T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TERSANELERDE İNŞA EDİLECEK GEMİ TİPİ SEÇİMİNDE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

Orçun BALBAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Programı

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Eda TURAN

Temmuz, 2019

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TERSANELERDE İNŞA EDİLECEK GEMİ TİPİ SEÇİMİNDE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

Orçun BALBAŞ tarafından hazırlanan tez çalışması 22.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Eda TURAN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Eda TURAN, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Uğur Buğra ÇELEBİ, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. İsmail Hakkı HELVACIOĞLU, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi _____

Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Eda TURAN sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Tersanelerde İnşa Edilecek Gemi Tipi Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Orçun BALBAŞ

İmza

Aileme

ve

Biricik Eşime

TEŞEKKÜR

Akademik hayatıma yüksek lisans eğitimi ile devam ettiğim bu serüvende, tüm yüksek lisans eğitimim ve tez hazırlığım süresi boyunca benden yardımlarını esirgemeyen, tez çalışmamın tamamlanması için beni sürekli destekleyen, yönlendiren ve yol gösteren çok değerli danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Eda TURAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasında teknik açıdan beni yönlendiren, değerli bilgiler veren ve destekleyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Özge Nalan BİLİŞİK'e teşekkürlerimi sunarım.

Tüm zamanlarda yanımda oldukları gibi tez çalışmam aşamasında da beni destekleyen ve yardımlarını esirgemeyen tüm hocalarıma, arkadaşlarıma ve Sedef Tersanesi çalışanlarına şükranlarımı sunarım.

Her anımda yanımda hissettiğim ve koşulsuz sualsiz her zaman beni destekleyen, saran, kollayan, tükenmez sevgi ile beni kucaklayan ve haklarını ödeyemeyeceğim değerli ailemden annem Neşe BALBAŞ'a, babam Ali BALBAŞ'a, ablam Müge COŞKUN'a ve tanıştığımız ilk günden beri bana her anlamda koşulsuz güvenen, dert ortağım, neşe kaynağım ve hayat arkadaşım biricik eşim Tuğçe AYGÜN BALBAŞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Orçun BALBAŞ

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ ix

KISALTMA LİSTESİ x

ŞEKİL LİSTESİ xi

TABLO LİSTESİ xii

ÖZET xiii

ABSTRACT xv

1 Giriş 1

1.1 Literatür Özeti 1

1.2 Tezin Amacı 9

1.3 Hipotez 10

2 Proje ve Proje Yönetimi 11

2.1 Proje Kavramı 11

2.2 Projenin Özellikleri 12

2.3 Proje Yönetimi Kavramı 14

2.3.1 Proje Yönetimi Aşamaları 17

2.3.2 Proje Yönetimi Bileşenleri 18

3 Karar Verme Teorisi 21

3.1 Karar 21

3.2 Karar Verme 21

3.3 Karar Verme Süreci 25

3.3.1 Problemin ya da Projenin Tanımlanma Süreci 28

3.3.2 Alternatiflerin Araştırılması ve Değerlendirilmesi ... 32
3.3.3 Modelleme ve Çözüm Tekniğinin Bulunması ... 32
3.3.4 Seçim İşleminin Yapılması ... 33
3.3.5 Uygulama ... 34
3.3.6 Değerlendirme (Geri Bildirim) ... 34
3.4 Karar Verme Ortamları ... 35
3.4.1 Belirlilik Altında Karar Verme ... 36
3.4.2 Belirsizlik Altında Karar Verme ... 37
3.4.3 Risk Altında Karar Verme ... 39
3.4.4 Kısmi Bilgi Altında Karar Verme ... 39
3.4.5 Rekabet Altında Karar Verme ... 40
4 Karar Verme Yöntemleri ... 41
4.1 Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemleri (ÇAKV) ... 43
4.2 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKV) ... 44
4.2.1 Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ... 49
4.2.2 TOPSIS ... 64
5 Bulanık Mantık ... 69
5.1 Bulanık Kümeler ... 69
5.2 Bulanık Sayılar ... 70
5.2.1 Üçgensel Bulanık Sayılar ... 71
5.2.2 Yamuk Bulanık Sayılar ... 71
5.2.3 Bulanık Sayılarda İşlemler ... 72
5.3 Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (Fuzzy AHP) ... 73
5.3.1 Buckley Yaklaşımı ... 74
5.3.2 Buckley Tip 1 Yaklaşımı ... 78

5.4 Bulanık TOPSIS 82

6 Gemi Tipi Seçiminde Bulanık AHP ve TOPSIS Yöntemlerinin Uygulanması 87

6.1 Birleştirilmiş Bulanık Yöntemlerin Uygulama Adımları 88

6.2 Kriterler 92

6.2.1 Kar (K1) 92

6.2.2 Prestij (K2) 92

6.2.3 Adamxsaat Maliyeti (K3) 92

6.2.4 Pazar İhtiyacı (K4) 92

6.2.5 Tersane İnşa Kabiliyetine Uygunluk (K5) 93

6.2.6 Dış Kaynak Kullanım İhtiyacı (K6) 93

6.2.7 Test ve Garanti Süreçleri Maliyetleri (K7) 93

6.2.8 Proje Toplam Maliyeti (K8) 93

6.2.9 Proje Yönetim Zorluğu (K9) 93

6.2.10 Gelecek Getirileri (K10) 94

6.3 Alternatifler 94

6.4 Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS Yöntemlerinin Uygulanması 94

7 Sonuçlar ve Değerlendirme 107

Kaynakça 109

Tezden Üretilmiş Yayınlar 115

SİMGE LİSTESİ

W_{ij}	Ağırlıklar
$\widetilde{M}_n$	Bulanık Sayı
$\tilde{A}_n$	Bulanık Matris
$v_i^{\pm}$	Çözüm Noktası
d_v	İki Bulanık Sayı Arasındaki Uzaklık
C_i^+	Karar Noktası
A^-	Negatif İdeal Çözüm
S_i^-	Negatif İdeal Çözüme Uzaklık
R_{ij}	Normalize Edilmiş Karar Matrisi
λ	Özdeğer
A^+	Pozitif İdeal Çözüm
S_i^+	Pozitif İdeal Çözüme Uzaklık
$\mu_A(x)$	Sürekli Fonksiyon
CC_i	Yakınlık Katsayısı

KISALTMA LİSTESİ

ADL	Activities of Daily Life
AST	Alternate Step Test
AHP	Analytic Hierarchy Process
CPM	Critical Path Method
ÇAKV	Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemleri
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri
DEA	Data Envelopment Analysis
DWT	Deadweight ton
ELECTRE	Elimination and Choice Translating Reality English
PERT	Program Evaluation and Review Techniques
PMI	Project Management Institute
PROMETHEE	The Preference Ranking Organization Method for Enrichment
TEU	Twenty-foot Equivalent Unit
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity Ideal Solution
VIKOR	Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Proje yönetimi ana aşamaları 2
Şekil 3.1 Schermerhorn'un karar verme ve problem çözme süreci 24
Şekil 3.2 Liebowitz'in karar verme süreci 27
Şekil 3.3 Bilgi edinme süreci 31
Şekil 4.1 Çok kriterli karar verme yöntemlerinin genel yapısı 48
Şekil 5.1 Üçgen bulanık sayı 71
Şekil 5.2 Yamuk bulanık sayı 72
Şekil 6.1 Birleştirilmiş bulanık metotların uygulama akış şeması 91
Şekil 6.2 Gemi tipi seçimi hiyerarşik yapısı 95

TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1 Çok kriterli karar verme yöntemleri 48
Tablo 4.2 İkili karşılaştırma matrisi 58
Tablo 4.3 Karşılaştırma ölçeği 59
Tablo 4.4 RI değerleri 64
Tablo 5.1 Bulanık üçgen sayıların önem dereceleri 79
Tablo 6.1 Kriterleri değerlendirmede kullanılan dilsel ifadelerin üçgen bulanık sayı karşılıkları 89
Tablo 6.2 Alternatifleri kriterlere göre değerlendirmede kullanılan dilsel ifadelerin üçgen bulanık sayı karşılıkları 90
Tablo 6.3 Kriter ağırlıklarının ikili karşılaştırma matrisinde sözel ifadelerle gösterilmesi 96
Tablo 6.4 Durulaştırılmış edilmiş ikili karşılaştırma matrisi 96
Tablo 6.5 Kriter ağırlıklarının ikili karşılaştırma matrisinde üçgen bulanık sayılarla gösterilmesi 97
Tablo 6.6 İkili karşılaştırma matrisinin normalize edilmiş hali 98
Tablo 6.7 Kriter ağırlıkları 98
Tablo 6.8 Normalize edilmiş üçgen bulanık sayılar 99
Tablo 6.9 Alternatiflerin kriterlere göre sözel ifadelerle değerlendirilmesi 100
Tablo 6.10 Alternatiflerin kriterlere göre sözel ifadelerle değerlendirilmesi 102
Tablo 6.11 Normalize edilmiş ve kriter önem dereceleri ile çarpılmış üçgen bulanık sayılar 103
Tablo 6.12 FPIS ve FNIS değerleri 104
Tablo 6.13 FPIS ve FNIS değerlerinden uzaklıklar 105
Tablo 6.14 Yakınlık katsayıları 105

ÖZET

Tersanelerde İnşa Edilecek Gemi Tipi Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme

Orçun BALBAŞ

Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Eda TURAN

Her sektörde izlenebildiği gibi gemi inşaat sektöründe de modern yönetim anlayışıyla birlikte kurulan proje yönetim sistemleri, tersanelerin karmaşık iş akış süreçlerini planlayarak düzenli ve kontrollü bir şekilde yerine getirmeleri ile beraber üstlenilen projeleri istenilen süre, beklenilen kalite ve hesaplanan maliyette tamamlamalarına olanak sağlamaktadır. Uzun yıllardır tersanelerimiz Türk ve yabancı armatörlere anahtar teslim veya çelik tekne halinde büyük ve teknolojik alt yapıya sahip gemiler inşa etmeye başlamış ve bu süreçte planlamadan ve proje yönetim tecrübesi eksiklerinden kaynaklanan birtakım sıkıntıların oluştuğu görülmüştür. Tersanelerin birden çok farklı tipte ve adette gemi projesini eş zamanlı olarak sürdürmesi, büyüyen gemi tonajları ve boyutları, uluslararası projelerin ülkemize kazandırılması, sektörde büyüyen ihracat hacmi ve birçok gemi inşa yan sanayi firmasının aynı merkezden yönetilmeye çalışılması gibi nedenlerden ötürü karşılaşılabilecek problemleri önlemek için proje yönetim süreçlerinin düzenlenmesi ihtiyacı doğmuştur. Proje yönetiminin en önemli noktası olan, doğru

kararların doğru zamanda alınması gerekliliği nedeniyle tersaneler karar verme süreçlerini iyileştirilmesi çabası içerisine girmişlerdir.

Bu çalışmada, tersanelerin dünya pazarındaki rekabet ortamında başarılı olabilmelerini sağlamada, projenin başlangıcından bitimine kadar olan bütün karar verme süreçlerinde uygulayabilecekleri çok kriterli karar verme yöntemlerinden bulanık mantık ile sentezlenmiş bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanarak, özel bir tersanenin inşa edebileceği ideal gemi tipini belirleme uygulaması yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda, uzman karar vericilerin görüşleri ile belirlenen on adet kriter ile tersanenin daha önce tecrübe ettiği ve yeni pazara girmeye çalıştığı yedi adet alternatif gemi değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile tersanenin inşa etmesi ideal olan gemi tipi belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Bulanık AHP, bulanık TOPSIS, çok kriterli karar verme, gemi tipi seçimi, tersane

ABSTRACT

Multi-Criteria Decision Making for Vessel Type Selection in Shipyards

Orçun BALBAŞ

Department of Naval Architecture and Marine Engineering

Master of Science Thesis

Advisor: Assist. Prof. Dr. Eda TURAN

Project management systems established with modern management approach in shipbuilding sector as well as being able to be monitored in every sector, enable the shipyards to perform complex business processes by planning them regularly and to complete the projects in the expected time, quality and cost. For many years, our shipyards have started to construct large and technological vessels for Turkish and foreign ship owners as turnkey or hull construction and it has been observed that there are some problems arising from planning process. Due to some reasons such as the shipyards continue many types and numbers of ship projects at the same time, growing ship sizes and tonnages, bringing international projects to our country, growing expert volume in the maritime sector, trying to manage many shipbuilding suppliers from the same center that there is a need to organize project management processes in order to prevent the problems. As the most important point of the project management is the necessity of making the right decisions at the right time, the shipyards are starting to make improvements in decision-making processes.

In this study, in order to ensure the success of shipyards in the competitive environment in the world market fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods synthesized by fuzzy logic, which can be applied in all decision making processes from the

beginning of the project to the end of the project, are applied to determine the type of ideal ship that can be construct. For this purpose, seven alternatives that the shipyard has experienced and attempted to enter the new market have been evaluated with ten criteria determined by expert decision makers' opinions. With the results obtained, the ship type that is ideal for the construction of the shipyard has been determined.

Keywords: Fuzyy AHP, fuzy TOPSIS, multi-criteria decision making, determine the ship type, shipyard

1
Giriş

1.1 Literatür Özeti

Proje ve proje yönetimi kavramları ile ilgili ilk çalışmaların De La Hire tarafından 1699 yılında bir fabrikada çalışan işçilerin zaman kayıpları üzerine gözlem çalışmalarına dayandığı bilinse de, ilk bilimsel temelli araştırma ve çalışmalar Frederick W. Taylor'ın 1900'lü yılların başında "The Principles of Scientific Management" kitabını yayınlamasıyla yapılmıştır. Taylor bu kitabında De La Hire'ın literatüre kazandırdığı teoriden kazanımlar elde ettiğini belirtmiş ve bilimsel çalışmalar ile yönetim tekniklerinin incelenebileceğini ve geliştirilebileceğini göstererek proje yönetimi anlayışında değişiklikler meydana getirmiştir [1].

