	3 4	3	3	4	4	(3, 3, 4, 4)	o	2,5	5	5	7,5	(2,5, 5, 5, 7,5)	(2,575, 3,3, 3,5, 4,225)
	İşçilik	Y	0	2,5	2,5	5	(0, 2,5, 2,5, 5)	2	2	2	2	2	(2, 2, 2, 2)	1 2	1	3	3	2	(1, 3, 3, 2)	1 1	1	1	1	1	(1, 1, 1, 1)	(0,95, 2,225, 2,225, 2,9)
		0,2						0,2						0,35						0,25						
Güvenlik	Çevre Güvenliği	K	0	2,5	2,5	5	(0, 2,5, 2,5, 5)	K	0	2,5	2,5	5	(0, 2,5, 2,5, 5)	ÇK	0	0	0	2,5	(0, 0, 0, 2,5)	ÇK	0	0	0	2,5	(0, 0, 0, 2,5)	(0, 1,625, 1,625, 4,125)
	Çalışan Güvenliği	O	2,5	5	5	7,5	(2,5, 5, 5, 7,5)	O	2,5	5	5	7,5	(2,5, 5, 5, 7,5)	1 3	1	2	2	3	(1, 2, 2, 3)	1 2	1	1	2	2	(1, 1, 2, 2)	(1,975, 3,8, 3,95, 5,775)
Teknik	Testin Güvenirliği	O	2,5	5	5	7,5	(2,5, 5, 5, 7,5)	O	2,5	5	5	7,5	(2,5, 5, 5, 7,5)	K	0	2,5	2,5	5	(0, 2,5, 2,5, 5)	K	0	2,5	2,5	5	(0, 2,5, 2,5, 5)	(1,625, 4,125, 4,125, 6,625)
	Testin Kapsamı	O	2,5	5	5	7,5	(2,5, 5, 5, 7,5)	K	0	2,5	2,5	5	(0, 2,5, 2,5, 5)	ÇK	0	0	0	2,5	(0, 0, 0, 2,5)	A 1	0	1	1	2	(0, 1, 1, 2)	(0,875, 2,65, 2,65, 4,925)
	Testin Adet Esnekliği	O	2,5	5	5	7,5	(2,5, 5, 5, 7,5)	O	2,5	5	5	7,5	(2,5, 5, 5, 7,5)	2 3	2	2	3	3	(2, 2, 3, 3)	2 3	2	2	3	3	(2, 2, 3, 3)	(2,325, 3,95, 4,3, 5,925)
İmaj	Çalışan İmajı	O	2,5	5	5	7,5	(2,5, 5, 5, 7,5)	O	2,5	5	5	7,5	(2,5, 5, 5, 7,5)	O	2,5	5	5	7,5	(2,5, 5, 5, 7,5)	8 O	2,5	5	5	7,5	(2,5, 5, 5, 7,5)	(2,5, 5, 5, 7,5)
	Çevre İmajı	O	2,5	5	5	7,5	(2,5, 5, 5, 7,5)	O	2,5	5	5	7,5	(2,5, 5, 5, 7,5)	K	0	2,5	2,5	5	(0, 2,5, 2,5, 5)	9 K	0	2,5	2,5	5	(0, 2,5, 2,5, 5)	(1,625, 4,125, 4,125, 6,625)
	Daimler içi imaj	K	0	2,5	2,5	5	(0, 2,5, 2,5, 5)	O	2,5	5	5	7,5	(2,5, 5, 5, 7,5)	ÇK	0	0	0	2,5	(0, 0, 0, 2,5)	9 K	0	2,5	2,5	5	(0, 2,5, 2,5, 5)	(0,75, 2,75, 2,75, 5,25)
	Müşteri imajı	K	0	2,5	2,5	5	(0, 2,5, 2,5, 5)	K	0	2,5	2,5	5	(0, 2,5, 2,5, 5)	ÇK	0	0	0	2,5	(0, 0, 0, 2,5)	9 ÇK	0	0	0	2,5	(0, 0, 0, 2,5)	(0, 1,625, 1,625, 4,125)
	Rakipler arası imaj	O	2,5	5	5	7,5	(2,5, 5, 5, 7,5)	O	2,5	5	5	7,5	(2,5, 5, 5, 7,5)	K	0	2,5	2,5	5	(0, 2,5, 2,5, 5)	9 O	2,5	5	5	7,5	(2,5, 5, 5, 7,5)	(2, 4,5, 4,5, 7)

Çizelge B.3 deki ana faktörlerin ikili karşılaştırma değerlerinden denklem 5.18 kullanılarak bulanık değerlere karşılık gelen net değerler bulunur. Netleştirilmiş karşılaştırma değerlerinden denklem 5.20 kullanılarak ana faktörlerin ağırlıkları bulunmuştur.

Çizelge 6.4: Netleştirilmiş ikili karşılaştırmalar matrisi ve faktör ağırlıkları

	Netleştirilmiş değerler matrisi				Faktör Ağırlığı
Ekonomiklik	1,00	9,25	4,25	2,75	0,57
Güvenlik	0,11	1,00	0,36	0,16	0,05
Teknik	0,24	2,81	0,47	0,50	0,12
İmaj	0,36	6,37	2,01	1,00	0,26

Yukarıda ana faktörler için yapılan ikili karşılaştırmalar ve ağırlık hesaplamaları alt faktörler için de yapılmış ve alt faktörlerin bağlı oldukları faktörün içindeki ağırlıkları hesaplanmıştır. Aşağıdaki tabloda örnek olarak güvenlik faktörünün altındaki alt faktörlerin ikili karşılaştırmaları verilmiştir.