Ardından Taylor, 20. Yüzyıl ile beraber üreticilerin rekabet ortamında başarıyı yakalayabilmelerine yönelik verimlilik çalışmalarına devam etmiştir. Taylor, iş planlarını daha ayrıntı analiz ederek, çalışma ve iş süreçlerinin daha verimli hale gelmesini sağlayarak, seri üretim sistemlerinin değişimine etki eden, bilimsel yönetim prensiplerini geliştirmesinden başlayarak, tam zamanında üretim, yalın üretim, tedarik zinciri yönetimi ve altı sigma gibi kavramlar ile günümüze kadar gelmiştir [2].

Taylor ile başlayan bilimsel proje yönetim akımı, 1920'li yıllara yaklaşırken, günümüzde de çok yaygınca kullanılan "GANTT" şemaları Henry L. Gantt tarafından literatüre kazandırılmış ve GANTT şemaları bir süre sonra "PERT" (Program Evaluation and Review Techniques) ve CPM (Critical Path Method) yöntemlerinin temelini oluşturmuştur [3].

Günümüzde birçok disiplin altında proje yönetim araştırmalarına ve uygulanabilecek yeni model tasarımlarında çokça yer verilmektedir. Çünkü günümüzün işletmeleri ve şirketler büyük rekabetçi pazar içerisinde var olmak istiyorlarsa, sistemlerinin ve projelerinin yönetilebilirliğini güncel koşullara ve

yarışlara hazır etmek durumundadırlar. Bu da sektör ve üniversite araştırmacılarının bu konuya eğilimini arttırmaktadır. Ancak gemi inşaatı ve denizcilik sektörü ülkemizde bu kavramlara ve uygulamalara son 10 yılda büyük ilgi göstermeye başlamıştır. Diğer sektörlerden alınan seri üretim örnekleri uygulanmaya çalışılsa da, proje bazlı çalışma temeline dayanan bu sektörün gelişiminde istenilen etkiyi sağlayamamaktadır. Bu nedenle gemi inşaatı ve denizcilik sektörüne yönelik yapılan araştırmalar daha spesifik hale getirilmeli ve çalışma sayıları arttırılmalıdır.

Günümüz koşullarında her sektörde olduğu gibi gemi inşaatı sektöründe de modernize edilmiş yönetim anlayışıyla birlikte kurulan proje yönetim sistemleri, tersanelerin birbirine bağımlı dağınık faaliyetlerini planlanmış ve düzenlenmiş hale getirerek kontrollü bir şekilde uygulamaları; inşaatına başlanılan projeleri öngörülen süre, kalite ve maliyette bitirmelerini mümkün kılmaktadır. Yapılan çalışmada sorunların ana kaynağı olarak; proje yönetim sürecinin yeterince kavranamamış olmasından ve planlama kültürünün zayıflığından dolayı, direk proje (yönetim) planı ve risk planları hazırlanmadan uygulama aşamasına geçildiği tespit edilmiştir. Gök çalışmasında, sorunların proje (yönetim) planı ile çözüleceği savını ortaya atmış, planlanmış inşa süreçleri ile üretim tesislerinde kurumsallığı arttırarak etkin yönetim anlayışına kavuşmalarının ve proje(yönetim) planının sorunların çözümündeki önemi açıklamıştır [4].

Hali hazırda tersanelerimiz Türk ve yabancı armatörlere anahtar teslim veya sadece çelik tekne ve çelik donatımı yapılmış halde büyük ve multi-fonksiyonlu gemiler inşa etmeye başlamış ve bu süreçte planlama süreçlerinin eksikliğinden kaynaklanan birtakım sıkıntıların oluştuğu görülmüştür. Tersanelerin aynı anda birçok gemi projesini inşa edebilmesi, gemi boyutlarındaki büyüme, yabancı armatörlerle işbirliğinin artması, birçok gemi yan sanayi firmasının tek bir merkezden koordine edilmeye çalışılması gibi nedenlerden ötürü ve karşılaşılabilecek engelleri bertaraf etmek için tersanelerdeki üretim proseslerine bir düzen getirme ihtiyacı doğmuş ve üretim planlama konusuna gereken değer verilmeye başlanarak, bu eksiklik azaltılarak giderilmeye çalışılmıştır. Turan çalışmasında, planlamanın ve proje yönetiminin tersaneler için önem değerini belirtilip, bir Platform Destek Gemisi'nin

günümüz proje yönetim tekniklerinden CPM ile koordine edilmesine değinmiştir. Çalışma sonucunda, kritik yol metodunun prosesler arasındaki ilişkileri basit ve kolay anlaşılır bir şekilde belirtmesi nedeniyle gemi inşaatında kolaylıkla uygulanabilir olduğu ve gemi inşaatı sürecinde bazı proseslerde meydana gelen yavaşlama veya erteleme gibi nedenlerle oluşan darboğazların da CPM yöntemi ile planlanmış projelerde kolayca fark edilebilir olduğu görülmüştür [5].

Doğan'ın çalışmasında, PMI (Proje Yönetim Enstitüsü) tarafından yayınlanan proje yönetim standartlarının gemi inşaatı sektöründe uygulama alanının büyüklüğü incelenmiş ve getirileri tartışılmıştır. Uygulamada uluslararası literatüre geçmiş ve oldukça benimsenmiş olan PMI - PMBOK standardı kaynak alınmıştır. Proje bazlı çalışan gemi inşaatı sektöründeki kompleks yapı ele alınarak entegrasyon proseslerini uygulamanın yararlı olacağını, kapsam yönetiminin kritik bir konu olduğunu ve koordineli bir şekilde yönetilmesinin ticari kayıpları önleyebileceğini, sözleşme görüşmelerinde proje yönetimi tarafından plana alınan bütçenin proje zaman programına temel oluşturan iş paketleri bazında dağılımı ve proje boyunca gelişmelere göre güncellenmesi ve süreç takibinin yapılması gerektiği vurgulanmıştır [6].

Diğer bir çalışmada ise Karabacak, proje yönetim süreçlerinde sürekli iyileşme ve performans arttırma yönünde yeni bir yaklaşım getiren "Kısıtlar Teorisi" konusunu ele almıştır. Karabacak, "gemi inşaatı sektörünün içinde bulunduğu durumdan çıkışının üretim sistemlerinde yapılacak değişikliklerin ölçülmesi gerektiğine" vurgu yapmıştır. Çalışmasında bir özel tersanede konteyner gemisi inşaatı için gereken süreler incelenmiş, firmanın seri olarak ürettiği 6 adet projenin süreleri karşılaştırmıştır. Teorinin uygulaması ile ilk gemide %19'luk oran ile 72 günlük bir süre kazanımı elde edilirken, serinin son gemisinde bu oran %8,4'lük oran ile 21 gün olmuştur. Bu durum Kısıtlar Teorisini desteklemektedir. Uygulandığında aradaki bir gemi içinde 53 günlük bir kısaltma yapılmıştır. İyileştirme oranları ile eş zamanlı olarak stoklarda birikmeler engellenmiş ve buna bağlı olarak da işletme giderlerinde azalmalar görülmüştür [7].

Proje ve proje yönetim modellerini çok iyi analiz ederken, atlanmaması gereken ve aslında tüm bu yapıların temelini oluşturan kavram karardır. Proje yönetiminin ve

yöneticilerinin, yani esas karar vericilerin nasıl ve ne amaçla hangi kararı aldıkları çok önemlidir. Çünkü proje alınan kararlar ile planlandığı şekilde ya da büyük zararlar ile başarıya ulaşabilir. Belki de planlanandan ya da beklenilen durumdan o kadar uzaklaşılmıştır ki, proje hiçbir zaman tamamlanamayacaktır.

Karar, karar verici uzmanların birbirinden farklı özelliklere sahip olan alternatifler arasından, kendi beklentileri doğrultusunda, kendince daha önce saptanmış belirli kriterlere göre optimum alternatifi seçebilmesidir [8].

Tarihte çok amaçlı karar verme yöntemleri bilimsel olarak 1960'lı yıllarda incelenmeye başlanmış, yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen verilere göre uygulanan bu yöntemlerin proje yönetim süreçleri üzerinde karşılaşılan birden çok kritere dayanan problemlerde, daha sistematik ve sayısal karar verme için çeşitli teoriler ve modeller geliştirilebileceği görülmüştür. Bu sayede, karar verme üzerine çok çeşitli teoremler üzerinde çalışılmış ve uygulama alanının çok geniş olduğu fark edilmiştir. [9].

Kafalı, çalışmasında iyi tersane kavramını araştırması altında, çok kriterli karar verme yöntemlerinden bulanık karar verme yöntemlerini kullanarak, günümüzde tersanelerde sıkça gördüğümüz boru kesim teknolojisinin seçimini ve armatörlerin yeni gemi inşaatı tersanesi seçimini incelemiştir. Karar verme yöntemlerinin temeli olan kriter belirlemede, boru kesim teknolojisi için üç adet ana kriter ve on dört adet alt kriter belirlenmiş, yeni gemi inşaatı tersanesi seçiminde ise beş adet ana kriter belirlenirken ve tersane yeri seçiminde çok fazla girdi olması nedeniyle otuz bir adet alt kriter karar matrisine dahil edilmiştir. Değerlendirmeler bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılarak yapılmış, yeni gemi inşa tersanesi seçim çalışmasına göre teklif fiyatı, üretilmiş benzer gemi sayısı ve ödeme koşulları kriterleri sonucu belirleyen önemli kriterler olarak tespit edilmiştir [10],[11].

Hui-li vd., tersane projelerindeki riski tanımlamada AHP'nin üstünlüklerini analiz etmişlerdir. Diğer yandan tersanelerde proje yatırımlarındaki risklerin belirlenmesinde AHP yönteminin temel adımlarını açıklamışlardır. Temel ilkelere ve ipuçlarına dayalı olarak tersanede üretilecek olan projenin risk faktörleri belirlenmiş, projeye ait olan özel risk faktörlerin diğer genel risk faktörlerine göre ağırlık dağılımlarını hesaplamışlardır. Bunların sonuçlarında tersane karar

vericilerinin dikkat etmesi ve önlem alması gereken risk faktörleri AHP yöntemiyle belirlenebilmiştir [12].

Matulja, tersane üretim alanlarının en uygun yerleşim düzenini oluşturmak için bir yöntembilim önermiş, üretim alanlarının birbirlerine göre konumları, gemi inşaatı teknolojileri ve olası yapılabilecek düzenlere bağlı olarak elde edilen kriterler AHP yöntemiyle hiyerarşik bir model üzerine oturtulmuş ve çalışılan yöntembilimi tersane yerleşimi tasarım optimizasyonu üzerine uygulamıştır [13].

Çok kriterli karar verme yöntemleri fazlaca iş kolunda uygulanma fırsatı bulduğu gibi, kısıtlı olsa da gemi inşaatı ve denizcilik sektöründe de uygulama alanları bulmaktadır. Erol, bir tersanenin geleceğinin şekillenmesinde ve dünya pazarında önemli bir pay sahibi haline gelebilmesi için en önemli kararlardan birisi olan, tersanenin inşa edeceği gemi tipinin seçiminde üçgen bulanık sayılar kullanarak TOPSIS ve VIKOR yöntemlerini kullanmıştır. Öneri olarak da, kriterlerin tespit edilmesi aşamasında, ana kriterlerin yanında alt kriterlerin de oluşturulması, gerçekleştirilecek olan çalışmalardan daha iyi sonuçlar elde edilebileceğini belirtmişlerdir [14].

Cengiz, bir tersane kurulum yatırımının yapılabilmesi için seçilecek yerin belirlenmesinde, AHP yönteminin geliştirilmiş diğer bir yöntemi olan ve AHP tekniğinin hiyerarşik özelliğinin yerine bir ağ yapısı oluşturarak alternatiflerin sadece kendi bulunduğu ağaç dalından çıkarak tüm ağdaki diğer alternatiflerle de kıyaslama içine girmesini sağlayan AAS yöntemini kullanmıştır. Bu sayede faktörlerin ve alternatiflerin aynı ağ üzerinde bulunmasını sağlamanın yanı sıra bunları sayısal olarak değerlendirilebilmesine ve kendi aralarında önceliklendirilmesine olanak sağlamıştır ve yatırımcıların yer seçiminde daha karlı hale gelebileceklerini belirtmiştir [15].

Menteş, Marmara Denizinde gaz depolama şirketlerinin yoğun bulunduğu bölgede, gemilerin emniyetli ve gemi operasyonlarına en elverişli olabilecek bağlama şekline karar verebilmek için ÇÖNKV yöntemlerini kullanarak karar sürecini yönetmiştir. Bu vakanın çözümü için teknik incelemeler sonucunda 12 farklı çok noktalı tanker şamandıra bağlama sistemi alternatiflerini üretmiştir. Bu alternatifler arasından hangisinin en elverişli olduğunu bulmak için Bulanık Çok Öz Nitelikli Karar Verme

yöntemlerini kullanmıştır. Bulanık AHP metodu ile bağlama sistemi alternatiflerini değerlendirmede kullanacağı kriterleri ağırlıklandırmış, daha sonra da bağlama sistemleri alternatiflerinin sıralanması ve en elverişlinin belirlenmesi aşamasında ise bulanık TOPSIS yöntemlerini çalışmıştır. Grup ortak kararı elde edebilmek için birçok karar vericiye karar matrisleri üzerinden anketler uygulamış ve belirlediği kriter ve seçeneklerin ikili karşılaştırma matrislerini kurmuştur. Elde ettiği sonuçlara göre, bulanık sayılar yardımıyla elde edilen verileri klasik işlemlerinin sonuçlarıyla değerlendirmiş ve Bulanık Çok Öz Nitelikli Karar Verme yönteminin kullanılmasını önermiştir [16].

Uzun ve Kazan, gemi dizayn sürecinde önemli aşamalardan biri olan ana makine seçiminde ÇKKV yöntemlerinden AHP, TOPSIS ve PROMETHEE metotlarını kullanmışlardır. Uygulama aşamasında toplamda on iki adet kriter belirlenmiş ve yedi adet alternatif arasından en uygun olan makine araştırılmıştır. Sonuçlar irdelendiğinde AHP ve PROMETHEE yöntemlerinin sonuçlarının benzer çıktığı tespit edilmiş ve bu yöntemlerden elde edilen sonuçların gerçek durumla eşleştiğini ifade etmişlerdir [17].

Aynı konu üzerinde Herişçakar, gemi ana makinesi seçim probleminde, yöntemlerin uygulanmalarının kolay olması ve en uygun ana makine seçim hesaplamaları sonunda birbirlerine göre farklı sonuçlar elde edilmesi nedeniyle, karşılaştırma amacı barındıran AHP ve SMART yöntemlerinin uygulamalarını yapmıştır. Herişçakar'ın üzerinde durdurduğu konu, "alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde yapılacak ön kabullerin ve alternatifler hakkında elde edilecek bilgilerdeki eksiklerin çalışmayı büyük oranda etkileyebileceğidir" [18].

Kırdağlı, çalışmasında Türkiye'deki tersanelerin çalışma verimliliği ve performanslarındaki düşüklüğün sebeplerini araştırmış ve verimliliği etkileyen faktörleri Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntem ile analiz ederek ve etki değerlerini ortaya koyarak sistemin aksayan yönlerinin belirlenmesini sağlamıştır. Çalışma sonuçlarında dizaynsal proses, dokümantasyon, finansman, kalifiye personel ve dış ekonomik durumların ağırlıkları diğer kriterlere göre daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca zaman, maliyet ve kalite parametreleri üzerinde yapılacak

iyileştirmelerin çalışma ve sonuç elde etme verimliliği üzerinde büyük etkisi olduğu görülmüştür [19].

Çakıroğlu vd., farklı itme sistemlerinin alternatifler olarak belirlendiği römorkör seçiminde tasarım, işletme ve finansal tabanlı kriterlerini barındıran bir sayısal seçim çalışmasını bulanık analitik hiyerarşi prosesini kullanarak analiz etmiştir. Çalışmanın verileri uzman karar vericiler tarafından doldurulan teknik ve finansal veriler içeren anketler ile elde edilmiştir. Burada araştırmacı aslında daha önce edinilen tecrübelere göre bazı kriterlerin diğer kriterlere göre ağırlığının daha fazla olmasını beklerken, diğer kriterlerden bazılarının da beklenenden çok ağırlığının çıktığını görmüştür. Bu durum kriterlerin değerlendirilmesinde ve yapının kurulmasında çok dikkatli olunmasının gerektiğini belirtmektedir [20].

Jiao vd, çalışmalarında deniz kazalarının artması, yüksek beklentiler ve deniz savaşlarının modernleşmesi nedeniyle gemilerin bu değişimlere uyum kavramının daha da önem kazandığını belirtiyorlar. Bu nedenle, hem gemi tasarımına hem de sınıflandırmasına katkıda bulunan uyumluluk için bir değerlendirme sistemi oluşturmak büyük önem taşımaktadır. Makalelerinde, bulanık matematik teorisine dayalı olarak bir değerlendirme sistemi geliştirmektedirler. Bir değerlendirme endeksi sistemi ilk önce ayrıntılı olarak özetlenmiştir. Daha sonra analitik hiyerarşi süreci (AHP) ve entropi ağırlıklandırma yöntemleri, her bir kriter ve ilgili alt kriterler için kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Önerilen yaklaşımı doğrulamak için beş gemi alternatifinin optimizasyonu ve değerlendirilmesi yapılmıştır [21].

Çok kriterli karar verme yöntemleri gemi inşaatı ve denizcilik sektörü dışında yerli ve yabancı birçok araştırma ve çalışmaya temel teorem ve yöntem olarak girmiş ve rekabete iyi hazırlanan işletmelerin karar vericilerinin tercih sebebi olmuşlardır.

Tzeng vd., elektrik, hidrojen ve metanol kullanan yeni alternatif yakıt sistemiyle çalışan otobüslerin teknolojik gelişimini incelemişlerdir. Elektrik ile çalışan araçlar en az hava kirliliğine sebep olan alternatif yakıtlı araçlar olarak düşünülebilir. Hibrit elektrik araçlarında içten yanmalı bir motor güç kaynağı olarak bir elektrik motoru bulunmaktadır. Farklı karar verme gruplarından uzmanlar alternatif araçların gelişimine katkılarda bulunmuşlardır. Değerlendirme kriterinin bağıl ağırlığını tespit etmek için AHP uygulanmıştır. En uygun alternatif yakıt tipinin belirlenmesi

için TOPSIS ve VIKOR yöntemleri karşılaştırmalı olarak uygulanmıştır. Sonuç olarak, Tayvan şehir bölgeleri için kısa ve orta vadede hibrit elektrikli otobüsler en uygun seçenek olarak gösterilmiştir. Fakat elektrikli otobüslerin seyir mesafesi kabul edilebilir bir orana uzatıldığında, bu durumda salt elektrikli otobüslerin en uygun seçenek olacağı sonucuna varılmıştır [22].

Verma vd., aşamalı olarak tedarikçi seçimini incelemişlerdir. Kriterler olarak kalite, fiyat, teslimat ve esneklik alınmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında, uzman karar vericilerin katılımı ile geçmiş tecrübelerinden hareketle tedarikçi seçiminde kalite, fiyat, teslimat ve esnekliğin kendi aralarında birbirlerine göre ağılıklarını belirleme çalışması yapılmıştır. İkinci aşamada, değerlendirilen kriterler arasındaki zıtlıkları ve tedarikçi firma belirlemesine tesir edecek durumu incelemek için "Kesikli Karar Analizi" ile "İstatistiksel Deney Tasarımı" kullanılmıştır . Kriterler arasında bağlantı ve tesirler bu yöntem ile belirlenmiş ve kriterlerin önem dereceleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda kalite ve zamanında teslimat kriterlerinin en önemlileri oldukları belirlenmiştir [23].

Öz, yük helikopteri seçim çalışmasında bulanık AHP ve klasik AHP yöntemlerini kullanarak tüm dilsel ve rasyonel kriterleri göz önünde bulundurmayı benimsemiştir. Çalışmada, bulanık AHP ile klasik AHP metotlarının probleme uyarlanması ile bulunan sonuç verileri karşılaştırıldığı zaman, sonuçların birbirlerine çok yakın oldukları görülmüştür. Ancak sıralamalar aynı olmasına rağmen, bulanık AHP modeli ile karar vericilerin düşünceleri, tecrübeleri ve yargıları matematiksel halde daha doğru şekilde ifade edilebildiği için alternatiflere atanan ağırlık değerleri birbirinden farklı olmuştur. Bulanık AHP metodunun uygulanması sonucunda alternatiflerin aldıkları ağırlık değerlerinin arasındaki farkın yüksek olması karar vericinin kararı daha kolay ve kısa zamanda almasına olanak sağladığını belirtmiştir [24].

Kul vd., gelişen teknolojiler ile üretilen yeni ürünlerin bileşenlerinde ve yedek parçalarında özel komponentlerin bulunması, bu parçaları üreten imalatçı firmaları imalat yöntemlerini tekrar sorgulamaya itmiştir. Çünkü özel parça üretimlerinde hassasiyet ve kalite çok önemliyken, aynı zamanda işletmenin de hız kazanması ve zamanında teslimatı gerçekleştirebilmesi için süreçlere en uygun ve kazançlı imalat

yöntemini belirlemesi gerekir. Zamanla bu sürece cevap veremeyen eski imalat yöntemleri yerine yeni yöntemlerin arayışı başlamıştır. Kul bu yöntemlere "Alışılmamış İmalat Yöntemleri" demiştir. Uygulamasında, Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) ve Bulanık İdeal Çözümlere Yakınlık Yoluyla Tercihlerin Sıralanması Tekniği (BTOPSIS) yöntemlerinin uygulandığı sistematik bir yaklaşım ortaya koymuşlardır. Elde ettiği verileri klasik AHP ve TOPSIS ile karşılaştırdığında bulanık mantığın üstünlüğünü kabul etmiştir. Özellikle ikili karşılaştırmalarda bulanık değerlerin daha etkin olduğunu savunmaktadır [25].

Tedarikçilerin performanslarının ölçülebilmesi ve analiz edilmesi için fazlaca kriter hesaba katılabilmektedir. Akman ve Alkan makalelerinde, otomotiv tedarikçilerini değerlendirmeye almışlardır. Çalışmada üzerinde önemle durdukları ve etkisinin yüksek olduğunu savundukları performans kriterini, uyguladıkları BAHP metodu da desteklemektedir. Bunun yanında firmaların teknik kabiliyetlerinin önemli bir diğer kriter olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Bulanık mantıkta sözel ifadelerinde yer alabilmesi nedeniyle insan değerlendirme yargıları da belirsizlik sürecine dâhil edilebilmiştir [26].

1.2 Tezin Amacı

Dünya ticaretine bakıldığında, 2008 global krizi sonrasında halen daralma devam etmekte ve yüksek DWT'a sahip gemilere olan talep giderek azalmaktadır. Azalan bu talep ile birlikte dünya üzerinde gemi inşaatı sanayisinin yaklaşık %85'ine sahip olan Uzakdoğu ülkeleri gemi inşaatı pazar savaşında daha da etkili olmaktadırlar. Bu nedenle ülkemize daha yakın olan Avrupa ve Kuzey Avrupa ülkelerinden niş (özel) projelere olan talepte artış olmakta ve bu durumda ülkemiz için fırsat olarak görülmektedir. Niş projeler ile de sürekli kendini geliştiren bir tersane haline gelmek zorunlu hale gelmiştir. Burada gelişme kaydedilmesi gereken en önemli noktalardan biri de çok çeşitli gemi ve müşteri tipi olan bu pazarda projeyi mükemmele yakın şekilde yönetebilmektir.

Bu çalışmanın amacı, değişen ve gelişen gemi inşaatı sanayisinde proje yönetimi süreçlerini gözden geçirmek ve karar verme süreçlerinin doğru yönlendirilebilmesi için günümüz karar verme yöntemlerinin gemi inşaatı projesi süreçlerine dâhil edilebilirliğinin gösterilmesidir. Bu amaçla bir tersanenin inşa etmesi en ideal olan

gemi tipinin belirlenmesi çalışması yapılmıştır. Alternatifler olarak belirlenen yüzer havuz, feribot, enerji gemisi, askeri proje, 180000 DWT tanker, 1800 TEU konteyner gemisi ve balıkçı/destek gemisi olmak üzere yedi adet gemi tipi çalışmaya katılmış ve on adet kriter dahilinde değerlendirilmiştir. Problemin çözümünde günümüzde çok tercih edilen olan bulanık mantık ile sentez edilmiş çok kriterli karar verme yöntemlerinden Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık TOPSIS yöntemleri tercih edilmiştir. Kriterler Bulanık AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Bulanık AHP'den elde edilen üçgen bulanık ağırlık değerleri, alternatiflerin değerlendirilmesi için Bulanık TOPSIS yöntemine aktarılmıştır. Gemi inşaatı sektörüne de uyarlanabilirliği kanıtlanmış bu yöntemlerin kullanılması ile tersanede inşa edilmesi en ideal olan gemi tipi belirlenebilmiştir.

1.3 Hipotez

Birçok zamanda gemi inşaatı süreçleri ve buna bağlı olarak gemi projesi yönetimi aşamalarında alınan kararların doğruluğu sorgulanabilir halde olamamaktadır. Gelişen ve sürekli hız kazanan yarışta tersane karar vericilerin ve yöneticilerin doğru zamanda doğru kararlar alabilmesine yardımcı olacak ve alınan kararların dayanaklarını ortaya koyabilecek günümüz modern karar verme yöntemlerinin gemi inşaatı projesi yönetimi süreçlerine uygulanabilirliği gösterilmiştir ve tüm her süreçlere dâhil edilebileceği önerilmiştir.

2
Proje ve Proje Yönetimi

2.1 Proje Kavramı

Proje; açık, kesin, gerçekleştirilebilir ve daha önceden belirlenmiş amaç ya da amaçlar doğrultusunda, başlangıcı ve bitişi tam olarak belirlenen süre ve maliyet analizlerine bağlı olarak saptanmış bütçe kısıtı içerisinde zamanında teslimata yönelik yapılan çalışmalar bütünüdür.