Çizelge 6.5: Güvenlik faktörünün alt faktörlerinin ikili karşılaştırma matrisi

		Çevre Güvenliği Scale	Çevre Güvenliği STFN	Çalışan Güvenliği Scale				Çalışan Güvenliği STFN
Çevre Güvenliği	E1			**0,50 1,00**	0,5	0,5	1,00	1,00	**(0,5, 0,5, 1, 1)**
	E2			**0,50 0,50**	0,5	0,5	0,50	0,50	**(0,5, 0,5, 0,5, 0,5)**
	E3			**1,00 1,00**	1	1	1,00	1,00	**(1, 1, 1, 1)**
	E4			**1,00 1,00**	1	1	1,00	1,00	**(1, 1, 1, 1)**
					0	0	0,00	0,00	**(0, 0, 0, 0)**
	Ağırlıklı ort.		1,000		0,800	0,800	0,900	0,900	**(0,8, 0,8, 0,9, 0,9)**
Çalışan Güvenliği	E1								
	E2								
	E3								
	E4								
	Ağırlıklı ort.								1,000

Tüm faktörler için yukarıda olduğu gibi alt faktörler ikili olarak karşılaştırılmıştır ve sonra bu karşılaştırma değerleri ana faktörlerin karşılaştırılmalarında yapıldığı gibi denklem 5.18 ile netleştirilmiş ve 5.20 kullanılarak alt faktörlerin ana faktör içindeki ağırlıkları bulunmuştur. Çizelge 6.6' da örnek olarak ekonomiklik ana faktörünün alt faktörlerinin netleştirilmiş karşılaştırma değerleri ve faktör içerisindeki ağırlıkları gösterilmiştir.

Çizelge 6.6: Ekonomiklik faktörünün alt faktörlerine ait net karşılaştırma değerleri ve faktör içi ağırlıkları

	Netleştirilmiş Karşılaştırma Değerleri						Faktör İçi Ağırlıklar
Yatırım bedeli	1,00	3,88	8,44	2,17	8,28	2,39	0,39
Reklamasyon	0,26	1,00	3,70	0,55	3,13	0,55	0,11
Bürokratik işlem ücretleri	0,12	0,27	1,00	0,18	0,76	0,16	0,03
Enerji	0,46	1,83	5,70	1,00	7,15	1,53	0,23
Bakım/Onarım	0,12	0,32	1,31	0,14	1,00	0,15	0,04
İşçilik	0,42	1,83	6,39	0,66	6,66	1,00	0,20

Bu adımdan sonra ise her bir alt faktörün ağırlığı, bağlı bulunduğu faktörün ağırlığı ve ilgili alt faktörün ilgili alternatif için aldığı toplam bulanık puanı çarpılır ve her bir alt faktörün ağırlıklandırılmış toplam bulanık puanları bulunmuştur. Bu puanların her biri toplanarak ilgili alternatifin nihai bulanık skoru hesaplanır.

Çizelge 6.7: Yol testi alternatifinin ve alt faktörlerinin toplam bulanık skorları

Faktör	Alt Faktör	Faktör Ağırlıkları	Alt Faktörlerin Faktör İçi Ağırlıkları	Alt Faktörlerin Ağırlıklandırılmış Toplam Bulanık Skorları			
Ekonomiklik	Yatırım bedeli	0,57	0,39	1,86	2,09	2,20	2,24
	Reklamasyon	0,57	0,11	0,00	0,05	0,05	0,21
	Bürokratik işlem ücretleri	0,57	0,03	0,01	0,02	0,02	0,04
	Enerji	0,57	0,23	0,06	0,30	0,32	0,55
	Bakım/Onarım	0,57	0,04	0,06	0,07	0,08	0,09
	İşçilik	0,57	0,20	0,11	0,25	0,25	0,33
Güvenlik	Çevre Güvenliği	0,05	0,46	0,00	0,04	0,04	0,10
	Çalışan Güvenliği	0,05	0,54	0,05	0,10	0,11	0,16
Teknik	Testin Güvenirliği	0,12	0,29	0,05	0,14	0,14	0,22
	Testin Kapsamı	0,12	0,57	0,06	0,17	0,17	0,32
	Testin Adet Esnekliği	0,12	0,14	0,04	0,07	0,07	0,10
İmaj	Çalışan İmajı	0,26	0,10	0,07	0,13	0,13	0,20
	Çevre İmajı	0,26	0,05	0,02	0,05	0,05	0,08
	Daimler içi imaj	0,26	0,29	0,06	0,21	0,21	0,40
	Müşteri imajı	0,26	0,44	0,00	0,19	0,19	0,47
	Rakipler arası imaj	0,26	0,12	0,06	0,14	0,14	0,22
Yol Testi Alternatifin Nihai Toplam Bulanık Skoru				**2,51**	**4,02**	**4,17**	**5,73**

Çizelge 6.8: Kabin testi alternatifinin ve alt faktörlerinin toplam bulanık skorları

Faktör	Alt Faktör	Faktör Ağırlıkları	Alt Faktörlerin Faktör İçi Ağırlıkları	Alt Faktörlerin Ağırlıklandırılmış Toplam Bulanık Skorları			
Ekonomiklik	Yatırım bedeli	0,57	0,39	0,11	0,15	0,19	0,42
	Reklamasyon	0,57	0,11	0,55	0,61	0,63	0,63
	Bürokratik işlem ücretleri	0,57	0,03	0,17	0,17	0,18	0,18
	Enerji	0,57	0,23	0,95	0,99	0,99	1,04
	Bakım/Onarım	0,57	0,04	0,11	0,12	0,12	0,14
	İşçilik	0,57	0,20	0,73	0,83	0,88	0,98
Güvenlik	Çevre Güvenliği	0,05	0,46	0,16	0,21	0,21	0,23
	Çalışan Güvenliği	0,05	0,54	0,18	0,23	0,23	0,26
Teknik	Testin Güvenirliği	0,12	0,29	0,27	0,32	0,32	0,32
	Testin Kapsamı	0,12	0,57	0,54	0,63	0,63	0,63
	Testin Adet Esnekliği	0,12	0,14	0,10	0,12	0,12	0,14
İmaj	Çalışan İmajı	0,26	0,10	0,20	0,25	0,25	0,25
	Çevre İmajı	0,26	0,05	0,11	0,12	0,12	0,12
	Daimler içi imaj	0,26	0,29	0,65	0,72	0,72	0,72
	Müşteri imajı	0,26	0,44	0,98	1,08	1,10	1,10
	Rakipler arası imaj	0,26	0,12	0,22	0,27	0,27	0,29
Kabin Testi Alternatifin Nihai Toplam Bulanık Skoru				**6,03**	**6,79**	**6,96**	**7,44**

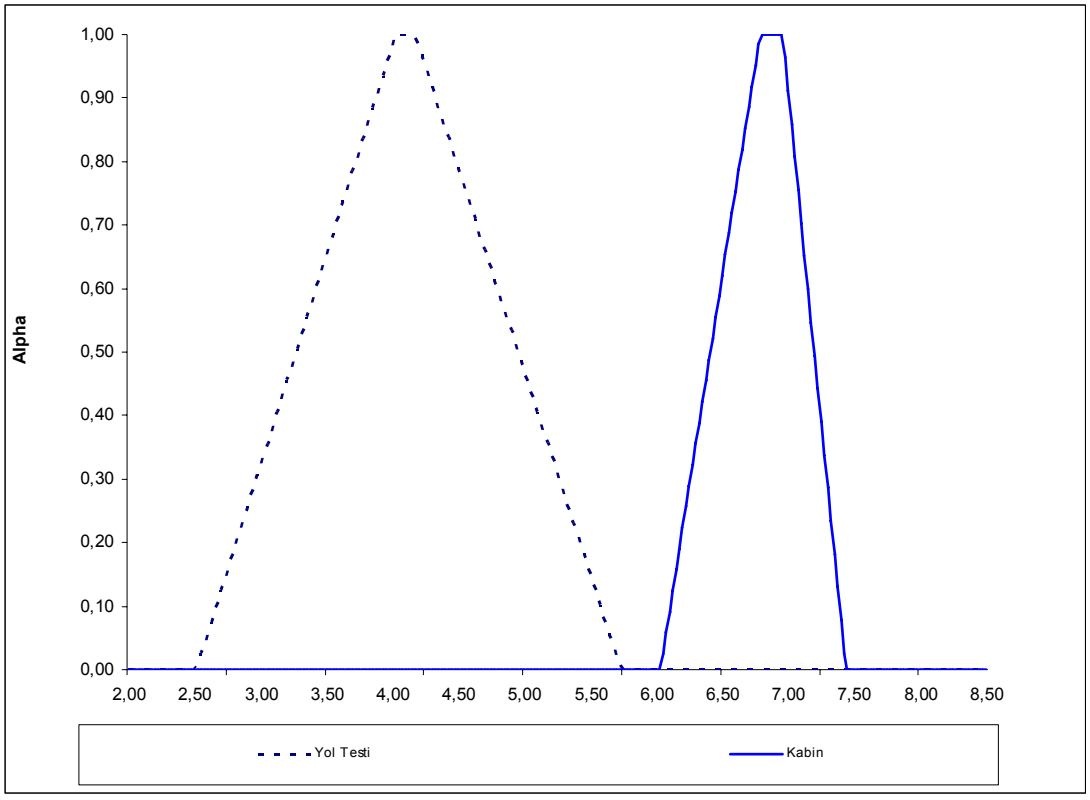
Çizelge 6.7 ve Çizelge 6.8'de de görüldüğü gibi iki alternatifin toplam bulanık skorları sırası ile (2,51; 4,02; 4,17; 5,73) ve (6,03; 6,79; 6,96; 7,44) olarak bulunmuştur.

6.3.6 Bulanık sonuç çıkartma

Alternatiflerin toplam bulanık sayıları hesaplandıktan sonra alternatiflerin kıyaslanıp daha iyi olanının seçilebilmesi için Tran and Duckstein tarafından geliştirilmiş olan nihai bulanık skor sıralama metodu kullanılmıştır.

Çizelge 6.9: Alternatiflerin D_{max} ve D_{min}'leri

Energy	a1	a2	a3	a4	Max	Min	Dmax	Dmin
Yol Testi	2,51	4,02	4,17	5,73	10	0	5,916	4,146
Kabin	6,03	6,79	6,96	7,44	10	0	3,207	6,808



Şekil 6.4 : Alternatiflerin nihai bulanık puanlarının grafiği

Alternatiflerimiz arasından kabin testinin D_{max} değeri en küçük ve D_{min} değeri en büyük olduğundan modelimiz bu alternatifin seçilmesini önermektedir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Organizasyonların yatırım kararlarını verirken alternatifleri iyiden kötüye sıralarken ve bunlar arasından en iyisini seçerken sadece sayısallaştırılabilen faktörleri değerlendirmeleri firmaları yanlış seçim yapmaya itebildiği için bu çalışmada firmalara ve yatırım kararlarında nihai kararı veren yönetim kadrosuna kararlarında hem tüm faktörleri göz önünde bulunduracakları hem de bilimsel temelleri olan standartları olan, yöneticiden yöneticiye değişmeyen bir karar verme modeli geliştirilmiş ve bu model uygulanmıştır.

Uygulamaya konu olan yatırım kararında bu model geliştirilmeden önce bir fizibilite çalışması yapılmış ve yol testinden kabin testine geçilmesi yatırımının kendini farklı senaryolar için yatırımın geri dönüş süresi 3.6 yıl ile 4.8 yıl arasında değişen değerler bulunmuştur. Bu tip yatırımlarda şirket geri ödeme süresi 3 yılı aşan yatırımlara genellikle olumsuz baktığı için ilk aşamada bu yatırımın yapılmaması fizibilite raporunda Mali Denetim tarafından önerilmiştir. Fakat fabrika yöneticileri bu yatırımın mutlaka yapılması konusunda ısrar etmişler ve imaj, güvenlik ve teknik faktörlerinin sayısallaştırılamadıkları halde yatırım kararında önemli yer tutuklarını bildirmilerdir ve şirketin üst yönetimini yatırımı yapmaya ikna etmişlerdir.