Genel anlamda projelerin amacı, belirlenen bütçe ve zaman kısıtları altında kaynakları, en etkin şekilde kullanarak çalışmaları tamamlamak olarak tanımlanırken, birçok çalışmada da farklı kavram tanımlamalarına rastlamak mümkündür. Gray ve Larson, projeyi "karmaşık, standartlaşamayan, her biri özel, süre, maliyet, kaynak ve performans girdileri ile sınırlı, her müşteriye hitap etmeyen ve özel ihtiyaçlar sonucu istenen amaç için harcanan çaba olarak" [27], Gaddis, projeyi "genelde bir ürünün zamanında, bütçesi içinde ve önceden belirlenmiş performans kriterleri doğrultusunda bitirilmesi gibi belirli amaçları elde etmek için kurulan bir faaliyet birimi olarak" [28], Steinford, "tek ve ortak bir hedefe varmak için üzerinde anlaşılmış, süre, bütçe ve kalite kısıtlarından etkilenen; risk, insan kaynakları, iletişim ve dağıtım bileşenlerini içeren bir süreç olarak" [29], Lester, "İngiliz standartların referans alan proje tanımında projeyi, tanımlanmış program, maliyet ve performans parametrelerinde belirli hedeflere ulaşmak için bir kişi veya kuruluş tarafından üstlenilen kesin başlangıç ve bitiş noktalarına sahip benzersiz bir koordineli faaliyetler kümesi olarak" tanımlamaktadırlar [30].

Kuruluşların var oluş amaçları olan iş yapma amacı, zaman zaman birbirleri ile bağlantılı olsalar da genellikle ya faaliyetleri ya da projeleri kapsarlar. Faaliyetlerin ve projelerin, insanlar tarafından üretilme, sınırlı kaynaklara bağımlı olma, planlama, uygulama ve kontrol gibi birçok ortak özellikleri vardır. Projeler genellikle bir kuruluşun stratejik planına ulaşma aracı olarak yapılır. Temelde projelerin faaliyetlerden farkı geçici ve benzersiz olmak iken, faaliyetlerin

projelerden farkı ise devam ve tekrar etmesidir. Projeyi ayırt edici özellikleri ile tanımlamak gerekirse proje, benzersiz bir çıktı veya hizmet yaratmak için yapılan sürekli olmayan bir çabadır. Her projenin kesin bir başlangıcı ve net belirlenmiş bir sonu olduğundan dolayı projeye sürekli denmemektedir. Eşsiz ise, çıktı veya hizmetlerin diğer tüm çıktı ve ya hizmetlerden başka olduğu manasına gelmesidir. Projeler aslında, şirket dışında idame ettirilen talep karşılanma sürecidir [31].

Projeler organizasyonun her kademesinde yürütülmektedir. Tek bir kişiyi veya binlerce insanı içerebilirler. Süreleri birkaç haftadan uzunca yıllara kadar değişebilmektedir. Projeler, tek bir teşebbüsün tek bir birimini içerebilir veya ortak girişimler ve ortaklıklardaki gibi kurumsal sınırları aşabilir. Projeler, performans sergileyen kuruluşun iş stratejisinin gerçekleştirilmesinde kritik öneme sahiptir. Çünkü projeler stratejinin uygulandığı bir araçtır [31]. Projelere örnek olarak;

- Yeni bir ürün veya hizmet geliştirmek
- Bir organizasyonun yapısında, kadrosunda veya tarzında bir değişiklik yapılması.
- Yeni bir deniz aracı (gemi, bot, tekne vb.) tasarımı.
- Yeni veya değiştirilmiş bir bilgi sistemi geliştirmek veya edinmek.
- Bir bina veya tesisi inşa etmek.
- Gelişmekte olan bir ülkede bir topluluk için bir su sistemi inşa etmek.
- Siyasi ofis için bir kampanya yürütmek.
- Yeni bir iş prosedürü veya süreci uygulamak.

verilebilir.

2.2 Projenin Özellikleri

Projeler bir ihtiyaca ya da amaca yönelik olarak ortaya çıkarlar. Projelerde problemler hedeflere, hedeflerde çeşitli faaliyetlere dönüşürler. Çoğu organizasyon faaliyeti gibi projelerin temel hedefi de kullanıcı gereksinimlerini karşılamaktır. Bu nedenle proje başında her istek, sorun ve ihtiyaç belli olmalıdır. Proje kavramını

faaliyet kavramından ayırmak istediğimizde benzersizlik, geçicilik ve odaklılık kavramları ortaya çıkmaktadır [32].

Benzersizlik kavramı; her bir proje sonunda eşsiz bir çıktı, hizmet ya da kazanımın elde edilmesi sebebiyle belirtilmektedir. Projeden tekrar aynı bir eşinin yürütülmesi organizasyonunda bile ufacık da olsa bir farklılığı mutlaka olacaktır. Her projenin dizayn, süre, mekân, prosedür, uygulama şekli, işi yapan ekip, malzeme tipi, ortaya çıkan ürün ya da servis gibi unsurlarından bir ya da bir kaçında yenilik mevcuttur. Bu nedenle bir noktada bile farklılık olsa, projenin benzersizliği mevcuttur.

Seri üretimi yapılan bir ürün tipinde yeni bir modelin geliştirilmesi, sonuçta ortaya diğerlerinden farklı yeni bir ürün koyduğu için proje olarak nitelendirilmelidir. Ancak yeni ürünün keşfinden sonra bu üründe yapılacak seri imalat sonucu otaya çıkan ürünler, kendilerinden önce üretilenlerle tamamen aynı özelliklere ve imalat süreçlerine sahip olduklarından proje olarak değerlendirilemezler. Alnıak çalışmasında bu süreci "operasyon" olarak nitelendirmiştir. Yine Alnıak'a göre, bir projede yeni bir ürün geliştirilirken birbirinin aynısı birçok prototip geliştirilmesi ya da ilaç geliştirirken yüzlerce test yapılması gibi birbirini tekrarlayan faaliyetlerin sırasıyla uygulanması ona proje denmesine engel teşvik etmemektedir [33].

Benzer durum gemi inşaatı sanayinde de üretilen seri gemilerin üretim aşamasında yapılan değişikliklerle beraber bir öncekinden benzersiz olmaktadır. Üretim süreci içerisinde yaşanan sıkıntılar ve bulunan çözümler ile bir sonraki gemide imalat yöntemleri, malzeme tipleri, alt işveren firmaları ya da finansman gibi birçok girdide değişiklikler yapılması mümkündür. Edinilen tecrübeye göre bazı bölümlerin çalışma verimlilikleri arttırılarak imalat süreleri kısaltılabilir ve maliyetler azaltılabilir.

Geçicilik kavramı; bir talebe ya da ihtiyaca yönelik başlatılan proje tasarısı ilk ortaya atıldığında ve yapılan analizler ve çalışmalar sonucunda, talebin ya da ihtiyacın karşılanması gereken son tarihe göre projenin belli bir başlangıç ve bitiş tarihleri bulunmaktadır. Bu nedenle projeler geçici olarak nitelendirilmektedir.

Belirlenen başlangıç ve bitiş tarihlerine yönelik bir finansman ve kaynak oluşturulacak, proje sonunda bu finansman ve kaynak zarar ya da kar ile sonlandırılacaktır [34].

Projelerin geçici olması, proje sonunda ortaya çıkan ürün veya hizmetin de geçici olacağı anlamına gelmemektedir. Ortaya çıkan ürün veya hizmet devamlılığını sağlayarak, artık faaliyet ya da operasyon gibi tanımlamalara dönüşerek sürekli hale gelebilmektedir.

Odaklılık kavramı; her proje belli bir amaç ve fayda sağlamak için kurulur ve yönetilir. Projenin başarıya ulaşması için iyi bir planlama ve kontrol adımlarının belirleme çalışmalarının yapılması gerekir. Ortak amaç uğrunda çalışan proje üyeleri başarı için odak noktalarını proje üzerinde oluşturmaları gerekir.

Projelerin sınıflandırılmasında kapsamları, hedefleri ya da hedef kitleleri, işi üstlenen organizasyonları, ürünün klasmanına ve hangi sektöre hizmet ettiği ve imalat süreçlerinde dâhil oldukları gelişmeleri önemli değerlendirme parametreleridir.

2.3 Proje Yönetimi Kavramı

Proje yönetimi bir disiplin olarak yeni bir alan olmasına rağmen, proje ve proje yönetimi kavramı, insanoğlunun gezegenimizde hayatta kalma ve ilerleme çabaları kadar eskidir. Tarih öncesi insanların ateşi bulmasından, modern elektrik santrallerinin inşa edilmesine kadar küçük ya da büyük başarılara ulaşılmasını sağlayan çabalar proje olarak tanımlanabilir. 1699 yılı ile beraber De La Hire ve ilk bilimsel temelli ve derin araştırma ve çalışmaları ile Frederick W. Taylor tarafından hayatımıza giren proje yönetiminin günümüzde birçok tanımı yapılmaktadır. Bunun sebebi birçok faktörün ve girdinin projeyi oluşturması, sürdürmesi, etkilemesi ve tamamlamasından kaynaklanmaktadır. Aşağıda bu tanımlamalardan örnekler verilmiştir.

Proje yönetimi Barutçugil'e göre; "üretim, ticaret ya da hizmet sektöründe çalışan bir organizasyonun ele aldığı projenin amaçlarını gerçekleştirebilmek için kullandığı parasal ve parasal olmayan kaynakların faaliyetlerini planlama, organizasyon, yönetme, koordinasyon ve kontrol fonksiyonlarının bütünüdür" [35].

Proje isterlerini ve gereksinimlerini karşılayabilmek için proje faaliyetlerine bilgi, beceri, araç ve tekniklerin uygulanmasıdır [31].

Projenin hedeflerine zaman, maliyet ve performans kriterleri dâhilinde ulaşmak için bir projenin tüm yönlerinin planlanması, takibi, incelemesi ve organizasyon içerisindeki projeye katkı sağlayan tüm proje elemanlarının motivasyonu yüksek tutulmalıdır. [30].

Proje yönetimi, stratejik gereklilikler olarak belirlenen ve net olarak ifade edilmiş özel hedeflere ulaşmak için firmanın gerekli kaynaklarını kontrollü ve plan adapte edilmiş bir şekilde harcadığı aktif bir süreçtir. Her durumda belirli kriterler çerçevesinde yürütülen bir süreçtir [2].

Proje yönetiminin esas amaçlarından birisi de, yürütülen projeden elde edilen tecrübeleri bir sonraki aşamalara ya da başka bir projeye aktarabilmek için bir bilgi havuzu ve günümüzde birçok işletmenin sahip olmaya çalıştığı, özellikle de bu konuda uluslararası anlamda yeni pazar oluşturan "Know How" oluşturabilmektir. Know How, yani bir şeyi yapabilme bilgisi, ancak iyi bir proje yönetiminin yaşanan olumsuzluklardan ve problemlerden ders çıkarması ve başarı ile sonuçlanmış çalışmaları kaydetmesi ile oluşabilir. Bu nedenle başarılı bir proje yönetiminin olması demek, elinde Know How kayıtlarının olduğunu gösterebilmektedir.

Proje yönetimi uygulamasında çeşitli araçlar ve teknikler mevcuttur. Her proje ekibi, proje yönetimi süreçlerinin araç ve tekniklerini değerlendirmelidir. Daha sonra, her bir araç, teknik, işlemin uygulama düzeyi, her bir özel proje için belirlenecektir. Projeler değişen şartlar veya gereklilikler nedeniyle gelişecek canlı organizmalar olarak düşünülmelidir. Bu nedenle, proje yönetimi planı, proje ilerledikçe sürekli olarak detaylandırılmalı ve iyileştirilmelidir [31],[36].

De La Hire'ın önermesi ve ilk bilimsel çalışmalarıyla Frederick W. Taylor ile ilerleyen proje yönetimi akımı, ilmi yönetim akımının diğer mucitlerinden biri olan Henry L. Gantt (1917), bugün yaygın biçimde uygulanan proje takip ve analiz etme metotlarından olan PERT ve CPM' in temelini oluşturan "Gantt Şemaları"nı geliştirmiştir. Bu şemalar ile beraber projeler izlenebilir hale gelmiş ve daha detaylı aktivite bazlı proje takvimleri ve planlamaları yapılabilmektedir.

Proje kapsamındaki faaliyetlerin tamamlanma zamanlarını dikkate alarak projenin takibini kolaylaştıran tekniklerden olan PERT, CPM ile birlikte karmaşık projelerin en geç tamamlanma zamanlarının hesaplanabilmesi, projenin daha erken zamanda tamamlanması istendiğinde değişikliklerin yapılmasına imkân vermesi proje yöneticilerinin, projenin akışı üzerindeki kontrollerinin artmasını sağladı. Başta silah modernizasyonu gibi sivil sektörler dışında askeriyede denenen bu yöntemler, uygulanabilirliğinin kolaylığı ve fayda getirisinin çok olması nedeniyle kısa sürede endüstri alanında da büyük rağbet görmüştür. Bu tekniklerin kullanımına en güzel örneklerden birkaçı ülkemizde tamamlanmıştır. FSM Köprüsü ve GAP'ın planlamasında CPM'in uygulandığı, Keban Barajı ve birkaç büyük köprü yapımında PERT'in uygulandığı bilinmektedir. [37].

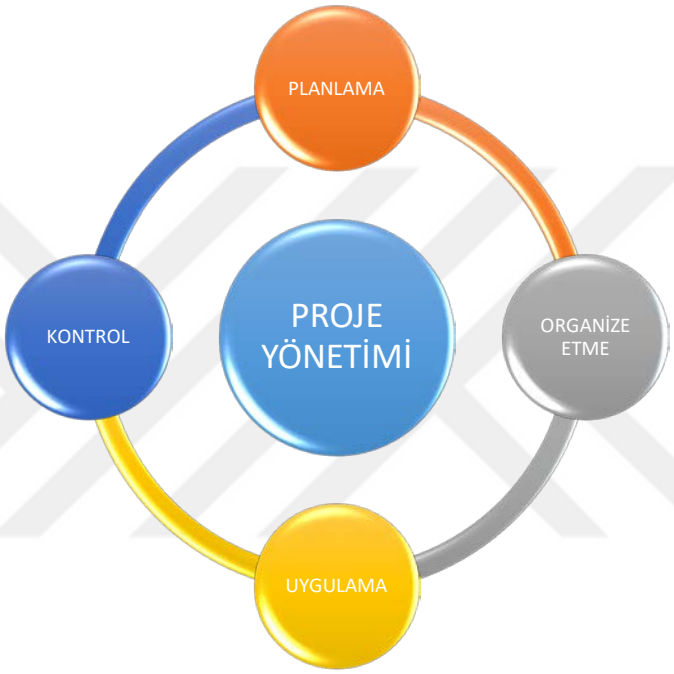
Aslında yeni buluşların her zaman bir problem ya da yetersiz kaldığı için geliştirilmek istenen bir süreç nedeniyle meydana geldiğini ve aynı zamanda özellikle proje bazlı çalışan gemi inşaatı sektörünün de proje yönetimi uygulamalarına ne kadar müsait olduğu yöntemin bir deniz sektörü çalışması sonucunda çıkmasındandır.

ABD Donanması, 1958 yılında tarihte ilk olarak güdümlü füze gönderebilen bir nükleer denizaltı yapımı için birçok alt işveren ile anlaşmıştır. Bu durum projenin ilerlemesinde aksaklıklara neden olabileceği ön görüsü ile PERT tekniğinin bu projede kullanılması kararlaştırılmıştır. Yapılan analiz çalışmaları ile projenin yeni bir teknoloji olması sebebiyle dar boğazın teknik alanda çıkacağı beklenilirken, proje kapsamında çok fazla alt işveren barındırılması nedeniyle projenin plan ve koordinasyonunda problemler yaşanabileceği öngörülmüştür. Bu öngörüde dar boğaz ise alt işverenlerin operasyonlarını zamanında tamamlayamama ve kaynakları verimli kullanamama gibi ihtimallerdir. Yapılan bu değerlendirme ile oluşabilecek darboğazlara önlemler alınmış ve proje planlanan teslim tarihinden 2 yıl önce teslim edilmiştir. Örnekte olduğu gibi GANTT Şemaları ile bir operasyon tamamlanmadan ötekinin başlayamayacağı, bazı operasyonların aynı zamanda devam edebileceği v.b. kurallarla süreç belirlenirken, CPM ve PERT ile de hangi operasyonlarda dar boğazın oluşacağı ve bu yerlere özel önemin verilmesi gerektiği, her işin gereken sürede bitirilmesi ile proje toplam süresine hangi operasyonların

daha çok tesir ettiği, optimum sürenin nasıl bulunacağı ve proje toplam süresinin kısaltılmasıyla maliyetteki değişimler izlenebilmektedir [3].

2.3.1 Proje Yönetiminde Aşamalar

Bir ihtiyaç ya da problem karşısında meydana gelen proje eyleminin yönetilebilir hale gelebilmesi için belirli aşamalardan geçmesi ve tasarlanması gerekmektedir. Bu aşamalar dört adet ana başlık altında toparlanabilmektedir. Bunlar planlama, organize etme, uygulama, kontrol aşamalarıdır.



Şekil 2.1 Proje Yönetimi Ana Aşamaları

Proje Yönetimi önce projenin planlamasıyla başlar. Öncelikle tüm isterler, girdi ve çıktılar belirlenir. Projenin amacı, hedefleri ve sonunda ulaşılmak istenen başarı ortaya konur. Görüleceği gibi planlama aşamasında projenin genel bakış açısı ile tüm yapısı ve şekli ortaya konur. Daha sonra belirlenen adımlar ve faaliyetler birbirleri ile ilişkilendirilir ve belirlenen süre kısıtı içerisinde herbirine önceki Know How, yaşanmışlık ve tecrübelere göre süre atanır. Böylece her bir işlem ve faaliyetin başlayıp biteceği zamanlar belirlenmiş olur. Aynı zamanda finansal durum ve planlaması ile işgücü miktarı belirlenir. Tüm organizasyon, süreçler, ihtiyaçlar belli olduktan sonra organize etme safhasına geçilir [31].

Organize etme safhasında, analizler ve çalışmalar sonucunda elde edilen tüm verilere göre eldeki mevcut iş gücü ya da yeni yapılanma ile kazanılacak iş gücü, malzeme tedariği süreçleri dağıtılmaya, sorumlu kişi, ekip ve firmalar seçilmeye başlanır. Burada dikkat edilmesi gereken konu bir işin kesinlikle doğru adrese emanet edildiğinin bilinmesidir. Eğer daha önce hiç tecrübe edilmemiş bir konu üzerinde yapılan proje ise, kontrol aşamasının projenin her adımına yerleştirildiğinden emin olunması gerekir.

Uygulama aşaması, artık üretim ya da hizmet sürecinin başladığı, proje paydaşlarının gerektiği zamanda gerekli faaliyetleri tamamladığı aşamadır. Tarihlemelere, süre kısıtlarına, yöntem, talimat ve prosedürlere kesin bir şekilde uyum sergilenmesi projenin planlanan tarihte tamamlanmasını sağlayacaktır.

Kontrol aşaması, planlamadan sonraki en kritik aşamalardan birisidir. Planlama aşaması tamamlandıktan sonra proje teslimatı gerçekleştirilmesine, hatta eğer bir garanti kapsamı var ise proje bitiminden sonra da devam edecek bir süreçtir. Uygulama süresinde proje paydaşlarının belirlenen süre, yöntem, talimat ve prosedürlere uygunluğunun kontrol altında tutmalı, herhangi bir uygunsuzluk durumunda gerekli tüm proje paydaşlarını haberdar etmeli ve harekete geçirmeli, proje sürecinde herhangi bir aksamaya neden oluşturacak etmenleri ortandan kaldırılması için vardır. Bu nedenle tüm faaliyetlerde kontrol mekanizması çalıştırılmalı ve kesinlikle hedeflerden sapmalara izin vermemelidir. Sonuç olarak kontrol altında tutulan uygulama süreci ile proje maliyetlerinde de herhangi bir artıma neden olacak uygunsuzluklar ortadan kaldırılmış olacaktır.

2.3.2 Proje Yönetimi Bileşenleri

Proje yönetiminde kullanılan araç ve yöntemler dört adet ana, dört adet kolaylaştırıcı proses ve bir adette bu sekiz adet proses birleştirici özelliğine sahip entegrasyon yönetimi prosesi olmak üzere dokuz adet proses içerisinde toplanabilir. Belirtilen bu dokuz adet proses birbirlerinden bağımsız değildirler. Bu proses kollarının her birinin detaylı olarak uygulanması ve tümünün bir arada, birbirleri ile etkileşim ve uyum içerisinde yürütülmesi gerekmektedir.

Belirtilen bu süreçler aşağıdaki gibidir [37]:

- Proje Entegrasyon Yönetimi
    - Proje Planı Oluşturma (Geliştirme)
        - Giriş
        - Tanımlama
        - İdari ve Teknik Yaklaşım
        - Çıktılar
        - Zaman
        - Maliyet
    - Proje Planının Uygulanması
    - Toplam Değişim Kontrolü
- Proje Kapsam Yönetimi
    - Kapsam Tanımlama
    - Kapsam Planlama
    - Kapsam Doğrulama
    - Kapsam Değişim Kontrolü
- Proje Zaman Yönetimi
    - Faaliyet Tanımlama
    - Mantıksal Tasarım
- Proje Maliyet Yönetimi
    - Kaynak Planlama
    - Maliyet Öngörüsü
    - Maliyet Bütçeleme
    - Maliyet İzleme
    - Katma Değer Analizi
- Proje Kalite Yönetimi

    - Modern Kalite Yönetimi
    - Kalite Planlaması
    - Kalite Güvence
    - Kalite Kontrol
    - Proje Kalitesinin Geliştirilmesi
- Proje İnsan Kaynakları Yönetimi
    - Organizasyonel Planlama
    - Personel Temini
    - Takım Geliştirme
- Proje İletişim Yönetimi
- Proje Risk Yönetimi
    - Risk Tanımlama
    - Risk Ölçümü
    - Risk Karşılık Geliştirme
    - Risk Karşılık Kontrol
    - Risk Sıralama
- Proje Satın Alma Yönetimi

3
Karar Verme Teorisi

3.1 Karar

Karar, yaşamın her anının şekillenmesine ve olayın nasıl yol alacağına sebep olan zihinsel bir olgudur. Bir problem, durum, proses ya da en basit bir an karşısında düşünülerek verilen kesin yargıdır [44].

Karar, anlık ruhsal durum, bireysel istek ve pozisyon, çevre ile etkileşim, eldeki kaynaklar, özellikle elde bulunan teknik bilgi gibi karar vericiye bağlı girdilere bağlıyken, işletme grup kararları söz konusu olduğunda da ekonomik duruma, teknolojiye ve bunun gibi pek çok girdiye bağlıdır. Karar vericinin ruhsal durumu, geçmiş tecrübesi, ekonomik, sosyal, siyasal ve çevresel faktörler, karar verme ortamlarını sürekli olarak değişime uğratarak dinamik bir yapı oluşturur. Görüleceği üzere insan hayatındaki her bir faktör aslında alınan kararlar üzerinde kayda değer etkisi bulunmaktadır [38].

Karar, aniden ortaya çıkan bir meydana geliş değil; çeşitli basamakların aşılması ile oluşan ve gelişen bir süreçtir. Genel anlamda süreç, belirli bir sona ulaştıran bir dizi faaliyet ve çalışmaların tümüdür. Bundan dolayı, karar verme sürecinin aşamalarını iyi bilmek ve belirlemek etkin bir karara ulaşmada en büyük yardımcıdır.

Karar teorisinin ana amacı karar verme öncesinde, kararın alınabilmesi için gereken tüm girdilerin mantığa dayalı rasyonel yaklaşımlar ile modelin oluşturulması ve karar vericiye karar sürecinde maksimum fayda kriterini saylayacak kararın alınmasında yardımcı olmaktır. Burada karar iyi ve kötü olarak sınıflandırılırsa, iyi karar rasyonel yaklaşım sonucunda elde edilir, kötü karar ise tamamen yorumlama ile sözel ifadelere dayanan bir karar olacaktır. [39]

3.2 Karar Verme

Karar verme, genel bir bakış açısıyla tanımlanırsa, karar vericinin çeşitli seçenekler arasından, kendi amaçlarına uygun ve bu amaçlara ulaşabilmek için seçenek

tarafından sağlanması gereken belirli kriterlere göre en uygun seçeneğin elde edilebilmesidir [40]. Kleindorfer vd. göre, "algılanan ihtiyaçlara özgü kasıtlı ve düşünceli seçim" olarak tanımlanmıştır [41]. Liebowitz'e göre, "bilgi toplama, ağırlıklandırma, olası diğer seçenekleri arama ve iyi yargılanmış bir seçim yapma gibi adımlardan oluşan bir süreçtir" [42]. Bu süreç içinde mevcut tüm alternatifler, faaliyetler, seçenekler, olasılıklar, stratejiler içinden, amaç veya amaçlara en uygun ve mümkün bir veya birkaçı seçilir. Kuruüzüm vd. göre, "karar verme, hedef ve amaçların gerçekleştirilmesi yönünde alternatif eylem planlarından birini seçme sürecidir" [43].

Alınan kararı sorgularken sadece alındığı zaman dilimine ve koşullarına göre yargılamak doğru değildir. Çünkü bir karar geçmişten izler gelecekten ise elde edilme ihtimali bulunan sonuçları da içinde barındırır. Öncesi ve sonrasına gözleri kapatmak, kararı değerlendirmede ve bu değerlendirme sonunda alınacak yeni kararlarda yanlışa sürüklenmeye neden olabilir. Bu nedenle alınan kararlar tüm girdi ve çıktıları ile beraber değerlendirilmelidir. [45]

İnsanlar günlük yaşantılarında ne zaman kalkacakları, ne yiyecekleri, ne giyecekleri ve ne zaman uyuyacakları gibi basit yaşamsal konularda karar vermek zorundadırlar. Bu kararları alma süreçlerinde çok fazla düşünme, analiz etme ya da araştırma gibi süreçleri işletmezler. Yaşamlarında bu gibi birçok konu ile sürekli karşılaştıkları için, bu konulara ilişkin kararları bir alışkanlık ile alırlar. Ancak şirketlerde bulunan karar verici yöneticiler, problemler ya da amaçlar karşısında alacakları kararlarda, günlük hayattaki gibi alışkanlık ile karar almaya kalkarlarsa, bulundukları şirketleri felakete sürükleyebilirler. Geleceğin şekillenmesini sağlayan en büyük etmen bugün ve geçmişte alınan kararlardır. Ancak gelecek hakkında hiçbir zaman net ve kesin bilgilerin elde edilememesi nedeniyle, kararın alınacağı zaman diliminde belirsizlik ortamı mevcuttur. Bu nedenle bu karar verici yöneticiler öncelikle doğru bilgileri edinmeli, ardından hem karar aşamasından önceki süreçteki girdileri ve karar sonrası meydana gelecek ihtimalleri belirleyerek çok iyi analiz etmelidirler. Ancak bu şekilde doğru kararlar verebilir [46],[47],[54].