Geliştirilen model ise tek bir analizde tüm faktörleri ele alarak farklı uzmanların konulara hakimiyetleri oranında katılımları sağlanarak en sağlıklı şekilde değerlendirilmesini sağlamıştır. Böylece benzer durumlarda firmalar bu modeli kullanarak şirketlerinin faydasını en büyükleyen seçeneği tercih edebilecekler ve daha doğru karara daha hızlı ulaşabileceklerdir.

Uygulamada da bu böyle olmuştur. 4 uzman alternatifleri değerlendirmiş ve üst yönetim de faktörlerin ikili karşılaştırmasını yapmış ve en iyi olarak kabin testi ekonomiklik analizindeki uzun geri ödeme süresine rağmen seçilmiştir.

Sonuç olarak önerilen yöntem yatırım alternatiflerinin tüm faktörlerinin her açıdan ele alınarak en doğru şekilde değerlendirilmesini standart bir hale getirmiştir ve

firmaların bu tarz yatırım kararlarında bunun gibi bilimsel yöntemleri kullanarak karar vermeleri önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Aslan, N., 2005, "Analitik Network Prosesi", *Yüksek Lisans Tezi*, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik Anabilim Dalı, İstanbul.

Aşıkoğlu, R., 1994. Yatırım ve proje değerlendirmesi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.

Ayanoğlu, K., **Düzyol, C., İlter, N. Ve Yılmaz. C.,** 1996. Kamu yatırım projelerinin planlanması ve analizi, DPT, Ankara.

Bellman, R., Zadeh, L. A., 1970. Decision making in a fuzzy environment. *Management Science* 17B (4) 141-164.

Buckley, J.J., (1985), "Fuzzy Hierarchical Analysis", *Fuzzy Sets and Systems* 17, 233–247.

Büker, S., 1994. Yatırım ve proje değerlemesi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.

Chang, D.-Y., 1996. Application of the extent analysis on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research* 95, 649-655

Chen Chen-Tung., 2000; "Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment", *Fuzzy Sets and Systems,* Vol. **114**, pp. 1-9.

Chen Chen-Tung., 2001; "A Fuzzy Approach To Select The Location Of The Distribution Center", *Fuzzy Sets and Systems*, **118**, 65-73.

Chen, S.J., Hwang, C.L., Hwang, F.P. 1992. Fuzzy Multy Attribute Decision Making: Methods and Applications. pp;321-371

Chen S.J., Hwang Ching-Lai., 1992; Fuzzy Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, *Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.*

Cheng, C. H., Mon, D. L., 1994. Evaluating weapon system by AHP based on fuzzy scale. *Fuzzy Sets and Systems*, 63, 1-10

Chu Ta-Chung. 2002; "Facility LocationSelection Using Fuzzy TOPSIS Under Group Decision, *International Journal of Uncertainty*", Fuzziness and Knowledge-Based Systems, Vol. **10**, no. 6, pp. 687-701.

Çanlı, H., Kandakoğlu, A., 2007, "Hava Gücü Mukayesesi İçin Bulanık AHP Modeli", *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi* (Ocak, 2007) Cilt 3 Sayı 1, 71–82.

Duran, M., 2003. Teşvik yatırımları ve doğrudan sermaye yatırımları, Hazine Müsteşarlığı, Ankara.

Günay, M., 2001. Yatırım planlama. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İstanbul.

Güner, H., 2005 Bulanık AHP ve Bir İşletme İçin Tedarikçi Seçiminde Uygulanması, *Yüksek Lisans Tezi*, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstütüsü, Denizli.

Hwang. **C. L., Yoon, K.,** 1981. Multiple attribute decision making methods and applications: a state of art survey. Springer-Verlag, Berlin.

Jacquet-Lagreze, E. (1990). Interactive assessment of preferences using holistic judgements: The PREFCALC system. Readings in Multiple Criteria Decision Aid. pp. 335-350-11, Ed. Bana E Costa, C.A., Springer-Verlag, Heidelberg.

Kahraman, C. 1995 İleri İmalatTeknolojilerinin Ekonomik Analizi ve Esneklik Faktörünün Sayısallaştırılmasında Bulanık Kümeler Yaklaşımı. *Doktora Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Kahraman C., **Tolga E**., 1998. Mühendislik ekonomisinde bulanık küme uygulamaları ve bulanık eşdeğer düzgün yıllık nakit akışı analizi. *Galatasaray Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* Vol. **1**, no. 1, pp. 66-76.

Kaplan, S., 2007. Hava Savunma Sektöründe Tezgah Yatırım Projelerinin Bulanık AHP ile Değerlendirilmes, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstütüsü, Ankara.

Kirkwood, C.W., (1997). Strategic Decision Making: Multiobjective Decision Analysis with Spreadsheets. Duxbury Press, Wadsworth Publ. Co., Belmont.

Kleindorfer, P.R., Kunreuther, H.C. and Schoemaker, P.J.H., 1993: Decision Sciences: An Integrative Perspective. Cambridge University Press, Oakleigh.

Laarhoven, P.J.M.V., Pedrycz, W., 1983, "A Fuzzy Extension of Satty's Priority Theory", *Fuzzy Sets and Systems* 11, 229–241.

Miller, G. A., 1965. The magic number seven, plus or minus seven. *Psychological Review* 63, 81-97.

Opricovic, Sefarim and Tzeng, 2004, Gwo-Hshiung, Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS *European Journal of Operational Research*, Vol. **156**, no. 2, pp. 445-455.

Pamukçu, B., 2004. "Analitik Ağ Süreci ve Bir Uygulama", *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Ross, T.J., 1995. *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, Mc-Graww Hill, New York

Saaty, T.L. 1989. Hierarchical-Multyobjektive Systems. *Control Theory and Advanced Technology*, Vol. **5**, no.4, pp. 485-489.

Şen, Z., 2001. *Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri*. Bilge Kültür Sanat, İstanbul.