Karar vermenin temelinde matematik ve istatistik gibi yöntemler kullanılarak elde edilen objektif bulguların yanı sıra sübjektif hükümler de çeşitli hallerde

geçerliliğini korumaktadır. Globalleşen ve hızla gelişen dünyada sert çekişmelerin ve yarışların olduğu rekabet ortamında sosyal yaşamdaki değişiklikler, teknolojide sıkı takip edilmesi gereken buluşlar karar vermenin bilimselleşmesine ve birden fazla amaç için birden fazla kişiyle karar verilmesini gerekli kılmıştır.

İyi ve doğru bir karar [48]:

- Kişinin ve ya şirketin hedeflerini dikkate almalı, hedeflere ulaştıracak şekilde yapılandırılmalıdır.
- Yapılacak harcama planlaması ve maliyet çalışmaları ile harcamaları en aza indirecek eğilimde olmalıdır.
- Doğru zamanda verilmelidir.
- Şirketin temel değer ve kaynaklarına uygun olmalıdır.
- Olabildiğince hızlı uygulamaya alınabilmeli ve doğru sonuca götürebilmelidir
- İlmi kısıtları göz önünde bulundurmalıdır.

Ayrıca Hammond vd. göre, iyi karar verme sanatı sistematik düşünce ile oluşur. Sistematik yaklaşımın şu faydaları bulunmaktadır [49]:

- Karar vericinin doğru karar sorunları ile uğraşmasını sağlar.
- Karar vericinin kriterlerini anlaşılır hale getirmesini sağlar.
- Karar vericinin yaratıcılık kullanarak seçenekler geliştirmesini sağlar.
- Karar vericinin çakışan kriterleri arasında uzlaşmasını sağlar.
- Karar vericinin vereceği kararları anlamasını sağlar.

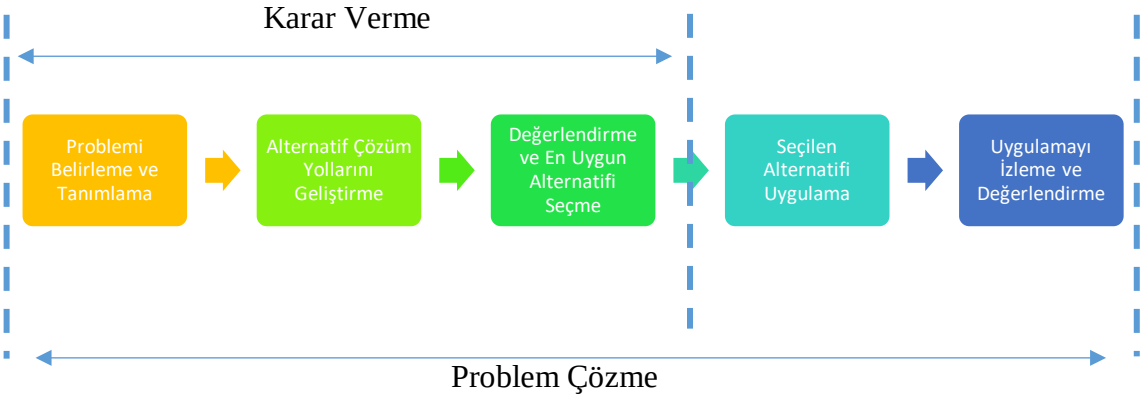
Daha çok birbiri içerisine karışmış girdi, süreç, faktör ve yargılardan oluşan karar verme problemlerinin varlığı ile istenilen amaca ve beklentiye uygun en optimum sonuca en düşük maliyet ile ulaşma çabası, karar verme problemini bilimsel tabanlı oluşum olarak ele almasına ve teori çalışmalarının artarak yeni yöntemler bulunmasıa katkı sağlamıştır [50].

Burada “karar verme” ile “problem çözme” arasındaki farklar açıkça belirtilmelidir. Eğer bir yöneticinin karşı karşıya kaldığı problemin tek bir çözüm yolu var ise orada karar verme diye bir şey söz konusu değildir. Çünkü yöneticinin görevi problemi çözmek için çözüm yolunu bulmak olacaktır. Eğer yöneticinin karşı karşıya kaldığı sorun ya da problemi çözmek için birden fazla çözüm yolu veya alternatif var ise bunlardan birisini seçmek için karar verme durumu içerisine girecektir. Görüleceği gibi karar verme ile problem çözme arasındaki en belirgin fark, problem çözmenin amacı doğru çözümü bulmak iken, karar vermenin amacı ise problemin çözümü için geliştirilen ya da ileri sürülen alternatiflerden problemin çözümüne en uygun olanını seçmektir [51].

Schermerhorn, Şekil 3.1’de görüldüğü gibi karar verme, seçme ve problem çözmeyi birbirlerinden açık şekilde ayırmaktadır. Schermerhorn beş aşamadan oluşan karar verme ve problem çözme sürecinin ilk üç aşamasını oluşturan;

1) Problemi saptama ve açıklama
2) Diğer çözüm yolu seçeneklerini arttırma
3) Arttırılan çözüm yolu seçeneklerini analiz etme ve problemin çözümüne en uyumlu seçeneği belirleme

aşamalarını karar verme olarak ifade etmektedir [51].



Şekil 3.1 Schermerhorn’un karar verme ve problem çözme süreci [51]

Karar verme ve problem çözme sürecinin üçüncü aşaması olan diğer çözüm yolu seçeneklerini analiz etme ve problemin çözümüne en uyumlu seçeneği belirlemeyi "seçim" olarak adlandırmaktadır.

3.3 Karar Verme Süreci

Karar verme, belirli bir başlangıç noktası olan buradan itibaren değişik iş, faaliyet ve düşüncelerin birbirini izlediği ve sonunda bir tercihin yapılması ile sonuçlanan bir işler topluluğu, süreçtir [52].

Karar verme bir laboratuvardaki ideal koşullar altında gerçekleşmemektedir. Global ve tamamen rekabetten oluşan gerçek bir dünyaya özgü sorunlar için kullanılan ve birey, grup, organizasyon ve toplumun karar vermesini anlama ve geliştirme ile ilgilenen söz konusu yöntembilim, bu karışıklığın üstesinden gelebilecek esneklikte ve genişlikte olmalıdır. Karar vericinin sadece sorunu nasıl çözeceğiyle değil, aynı zamanda sorunun tanımlanıp modellenmesi ve uygulanan karara göre karşılaşılan sonuçlardan alınan derslerle ilgilenilmelidir [41].

Her şirketin olmazsa olmazı ve şirketin geleceğini etkileyen yöneticiler aynı zamanda bir karar vericidir. Kendisine bağlı çalışan personelin idaresinde aldığı kararlarla sürekli insani değerlere dokunurken, şirketin maksimum verimlilikte çalışması için alacağı kararlar ve bu verimli çalışma ortamı ile elde edeceği kazanımları yönlendirmede, karar aşamasına direkt etki eden pozisyondur. Bir yöneticinin başarısı ve verimliliği aldığı doğru kararlar ile gözlemlenebilmektedir. [53].

Karar verme süreçlerinde literatürde çeşitli sıralamalar olsa da genel yapısı itibariyle birbirlerinden çok farklı değildirler.

Tekin'e göre, karar verme, "karar vericinin değişik alternatifler ile karşılaşması durumunda bu alternatifler arasından kendi amaçlarına en uygun olanını seçme işlemi iken; karar süreci ise bu işlemlerin sırasıyla yapılmasını içerir." Karar verme sürecinin aşamaları şu şekilde sıralanabilir [39]:

1) Sorunu fark etme
2) Sorunun saptanması ve açıklanması

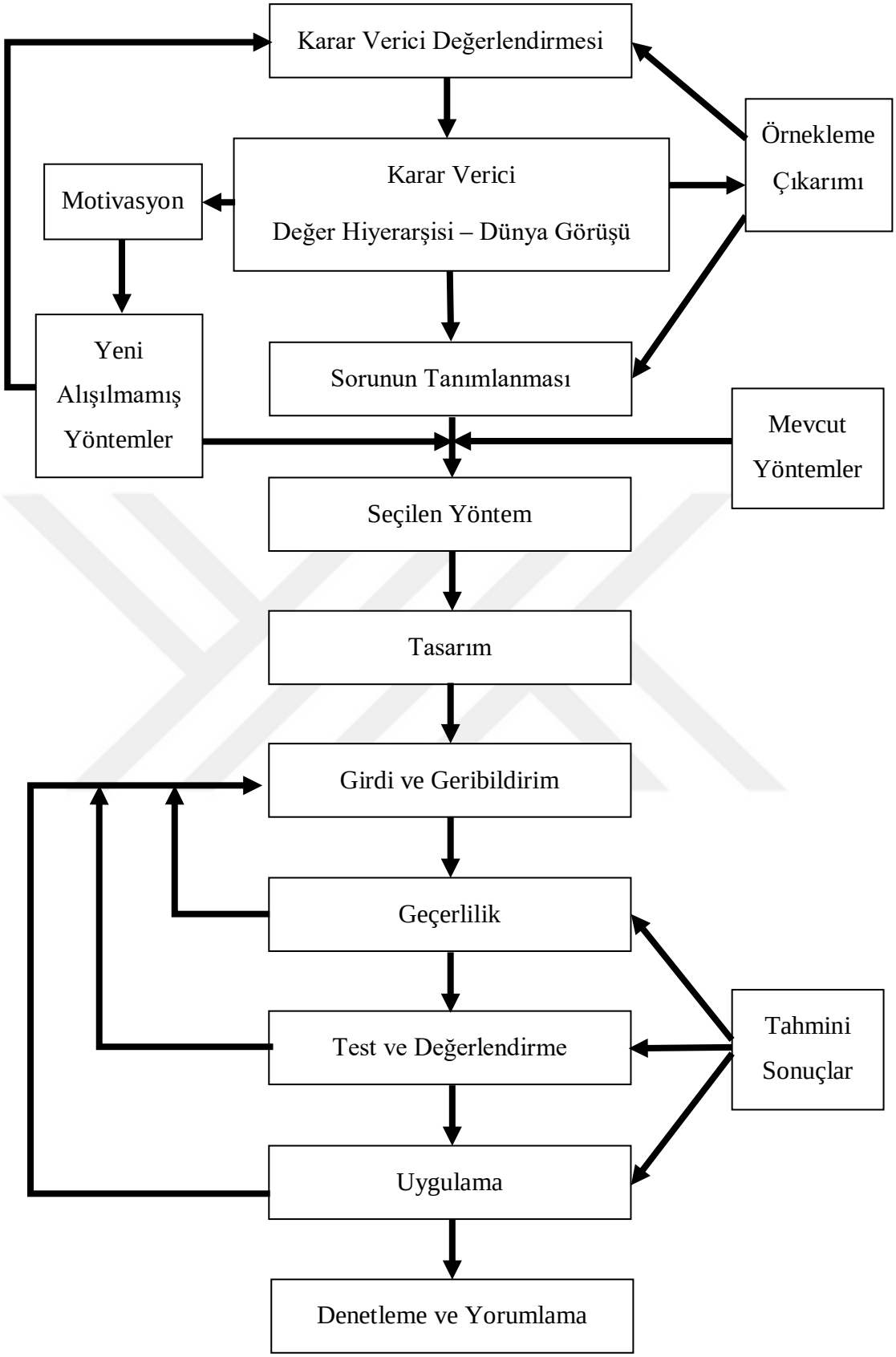
3) Seçeneklerin bulunması
4) Seçeneklerin analiz edilmesi
5) En uygun seçeneğin belirlenmesi
6) Kararın analiz edilmesi

Hicks karar vermenin adımlarını beş adımda vermiştir [38]:

1) Kararın hedeflerinin saptanması
2) Hedefleri karşılayan seçeneklerin belirlenmesi
3) Analizde kriterlerinin/yöntemlerinin saptanması
4) En iyi uygulamanın seçilmesi
5) Seçilen uygulamanın yapılması

Liebowitz' e göre en genel haliyle karar verme durumu karar vericinin daha önceki tecrübeleri ve yaşanmışlıkları problemi tanımlama aşamasında kendisini yönlendirmesidir. Karar verici daha sonra tecrübelerine ve yaşanmışlıklarına göre problemde bir çıkarım yapar. Yapılan bu çıkarıma göre de sahip olduğu mevcut çözümleri belirler ve karar verme durumuna özel olarak yeni alışılmamış yöntemler bulmaya çalışır. Ortaya konan tüm yöntemlerden bir tanesini seçer. Seçilen yöntem girdi ve geri bildirime ihtiyaç duyan bir tasarım gerektirir ve karar verici tahmini sonuçlarını belirler. Seçilen yöntem aynı zamanda geçerlilik, test ve değerlendirme ile uygulama gerektirir. Test ve değerlendirme ile uygulama sonuçları tahmini sonuçlar ile karşılaştırılır ve yorumlanır [42]. Liebowitz'in karar verme süreci Şekil 3.2'de verilmiştir.

Belirtilen karar verme süreci aşamaları probleminin yapısına, boyutuna, karar ortamına ve karar vericiye göre değişkenlik gösterebilmektedir. Amaç problem çözüm aşamasını çözüme en uygun olacak şekilde kurmak ve yapıyı olabildiğince anlaşılır ve belirli hale getirebilmektir.



Şekil 3.2 Liebowitz 'in Karar verme süreci [42].

Bu bölümde, yukarıda verilen literatürdeki örnekler ve günümüzde yapılan çalışmaları temel alarak proje yönetim süreci aşağıdaki başlıklar altında incelenmiştir:

1) Problemin ya da Projenin Tanımlanma Süreci
2) Alternatiflerin Araştırılması ve Değerlendirilmesi
3) Modelleme ve Çözüm Tekniğinin Bulunması
4) Seçim İşleminin yapılması
5) Uygulama
6) Değerlendirme (Geri Bildirim)

3.3.1 Problemin ya da Projenin Tanımlanma Süreci

Problemin ya da projenin tanımlanması, çözüm süreçlerinin doğru yöne yönlenmesindeki ilk en önemli adımdır. Çünkü problemin daha ilk baştan yanlış tanımlanması, karar vericiyi yanlış bilgileri edinmeye, yanlış süreçleri işletmeye ve yanlış kararları almaya sevk eder. Karar vericilerin öncelikle yapması gereken, problem tanımlama sürecine başlamadan önce tüm ön yargılarından, sınırlandırılmış zihinden, bilgi edinilebilecek başka kaynaklara ulaşmaya uzak durmaktan arınması gerekir. Problemlerin çözümlerine yönelik henüz hiç araştırma ve analiz yapmadan, daha problem tanımlama safhasında çözüm yolu kararı verilmemelidir. Yanlış olduğu daha sonra anlaşılan bir karar ile karşılaşıldığında, sürece devam etmeden, daha fazla zarara uğranmasını engellemek amacıyla tekrar problem tanımlama sürecine dönülmelidir [55].

Karar vericiyi çözüme ulaştıracak doğru kararın verilebilmesi için ilk başta şirketin esas hedefinin ne olduğu kesin sınırlarla saptanmalıdır. Saptanan bu sınırlar dâhilinde karar vericinin kişisel değerleri, tecrübeleri ve talepleri doğrultusunda şekillendirilir. Sürece bakıldığında karar vermenin ana etmeni özel olarak atanan kriterlerdir. Yukarıda bahsedildiği gibi problemin tanımlanmasında bilgi kaynaklarından edinilen girdilerden faydalanılmalıdır. Ayrıca problemin boyutları

büyük olabilir. Bu aşamada bu problemi daha ufak parçalara ayırmak, problemi doğru tanımlamada etkilidir [56].

3.3.1.1 Problemin Gözlenmesi

Problemi tanımlama sürecinde; problemin gözlenmesi adımıyla başlanılır. Buradaki amaç, işletme ya da şirket geri bildirim kayıtlarını inceleyerek karşılaşılan bu problem ya da yönetilecek bu proje ile daha önce tecrübe edilip edilmediğinin öğrenilmesi, niteliklerinin ve niceliklerinin ortaya konmaya başlanmasıdır.

Problemin gözlenmesinin en büyük faydası, problemi belirleme aşamasında tüm isterler, nedenler, nitelikler, nicelikler ve tecrübeler ortaya konabilmekte ve buna bağlı olarak elde edilen tüm ön veriler ile problem açık ve anlaşılabilir hale getirilebilmektedir. Çünkü problemi anlayabilmek doğru sonuca varabilmek için en önemli tamamlanması gereken aşamadır. Bilmediğiniz ya da anlayamadığınız bir konu üzerinde fikir beyan etmek ya da çözüm önerisinde bulunmak, sonuçta sizi ya da işletmenizi felakete sürüklemede en büyük yardımcı araç olacaktır. Bunun önüne geçebilmek için belirtildiği gibi problem iyi analiz edilmelidir. Gerekiyorsa ana problem alt problemlere ayrılarak, adım adım tanımlama süreci tamamlanmalıdır. Böylece büyük bir resme bakmada harcanacak enerji yerine daha basite indirgenmiş alt problemler ile büyük resim çözülebilir.

Problemin belirlenmesi adımında, öncelikle boyutlarının saptanması gerekir. Problemin boyutları, aşağıdaki üç etkenin incelenmesi sonucu elde edilir [58]:

- Zaman faktörü
- Kazanç faktörü
- İşletmenin olanaklarına ilişkin faktörler

Zaman faktörü, karar vericiye problemin belirlenmesi, çözüm yolunun seçimi, seçilen çözüm yolunun probleme uygulanması ve değerlendirmeler ile sonuçların elde edilmesi için gerekli ve elde olan zamanın ne kadar olduğunu gösterir.

Kazanç faktörü, tanımlanan problemin çözümü sonunda işletmenin esas amacına ulaşmada kazanacağı faydanın boyutlarının belirlenmesidir. Yani, problemin işletme açısından ne kadar önemli olduğu ortaya konmalıdır.

İşletmenin olanaklarına ilişkin faktörler, problemin çözümü için işletmenin mevcut koşullarının irdelenmesi, gerekli verileri elde edebilmede işletmenin yeterliliği ya da çözüm yolunu bulmada ve veri elde etmede dışa bağımlılığının belirlenmesidir.

3.3.1.2 Amaçların Belirlenmesi

Adımlara amaçların belirlenmesi ile devam edilir. İşletmelerde finansal güvence, saygınlık ve rahatlık gibi üst düzey amaçlar ve maliyet, enerji, kapasite gibi alt düzey amaçlar olarak amaçlar sınıflandırılabilir. Soyut olan üst düzey amaçların kazanılabilmesi için işletmeler, öncelikle kazanılması daha kolay olan alt düzey amaçlardan yola çıkarak problemin çözümünü saptarlar. Ancak bunun yanında alt düzey amaçlar somut ve ölçülebilir olduklarından işletmelere daha fazla güven vermektedirler.

Karar vericiler bu adımda hangi amaçlar çerçevesinde çalışacaklarını ve amaçların şirketlere olan ağırlık değerlendirmelerine göre kazanım elde etmeleri için ne kadar çaba harcayabileceklerini belirtirler. Çünkü verilen kararlar amaçlara ulaşmada kararlılığı temsil edecek ve onlarla uyuşacak potansiyele sahip olmalıdırlar.

Farklı karar vericiler farklı amaçlara sahip olabilirler. Her bir karar verici alternatifler arasından kendi amaçlarına uyuşanları seçmek isterler. Böylece karar vermedeki belirsizliklerini en aza indirmeye çalışırlar. Çünkü birçok karar verici önceden sonuçları tahmin edebilecek bilgi donanımına ya da elde edilmiş bilgi ve veriye sahip olamayabilir. Bu nedenle amaçları belirlemedeki zorlukları ortadan kaldırarak güvenli bir ortam yaratmaya çalışırlar.

Hammond vd. değerlendirmesine göre, hedefler seçeneklerin analiz edilebilmesi için ana faktörlerdir. Hedefler aranılacak doğru bilgiyi belirlemede, diğer grup üyelerinin problemi anlayabilmesi ve çözüm için ihtiyaç duyulacak çalışma hacminin belirlenmesinde yardımcı olmaktadır [49].

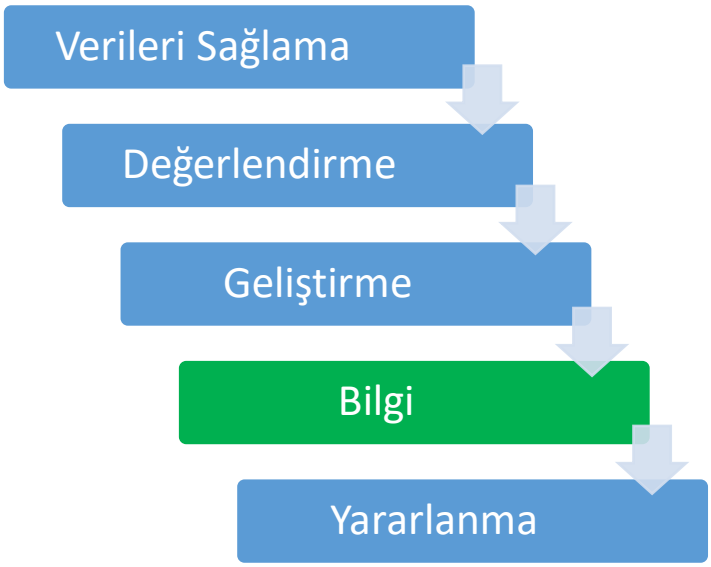
3.3.1.3 Bilgi Edinme

Problemin tanımlanma sürecinde son aşama bilgi edinme aşamasıdır. Bilgi edinme adımı yapılacak karar verme işleminde kullanılacak bilgiyi elde etmek için uygulanır. Bu adımda işletme içi ya da işletme dışı kaynaklardan belli maliyet verileri toplanır. Burada dikkat edilmesi gereken işletmenin mevcut kaynaklarının

kullanımını maksimum seviyede tutmak ve işletme dışından elde edilen veri maliyetini de minimize etmektir. Elde edilen veriler karar vericilerin birçok etkene bağlı olan hal, durum ve tecrübelerine göre işlenerek kullanılabilir bilgiye dönüştürülürler.

Karar vericinin verilerin toplanması ve işlemesinde dikkat etmesi gerektiği noktalar ve bilgi edinme sürecini gösteren Şekil 3.3 aşağıdaki gibidir [57]:

- Toplanması gerekli verilerin ne olduğu
- Verilerin, karar probleminin çözümünde yeterli olacak ölçüde sınırlandırılması; yani çok fazla ya da eksik olmaması
- Elde edilen bilginin anlaşılabilir, açık ve olabildiğince belirsizlikleri ortadan kaldırılmış olması
- Bilgi edinme zamanlamasının yapılması
- Bilgi edinme sürecinin saptanması
- Bilgi edinme maliyetinin üst sınırının belirlenmesi
- Edinilen bilgilerin derlenerek kolay ulaşılabilir halde işletme kayıtlarına geçmesi



Şekil 3.3 Bilgi edinme süreci

3.3.2 Alternatiflerin Araştırılması ve Değerlendirilmesi

Alternatifler, karar vericinin amacına ulaşması için kontrolünde olan ve izlemesi gereken yöntem ve stratejilerdir. Yani diğer bir ifade ile alternatifler birer çözüm yöntemleri olarak karşımıza çıkarlar.

Problem ile ilgili veriler toplanarak gerekli bilgi ya bilgilere dönüştürüldükten sonra, bu bilgilerin kullanılabileceği alternatifler ortaya çıkarılır. Karar vericinin amaç, kriter ve uygulanabilirliğine göre seçeceği alternatifler sırayla elenmeye başlanır. Alternatifler içerisinden amaca ve kriterlere en uygun alternatif seçimi, maliyet ve zamana bağlı olarak elde edilmeye çalışılır. Karar vericinin burada dikkat etmesi gereken, problemi tanımlama safhasında belirlenen maliyet ve zaman kısıtlarını aşmadan optimum alternatifi yani çözüm yolunu seçmesinin gerektiğidir. Bunun için de önemli olan, alternatiflerin elenmesi sırasında daha önce bu konularda tecrübe edinmiş uzman kişilerden faydalanılmanın unutulmamasıdır.

Uygun alternatifler arasında verilecek kararın, mevcut amaçlar üzerindeki etkisi ile bu kararın gelecekteki etkisinin amaçlar arasında doğuracağı ilişkiyi de tanımlamak gerekir. Bu araştırmada en uzak olasılıklar dahi göz önünde bulundurulmalıdır. Seçeneklerin araştırılması aynı zamanda yeni teknolojiyi, araştırma geliştirmeyi veya incelenen problemin mevcut niteliklerini değiştirmeyi gerektirebilir. Çünkü problem hangi sektör ya da alanda olursa olsun mevcut koşulları daha da geliştirecek bir yeni alternatif çözüm yolu ortaya konulabilir. Bu nedenle tek bir yapıda bağlı kalmadan her yönüyle araştırma genişletilmelidir [47].

Gerekli tüm araştırma ve incelemeler yapıldıktan sonra elde edilen çözüm yolları uygulandıktan sonraki kazanılacak sonuçlar birbiri ile karşılaştırılmalıdır. Burada veriler ile çıkarılan bilgilerden fazlaca yararlanılacaktır.

3.3.3 Modelleme ve Çözüm Tekniğinin Bulunması

Elde edilen tüm veriler ile yaratılan bilgiler kullanılarak alternatifler geliştirilir. Ortaya çıkarılan tüm alternatifler karar vericilerin ve uzmanların analizleri ile yorumlanır ve sonucun nasıl olabileceği tahmin edilmeye çalışılır. Karar safhasına kadar bütün bu adımlar esasında sistem adı altında modellemedir. Modellenen bu

yapı karar vermeden önce açık ve anlaşılır hale getirilmelidir ki, sistem yani model düzgün çalışarak doğru karar alınmasını sağlayabilsin.

3.3.4 Seçim İşleminin Yapılması

Tüm alternatifler belirlendikten sonra kurulan model ile beraber hepsi ayrı ayrı değerlendirilir. Kriterler ve amaçlar ile en çok uyuşan ve sonuç tahminlerinin de bekleneni karşılayacağı düşünülen alternatif çözüm yolunun seçimi yapılır. Karar vericinin tecrübelerine ve yaşanmışlıklarına da bağlı olarak bu seçimlerde sapmalar meydana gelebilir. Bu nedenle karar verici birçok yönüyle bu seçimi yapmak zorundadır. Burada da çok amaçlı ve kriterli karar verme yöntemleri göz önünde bulundurulmalı ve uygulanmalıdır. Bu yöntemler ile ilgili bilgiler ileriki bölümlerde verilecektir.