Topçu, Y.İ., 2000. Çok Ölçütlü Sorun Çözümüne Yönelik Bir Bütünleşik Karar Destek Modeli, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Estitüsü, İstanbul.

Tran L.,Duckstein L., 2002. Comparison of fuzzy numbers using a fuzzy distance measure. *Fuzzy sets and systems*, 130: 331-341

Triantaphyllou E., 2000, Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study, Kluver Academic Publishers, Dordrecht.

Yager, R. R., 1996. Fuzzy logic in the formulation of decision functions from linguatic specifications.

Yılmaz, S., 2006. Uçak Seçim Kriterlerinin Değerlendirilmesinde AHP ve Bulanık AHP uygulaması, *Yüksek Lisans Tezi*, YTÜ Fen Bilimleri Enstütüsü, İstanbul.

Zadeh,L. A., 1965 Fuzzy sets information and control, 8(3), 338-353

Zeng J, An M, Smith NJ., 2007 Application of a fuzzy based decision making methodology to construction project risk assessment. *International Journal of Project Management*, Vol. **25**, pp. 589-600

Zimmermann, H. J., 1994. Fuzzy SetsTheory and Its Applications. İkinci Baskı, Kluwer Academic Publishers, Boston.

Url-1 http://www.isl.itu.edu.tr/ya>, alındığı tarih 22.10.2008

Url-2 http://www.deu.edu.tr/userweb/k.yaralioglu>, alındığı tarih 10.09.2008

EKLER

EK A: Test kabini resimleri

EK B: Uygulama modelinin sonuç hesaplamasında kullanılan tablolar.

EK A: Test kabini resimleri



Şekil A.1 : Test kabini 8x4 aracını test ederken



Şekil A.2 : Test kabini boş iken

EK B: Uygulama modelinin sonuç hesaplamasında kullanılan tablolar.

Çizelge B.1: : Ana kriterlerin bir birlerine göre ağırlıkları

		Ekonomiklik		Güvenlik						Teknik							İmaj						
		Scale	STFN	Scale					STFN	Scale					STFN		Scale					STFN	
Ekonomiklik	E1			9,00	10,00	9,00	9,00	10,00	10,00	(9, 9, 10, 10)	3,00	5,00	3,00	4,00	4,00	5,00	(3, 4, 4, 5)	2,00	4,00	2,00	3,00	3,00	4,00	(2, 3, 3, 4)
	E2			9,00	10,00	9,00	9,00	10,00	10,00	(9, 9, 10, 10)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	(4, 4, 4, 4)	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00	(2, 2, 3, 3)
	E3			9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	(9, 9, 9, 9)	4,00	6,00	4,00	4,00	6,00	6,00	(4, 4, 6, 6)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	(3, 3, 3, 3)
	E4			9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	(9, 9, 9, 9)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	(4, 4, 4, 4)	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00	(2, 2, 3, 3)
						0,00	0,00	0,00	0,00	(0, 0, 0, 0)			0,00	0,00	0,00	0,00	(0, 0, 0, 0)			0,00	0,00	0,00	0,00	(0, 0, 0, 0)
	Aggregation		1,000			9,000	9,000	9,500	9,500	(9, 9, 9,5, 9,5)			3,75	4,00	4,50	4,75	(3,75, 4, 4,5, 4,75)			2,25	2,50	3,00	3,25	(2,25, 2,5, 3, 3,25)
Güvenlik	E1										0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	(0,33, 0,33, 0,33, 0,33)	0,14	0,13	0,14	0,14	0,13	0,13	(0,143, 0,143, 0,125, 0,125)
	E2										0,33	0,50	0,33	0,50	0,50	0,50	(0,33, 0,5, 0,5, 0,5)	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	(0,14, 0,14, 0,143, 0,143)
	E3										0,25	0,33	0,25	0,25	0,33	0,33	(0,25, 0,25, 0,33, 0,33)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	(0,167, 0,167, 0,167, 0,167)
	E4										0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	(0,33, 0,33, 0,33, 0,33)	0,17	0,20	0,17	0,17	0,20	0,20	(0,17, 0,17, 0,2, 0,2)
													0,00	0,00	0,00	0,00	(0, 0, 0, 0)			0,00	0,00	0,00	0,00	(0, 0, 0, 0)
	Aggregation								1,000				0,31	0,35	0,37	0,37	(0,31, 0,3525, 0,3725, 0,3725)			0,16	0,16	0,16	0,16	0,155, 0,155, 0,15875, 0,15875
Teknik	E1																	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	(0,33, 0,33, 0,33, 0,33)
	E2																	0,33	0,50	0,33	0,33	0,50	0,50	(0,33, 0,33, 0,5, 0,5)
	E3																	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	(0,5, 0,5, 0,5, 0,5)
	E4																	0,50	1,00	0,50	0,50	1,00	1,00	(0,5, 0,5, 1, 1)
																				0,00	0,00	0,00	0,00	(0, 0, 0, 0)
	Aggregation															1,000				0,42	0,42	0,58	0,58	(0,415, 0,415, 0,5825, 0,5825)
İmaj	E1																							
	E2																							
	E3																							
	E4																							
	Aggregation																							1,000

Çizelge B.2: Kabin testi için alt faktörlerin skorlar

		0,35 U1						0,3 U2						0,2 U3						0,15 U4						Faktöerlerin Bulanık Toplam Puanları
		Skor	Dönüştürülmüş değerler					Skor	Dönüştürülmüş değerler					Skor	Dönüştürülmüş değerler					Skor	Dönüştürülmüş değerler					
Ekonomiklik	Yatırım bedeli	ÇY	0	0	0	2,5	(0, 0, 0, 2,5)	1	1	1	1	1	(1, 1, 1, 1)	1 2	1	1	2	2	(1, 1, 2, 2)	A 1	0	1	1	2	(0, 1, 1, 2)	(0,5, 0,65, 0,85, 1,875)
	Reklamasyon	ÇA	7,5	10	10	10	(7,5, 10, 10, 10)	9, 10	9	9	10	10	(9, 9, 10, 10)	9 9	9	9	9	9	(9, 9, 9, 9)	9 9	9	9	9	9	(9, 9, 9, 9)	(8,475, 9,35, 9,65, 9,65)
	Bürokratik işlem ücretleri	8, 9	8	8	9	9	(8, 8, 9, 9)	9	9	9	9	9	(9, 9, 9, 9)	8 8	8	8	8	8	(8, 8, 8, 8)	9 9	9	9	9	9	(9, 9, 9, 9)	(8,45, 8,45, 8,8, 8,8)
	Enerji	6,7,8	6	7	7	8	(6, 7, 7, 8)	7	7	7	7	7	(7, 7, 7, 7)	9 9	9	9	9	9	(9, 9, 9, 9)	9 9	9	9	9	9	(9, 9, 9, 9)	(7,35, 7,7, 7,7, 8,05)
	Bakım/Onarım	5,6,7	5	6	6	7	(5, 6, 6, 7)	6	6	6	6	6	(6, 6, 6, 6)	5 5	5	5	5	5	(5, 5, 5, 5)	o	2,5	5	5	7,5	(2,5, 5, 5, 7,5)	(4,925, 5,65, 5,65, 6,375)
	İşçilik	A	5	7,5	7,5	10	(5, 7,5, 7,5, 10)	7	7	7	7	7	(7, 7, 7, 7)	8 9	8	8	9	9	(8, 8, 9, 9)	7 9	7	7	9	9	(7, 7, 9, 9)	(6,5, 7,375, 7,875, 8,75)
		0,2						0,2						0,35						0,25						
Güvenlik	Çevre Güvenliği	Çİ	7,5	10	10	10	(7,5, 10, 10, 10)	İ	5	7,5	7,5	10	(5, 7,5, 7,5, 10)	9 10	9	9	10	10	(9, 9, 10, 10)	10 9	8	9	9	10	(8, 9, 9, 10)	(7,125, 8,9, 9,1, 10)
	Çalışan Güvenliği	İ	5	7,5	7,5	10	(5, 7,5, 7,5, 10)	Çİ	7,5	10	10	10	(7,5, 10, 10, 10)	8 9	8	8	9	9	(8, 8, 9, 9)	8 8	8	8	8	8	(8, 8, 8, 8)	(6,8, 8,425, 8,625, 9,5)
Teknik	Testin Güvenirliği	Çİ	7,5	10	10	10	(7,5, 10, 10, 10)	9	9	9	9	9	(9, 9, 9, 9)	Çİ	7,5	10	10	10	(7,5, 10, 10, 10)	A 9	8	9	9	10	(8, 9, 9, 10)	(8,025, 9,55, 9,55, 9,7)
	Testin Kapsamı	Çİ	7,5	10	10	10	(7,5, 10, 10, 10)	9	9	9	9	9	(9, 9, 9, 9)	Çİ	7,5	10	10	10	(7,5, 10, 10, 10)	9 9	9	9	9	9	(9, 9, 9, 9)	(8,175, 9,55, 9,55, 9,55)
	Testin Adet Esnekliği	İ	5	7,5	7,5	10	(5, 7,5, 7,5, 10)	6,7	6	6	7	7	(6, 6, 7, 7)	8 8	8	8	8	8	(8, 8, 8, 8)	7 7	7	7	7	7	(7, 7, 7, 7)	(6,2, 7,075, 7,375, 8,25)
İmaj	Çalışan İmajı	Çİ	7,5	10	10	10	(7,5, 10, 10, 10)	Çİ	7,5	10	10	10	(7,5, 10, 10, 10)	8 9	8	8	9	9	(8, 8, 9, 9)	8 8	8	8	8	8	(8, 8, 8, 8)	(7,675, 9,3, 9,5, 9,5)
	Çevre İmajı	Çİ	7,5	10	10	10	(7,5, 10, 10, 10)	9	9	9	9	9	(9, 9, 9, 9)	9 9	9	9	9	9	(9, 9, 9, 9)	9 9	9	9	9	9	(9, 9, 9, 9)	(8,475, 9,35, 9,35, 9,35)
	Daimler içi imaj	Çİ	7,5	10	10	10	(7,5, 10, 10, 10)	9	9	9	9	9	(9, 9, 9, 9)	9 9	9	9	9	9	(9, 9, 9, 9)	9 9	9	9	9	9	(9, 9, 9, 9)	(8,475, 9,35, 9,35, 9,35)
	Müşteri imajı	Çi	7,5	10	10	10	(7,5, 10, 10, 10)	9	9	9	9	9	(9, 9, 9, 9)	9 10	9	9	10	10	(9, 9, 10, 10)	9 9	9	9	9	9	(9, 9, 9, 9)	(8,475, 9,35, 9,55, 9,55)
	Rakipler arası imaj	İ	5	7,5	7,5	10	(5, 7,5, 7,5, 10)	8	8	8	8	8	(8, 8, 8, 8)	Çİ	7,5	10	10	10	(7,5, 10, 10, 10)	9 9	9	9	9	9	(9, 9, 9, 9)	(7, 8,375, 8,375, 9,25)

Çizelge B.3: Ana faktörlerin ikili karşılaştırma matrisi.

		Ekonomiklik		Güvenlik						Teknik							İmaj						
		Scale	STFN	Scale					STFN	Scale					STFN		Scale					STFN	
Ekonomiklik	E1			9,00	10,00	9,00	9,00	10,00	10,00	(9, 9, 10, 10)	3,00	5,00	3,00	4,00	4,00	5,00	(3, 4, 4, 5)	2,00	4,00	2,00	3,00	3,00	4,00	(2, 3, 3, 4)
	E2			9,00	10,00	9,00	9,00	10,00	10,00	(9, 9, 10, 10)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	(4, 4, 4, 4)	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00	(2, 2, 3, 3)
	E3			9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	(9, 9, 9, 9)	4,00	6,00	4,00	4,00	6,00	6,00	(4, 4, 6, 6)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	(3, 3, 3, 3)
	E4			9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	(9, 9, 9, 9)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	(4, 4, 4, 4)	2,00	3,00	2,00	2,00	3,00	3,00	(2, 2, 3, 3)
						0,00	0,00	0,00	0,00	(0, 0, 0, 0)			0,00	0,00	0,00	0,00	(0, 0, 0, 0)			0,00	0,00	0,00	0,00	(0, 0, 0, 0)
	Ağırlıklı ort.		1,000			9,000	9,000	9,500	9,500	(9, 9, 9,5, 9,5)			3,750	4,000	4,500	4,750	(3,75, 4, 4,5, 4,75)			2,250	2,500	3,000	3,250	(2,25, 2,5, 3, 3,25)
Güvenlik	E1										0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	(0,33, 0,33, 0,33, 0,33)	0,14	0,13	0,14	0,14	0,13	0,13	(0,143, 0,143, 0,125, 0,125)
	E2										0,33	0,50	0,33	0,50	0,50	0,50	(0,33, 0,5, 0,5, 0,5)	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	(0,14, 0,14, 0,143, 0,143)
	E3										0,25	0,33	0,25	0,25	0,33	0,33	(0,25, 0,25, 0,33, 0,33)	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	(0,167, 0,167, 0,167, 0,167)
	E4										0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	(0,33, 0,33, 0,33, 0,33)	0,17	0,20	0,17	0,17	0,20	0,20	(0,17, 0,17, 0,2, 0,2)
													0,00	0,00	0,00	0,00	(0, 0, 0, 0)			0,00	0,00	0,00	0,00	(0, 0, 0, 0)
	Ağırlıklı ort.								1,000				0,31	0,35	0,37	0,37	(0,31, 0,3525, 0,3725, 0,3725)			0,155	0,155	0,159	0,159	(0,155, 0,155, 0,15875, 0,15875)
Teknik	E1																	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	(0,33, 0,33, 0,33, 0,33)
	E2																	0,33	0,50	0,33	0,33	0,50	0,50	(0,33, 0,33, 0,5, 0,5)
	E3																	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	(0,5, 0,5, 0,5, 0,5)
	E4																	0,50	1,00	0,50	0,50	1,00	1,00	(0,5, 0,5, 1, 1)
																				0,00	0,00	0,00	0,00	(0, 0, 0, 0)
	Ağırlıklı ort.															1,000				0,415	0,415	0,583	0,583	(0,415, 0,415, 0,5825, 0,5825)
İmaj	E1																							
	E2																							
	E3																							
	E4																							
	Ağırlıklı ort.																							1,000

Çizelge B.4: Ekonomiklik kriterinin alt kriterlerinin ikili karşılaştırılmaları

		Yatırım bedeli		Reklamasyon		Bürokratik işlem ücretleri		Enerji		Bakım/Onarım		İşçilik	
		Scale	STFN	Scale	STFN	Scale	STFN	Scale	STFN	Scale	STFN	Scale	STFN
Yatırım bedeli	E1			4 5 4 4 5 5	(4, 4, 5, 5)	9 9 9 9 9 9	(9, 9, 9, 9)	1 2 1 1 2 2	(1, 1, 2, 2)	9 9 9 9 9 9	(9, 9, 9, 9)	2,0 3,0 2,0 2,0 3,0 3,0	(2, 2, 3, 3)
	E2			4 6 4 5 5 6	(4, 5, 5, 6)	9 10 9 10 10 10	(9, 10, 10, 10)	1 2 1 2 2 2	(1, 2, 2, 2)	9 9 9 9 9 9	(9, 9, 9, 9)	2,0 3,0 2,0 3,0 3,0 3,0	(2, 3, 3, 3)
	E3			3 4 3 3 4 4	(3, 3, 4, 4)	8 8 8 8 8 8	(8, 8, 8, 8)	2 3 2 2 3 3	(2, 2, 3, 3)	8 8 8 8 8 8	(8, 8, 8, 8)	2,0 2,0 2,0 2,0 2,0 2,0	(2, 2, 2, 2)
	E4			3 3 3 3 3 3	(3, 3, 3, 3)	7 8 7 7 8 8	(7, 7, 8, 8)	2 3 2 2 3 3	(2, 2, 3, 3)	7 8 7 7 8 8	(7, 7, 8, 8)	2,0 3,0 2,0 2,0 3,0 3,0	(2, 2, 3, 3)
		1,000		3,4 3,6 4,2 4,4	(3,4, 3,6, 4,15, 4,35)	8 8 9 9	(8,15, 8,35, 8,6, 8,6)	2 2 3 3	(1,6, 1,8, 2,6, 2,6)	8 8 8 8	(8,15, 8,15, 8,4, 8,4)	2,0 2,2 2,7 2,7	(2, 2,2, 2,65, 2,65)
Reklamasyon	E1					3 3 3 3 3 3	(3, 3, 3, 3)	1 1 1 1 1 1	(0,5, 0,5, 0,5, 0,5)	3 4 3 4 3 4	(3, 4, 3, 4)	0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5	(0,5, 0,5, 0,5, 0,5)
	E2					3 4 3 3 4 4	(3, 3, 4, 4)	0 1 0 0 1 1	(0,33, 0,33, 0,5, 0,5)	4 4 4 4 4 4	(4, 4, 4, 4)	0,3 0,5 0,3 0,5 0,3 0,5	(0,33, 0,5, 0,33, 0,5)
	E3					4 4 4 4 4 4	(4, 4, 4, 4)	1 1 1 1 1 1	(0,5, 0,5, 0,5, 0,5)	2 3 2 2 3 3	(2, 2, 3, 3)	0,5 0,5 0,5 0,5 0,5 0,5	(0,5, 0,5, 0,5, 0,5)
	E4					3 5 3 4 4 5	(3, 4, 4, 5)	1 1 1 1 1 1	(0,5, 0,5, 1, 1)	3 3 3 3 3 3	(3, 3, 3, 3)	0,5 1,0 0,5 0,5 1,0 1,0	(0,5, 0,5, 1, 1)
			1,000			3 4 4 4	(3,35, 3,6, 3,8, 4,05)	0 0 1 1	(0,466, 0,466, 0,625, 0,625)	3 3 3 3	(2,85, 3,05, 3,2, 3,4)	0,5 0,5 0,6 0,6	(0,466, 0,5, 0,591, 0,625)
Bürokratik işlem ücretleri	E1							0 0 0 0 0 0	(0,17, 0,14, 0,17, 0,14)	1 1 1 1 1 1	(0,5, 1, 0,5, 1)	0,1 0,1 0,1 0,1 0,1 0,1	(0,13, 0,13, 0,13, 0,13)
	E2							0 0 0 0 0 0	(0,17, 0,17, 0,17, 0,17)	1 1 1 1 1 1	(0,5, 0,5, 0,5, 0,5)	0,1 0,2 0,1 0,2 0,1 0,2	(0,13, 0,17, 0,13, 0,17)
	E3							0 0 0 0 0 0	(0,167, 0,167, 0,2, 0,2)	1 1 1 1 1 1	(0,5, 0,5, 1, 1)	0,2 0,2 0,2 0,2 0,2 0,2	(0,17, 0,17, 0,17, 0,17)
	E4							0 0 0 0 0 0	(0,17, 0,17, 0,2, 0,2)	1 1 1 1 1 1	(1, 1, 1, 1)	0,2 0,2 0,2 0,2 0,2 0,2	(0,17, 0,17, 0,167, 0,167)
							1,000	0 0 0 0	0,16895, 0,16295, 0,188, 0,182)	1 1 1 1	(0,625, 0,725, 0,8, 0,9)	0,2 0,2 0,2 0,2	(0,15, 0,16, 0,15, 0,16)
Enerji	E1									7 8 7 8 7 8	(7, 8, 7, 8)	1,0 2,0 1,0 1,0 2,0 2,0	(1, 1, 2, 2)
	E2									6 8 6 7 7 8	(6, 7, 7, 8)	1,0 1,0 1,0 1,0 1,0 1,0	(1, 1, 1, 1)
	E3									7 8 7 7 8 8	(7, 7, 8, 8)	1,0 2,0 1,0 1,0 2,0 2,0	(1, 1, 2, 2)
	E4									6 7 6 6 7 7	(6, 6, 7, 7)	2,0 2,0 2,0 2,0 2,0 2,0	(2, 2, 2, 2)
								1		7 7 7 8	(6,55, 6,95, 7,35, 7,75)	1,3 1,3 1,8 1,8	(1,25, 1,25, 1,8, 1,8)
Bakım/Onarım	E1											0,1 0,1 0,1 0,1 0,1 0,1	(0,13, 0,13, 0,13, 0,13)
	E2											0,1 0,2 0,1 0,2 0,1 0,2	(0,13, 0,17, 0,13, 0,17)
	E3											0,1 0,2 0,1 0,1 0,2 0,2	(0,13, 0,13, 0,167, 0,167)
	E4											0,2 0,2 0,2 0,2 0,2 0,2	(0,17, 0,17, 0,167, 0,167)
										1		0,1 0,1 0,2 0,2	(0,14, 0,15, 0,15, 0,16)
İşçilik	E1												
	E2												
	E3												
	E4												
													1

Çizelge B.5: Teknik kriterinin alt kriterlerinin ikili karşılaştırılmaları

		Testin Güvenirliği		Testin Kapsamı							Testin Adet Esnekliği						
		Scale	STFN	Scale		STFN					Scale		STFN				
Testin Güvenirliği	E1			**0,33**	**0,50**	0,33	0,33	0,33	0,33	**(0,33, 0,33, 0,33, 0,33)**	**2,00**	**3,00**	2,00	2,00	3,00	3,00	**(2, 2, 3, 3)**
	E2			**0,50**	**0,50**	0,5	0,5	0,5	0,5	**(0,5, 0,5, 0,5, 0,5)**	**2,00**	**2,00**	2,00	2,00	2,00	2,00	**(2, 2, 2, 2)**
	E3			**0,33**	**0,50**	0,33	0,33	0,33	0,33	**(0,33, 0,33, 0,33, 0,33)**	**2,00**	**3,00**	2,00	2,00	3,00	3,00	**(2, 2, 3, 3)**
	E4			**0,33**	**0,50**	0,33	0,33	0,5	0,50	**(0,33, 0,33, 0,5, 0,5)**	**3,00**	**4,00**	3,00	3,00	4,00	4,00	**(3, 3, 4, 4)**
			1,000			0,364	0,364	0,407	0,407	**(0,364, 0,364, 0,4065, 0,4065)**			2,250	2,250	3,050	3,050	**(2,25, 2,25, 3,05, 3,05)**
Testin Kapsamı	E1										**3,00**	**3,00**	3,00	3,00	3,00	3,00	**(3, 3, 3, 3)**
	E2										**3,00**	**3,00**	3,00	3,00	3,00	3,00	**(3, 3, 3, 3)**
	E3										**2,00**	**4,00**	2,00	3,00	3,00	4,00	**(2, 3, 3, 4)**
	E4										**3,00**	**4,00**	3,00	3,00	4,00	4,00	**(3, 3, 4, 4)**
										1,000			2,650	3,000	3,250	3,600	**(2,65, 3, 3,25, 3,6)**
Testin Adet Esnekliği	E1																
	E2																
	E3																
	E4																
																	1,000

Çizelge B.6: İmaj kriterinin alt kriterlerinin ikili karşılaştırılmaları

| | | Çalışan İmajı | | Çevre İmajı | | | | | | | Daimler içi imaj | | | | | | |

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad:	**Emre Çevik**
Doğum Yeri ve Tarihi:	**İstanbul, 13.06.1982**
Adres:	**Florya Cad. No:22, Papatya Apt. B-Blok Daire:7 Bakırköy- İstanbul**
Lisans Üniversite:	**İstanbul Teknik Üniversitesi**