Karar vericiler belirledikleri seçenekler ile çözüm yolu sonunda elde edilecek çıktılardan oluşan yapıyı çok düzgün, açık ve net anlaşılır şekilde karara hazır duruma getirseler bile, yine karar vermede sıkıntılı duruma düşebilirler. Bu aşamadan sonra, karar vermenin insana ve akla dayanması nedeniyle, artık karar vericiler optimum sonuçları kazanmak istemekle beraber yine de kendilerine en yakın hissettikleri seçenek üzerinden ilerleyeceklerdir [59].

Kararı almadan önce ölçütleri de analiz sürecine katmak gerekir. Ölçüt, aynı zamanda seçeneğin hedefe olan uzaklığını belirten ölçüdür. Ölçütler seçeneklerin temel özellikleri, kaliteleri ve ya verimlilik parametreleri olarak tanımlanabilir. Ölçütler, karar vericilerin kişisel varsayımlarına dayalı olarak da ölçülebilir. Hedeflerin açıklanmasında yardımcı olurken seçenek ve kriterler arasında da bağlantıyı sağlayarak seçeneklerin kriter bazında analizinde kullanılabilir [38].

Bir ölçütün özelliklerinden beklenilenler aşağıdadır [60]:

- Ölçülebilir olmalıdır. Böylece belirlenen seçeneklerden ölçülebilir olanları seçilerek karara daha emin adımlarla ilerlenir.
- Kullanılabilir olmalıdır. Belirlenen amaçlara ulaşmada ne kadar yakın olduğunu gösterebilecek yapıda olmalıdır.

- Anlaşılabilir olmalıdır. Herkes tarafından tamamen aynı olmasa da benzer yorumları yaptırabilecek özellikte olmalıdır.

Alınan karara bağlı olarak elde edilen çıktılar şirket içindeki herkesi etkilemekle beraber kısmi miktarlarda ülke siyasi ve piyasa süreçlerine de etki etme ihtimali taşır [61]. Aynı zamanda karar vericinin kişisel hedef ve çıkarları doğrultusunda karar verirken, şirket misyon ve vizyonuna paralel ve ekibi doğru yönlendirici olup şirketin tamamına en yüksek faydayı getirecek kararları alma eğilimde olmalıdır [62].

3.3.5 Uygulama

Belirlenen amaç yolunda tüm kriterlere olabildiğince uyan, ölçütlerle değerlendirilmiş ve onaylanmış olan bir alternatif (çözüm yöntemi) probleme uygulanır. Doğru seçim yapılan çözüm yöntemi karar vericinin çıkarları ve fikirleri ile çatışmaz.

Uygulama aşamasında yöneticiye de büyük görevler düşmektedir. Organizasyonun nasıl hareket edeceğini belirlemesi gerekir. Bu durumda faaliyetleri ve planları gerçekleştirecek her kişi için ayrı ayrı organizasyon çalışması yapılmalı ve görevler tanımlanmalıdır. Kararları ilgili ve doğru kişilere ulaştırmak, anlaşılmasını sağlamak, uygulama aşamasında onaylamak ve kontrolünü sağlamak, organizasyonu faaliyetlere teşvik etmek, kişiler arasında gerekli koordinasyonu sağlamak, gerektiği zamanda doğru müdahalelerle organizasyon içerisinde değişiklikler yapmak ve uygulama için uygun ortamı hazırlamaktır [47].

Uygulama aşamasının kritik noktası uygulayıcıların sürece net şekilde adapte edilmesini sağlamaktır. Eğer süreç bu şekilde gerçekleşmez ise uygulayıcılardan tepki görülmesi kaçınılmazdır [45].

3.3.6 Değerlendirme (Geri Bildirim)

Değerlendirme kararın sorunu nasıl çözdüğünün nesnel olarak ölçülmeye çalışılmasıdır. Yöneticiler bu yolla öğrenerek, yararlı tecrübeler geliştirirler. Bu değerlendirme olmadan, karar verme sürecinin, soruna yalnızca o an için bir çözüm getirmenin ötesinde bir değeri yoktur [59].

Organizasyondaki bireyler tarafından uygulanan tüm faaliyetler hakkında yönetici değerlendirmelerini yapmalı ve organizasyon üyelerinden geri bildirimlerini almalıdır. Sonuçların periyodik olarak ölçülmesi, etkili bir yöntemin görevlerindendir. Gerçek sonuçlar ile hedefler ve amaçlar karşılaştırılır. Eğer sorunlar mevcutsa değişiklikler yapılmalıdır. Burada ölçülebilir hedeflerin önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır [63].

Eğer organizasyonda faaliyet yoğunluğu ve karmaşık bir yapı mevcut ise yönetici kontrol mekanizmasını arttırmalı ve her bir organizasyon üyesinden geri bildirimleri sıklıkla toplamalıdır. Ancak bu sayede istenilen amaca ulaşmada kararlı adımlar atılabilir. Herhangi bir problem anında da ani müdahaleler uygulanabilir.

Kararlar gözden geçirilirken geri bildirimler ve önceki sonuçlara bakılarak tekrar aynı kararın alınıp alınmayacağı kontrol edilmelidir. Eğer cevap olumsuz ise karar değerlendirilir ve yanlış unsurlar değiştirilir [64].

3.4 Karar Verme Ortamları

Problem çözümünde organizasyonun çevresi ile arasında bilgi, iş gücü ve malzeme alışverişi gibi etkileşimleri vardır. Belirtilen bu çevre organizasyon ya da işletme içi ve işletme dışı olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Çevrenin organizasyonun ve problem çözümünün ilerleyişini etkileyebilecek potansiyeli mevcuttur. Organizasyon ilerleyişinde ve problem çözümü sonucunda başarılı olabilmesi için çevresi ve çevresini oluşturan faktörler hakkında bilgi sahibi olmalıdır. Karar verici de organizasyon içi ve dışı çevresel faktörler arasında ilişkiyi iyi kurmalı ve anlaşılabilir hale getirmelidir. Karar verme anında tüm çevresel faktörleri de göz önünde bulundurmalıdır.

Yöneticiler çevresel faktörleri ve bu faktörlerde yaşanabilecek değişme ve gelişmelere duyarlı olmalıdır. Ancak bu şekilde şirket misyon ve stratejilerine uygun kararlar alabilirler. Daha sonra karşılaşılabilecek olumlu ve olumsuz etkileşimleri önceden fark edebilirler. [45].

Karar verme ortamları aşağıdaki gibidir:

- Belirlilik altında

- Belirsizlik altında
- Risk altında
- Kısmi bilgi altında
- Rekabet altında

3.4.1 Belirlilik Altında Karar Verme

Karar vericinin belirlediği yöntem ya da yöntemlerin muhtemel sonuçları önceden kesin veya açık bir şekilde bilinebiliyorsa, karar verme ortamı belirlilik ortamı olduğu söylenebilir. Böylece hedefe giden yolda doğru karar alınabilir. Belirlilik ortamı karar vericilerin en sevdiği ve her problem çözümünde elde etmeye çalıştıkları ortam tipidir. Olabildiğince her alternatif çözümün hangi koşullar altında gerçekleşeceği bilinmek istenir.

Bir örnek olarak; organizasyonda bir yöneticiye nakit fazlasını iyi bir şekilde değerlendirme görevi verilmiştir. Yönetici yaptığı araştırmasında üç adet alternatif belirlemiştir. Bu alternatiflerden ilki bir bankanın nakit fazlasına aylık %40 oranında faiz veriyor olmasıdır. Ancak istenildiğinde paranın geri çekilebilmesi için en az 24 saat önceden bilgilendirilmesi şartını koşmaktadır. İkinci alternatif ise bir kredilendirme kuruluşudur. Bu kuruluş aylık %45 faiz getirisi öneriyor ancak paranın çekilebilmesi için ihbar süresini 1 ay olarak belirlemiştir. Üçüncü alternatif ise, yine bir kredilendirme kuruluşudur. Bu kredilendirme kuruluşu ise nakit fazlasına aylık %50 oranında faiz vermekte, ancak paranın altı aydan önce çekilmesinde %8 oranında cezai kesinti yapacağını belirtmektedir. Görüleceği üzere üç kuruluşunda tüm faydaları ve kriterleri açık şekilde belirtilmiştir. Burada karar verici kendi amaç ve koşullarına göre hangi kuruluşu tercih edip, sonunda ne kadar kazanç elde edeceğini hesaplayabilmekte ve olası zararları önceden bilebilmektedir. Bu nedenle bu ortamda belirli ortam özelliklerini göstermekte ve karar vericide belirli ortam koşulları içerisinde karar vermiş olacaktır [66].

Görüleceği üzere karar değişkenlerine ait girdiler ve olası sonuçlar önceden bilinmektedir. Belirli ortam durumlarında yöneticinin sorumluluğu, problem için tüm alternatifleri ve en uygun sonuçları toplamaktır. Eğer sonuç yukarıdaki

örnekteki gibi bir kâr elde etme olarak nitelendirirsek, en iyi alternatif mevcut koşullar ve amaçlar dâhilinde en yüksek getiriyi veren alternatif olacaktır. Eğer sonucu maliyet olarak nitelendirirsek en iyi alternatif bu kez de en düşük gidere sahip olan alternatif olacaktır.

3.4.2 Belirsizlik Altında Karar Verme

Belirsizlik ortamını tanımlarken birkaç gruba ayırabiliriz. Belirsizlik ortamının oluşturan durumlardan ilki, bir organizasyonda çıkabilecek sorunlara ve bunların çözümüne yönelik belirlenecek alternatif çözüm yollarında bilgi ya da tecrübe eksikliklerinin bulunmasıdır. Yani alternatiflerin belirlenmesinde zorluklar yaşanmaktadır.

İkinci durum ise, ortaya çıkacağı düşünülen olayların veya gerçekleşme olasılıklarının belirlenemediği karar problemleri belirsizlik altında karar verme problemi olarak adlandırılabilir [67].

Üçüncü durumda ise, meydana gelebilecek sorunlar ve bunların çözümünde uygulanacak alternatifler kısmi ya da tam olarak belirlenebilse bile, uygulama sonunda elde edilecek sonuçlar tahmin edilememekte ve hesaplanamamaktadır. Alternatiflerin getirileri tahmin edilememektedir.

Belirsizlik ortamı genellikle organizasyonların komplike yapılarından ve içerisinde varlıklarını sürdürdükleri çevrenin dinamikliğinden kaynaklanmaktadır [65].

Belirsizlik altında karar verme, en güç ve en çok karşılaşılan karar verme durumudur. Belirsizlik altında karar verme durumunda probleme yönelik az miktarda veya eksik detaylara sahip bilgi birikimi vardır. Şirket yöneticileri çoğunlukla belirsizlik ortamında karar verirler [67]. Burada ancak karar vericilerin eski tecrübelerine ya da işletme ve organizasyonun daha önceki elde edilen geri bildirimlere göre kişisel olarak bir çıkarım ve sonucu tahmin etme durumu vardır.

Ayrıca birde tam belirsizlik durumu vardır. Tam belirsizlik durumunda, ulaşılacak hedef tam belli değildir. Alternatifleri oluşturmak güçtür ve alternatiflerin olası getirileri hakkında bilgi yoktur. En güç karar verme durumudur ve yöneticiler sıkça karşılaşmazlar. Tam belirsizlik ortamı, kararı alırken kullanılabilecek tecrübelerin

olmadığı durumlarda daha çok karşılaşılır. Geçmişte ne olduğunun bilinmemesi, gelecekte ne olacağını belirlemede güçlük yaratır [45].

Belirsizlik ortamını ortadan kaldırmaya yönelik bazı kriterler (varsayımlar) vardır [67]:

- Maksimaks Kriteri
- Maksimin Kriteri
- Minimaks Kriteri
- Laplace Kriteri
- Hurwicz Kriteri

3.4.2.1 Maksimaks Kriteri

Karar vericinin verdiği karar sonucunda gerçekleşebilecek en iyi ihtimalin ve sonucun gerçekleşeceği düşünce yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda seçilen alternatif sonunda maksimum getiri ya da amaç maliyeti belirlemek ise, minimum maliyete sebep olacağının düşüncesidir.

3.4.2.2 Maksimin Kriteri

Bu yaklaşımda ise uygulanabilecek tüm alternatifler sonucunda elde edilecek minimum getiri hesap edilmeye çalışılır. Elde edilecek bu minimum getirilerden de en yüksek olanı seçilerek probleme uygulanır.

Maksimin yaklaşımı, her alternatif için olası en kötü sonucu dikkate alan kötümser bir yaklaşımdır. Elde edilecek güncel sonuç, bu yaklaşım ile elde edilecek sonuç kadar kötü olmayabilir [45].

3.4.2.3 Minimaks Kriteri

Minimaks kriteri de en kötü olası senaryonun gerçekleşeceği varsayımına göre kötümser karar vericinin vereceği kararı belirleyen, kötümser bir yaklaşımdır.

3.4.2.4 Laplace Kriteri

Laplace tarafından ortaya atılan bu kriter, tüm alternatiflerin eşit çevre koşulları içerisinde eşit ihtimal ve ağırlıklara sahip olduğunu belirtmiştir. Böylece eşit

olasılıklara sahip bütün alternatiflerden uygulama sonunda hangisinin daha yüksek fayda sağlayacağı hesaplanıyorsa, karar verirken o alternatif seçilerek uygulama yapılır.

3.4.2.5 Hurwicz Kriteri

Bu kriter Leonid Hurwicz tarafından ileri sürülmüştür. Bu kritere göre karar vericiler arasından iyimser yani en büyük değeri sağlayacağını düşünenler ile karamsar yani en düşük değeri sağlayacağını düşünenler arasında bir ağırlıklandırma yapılır ve bu olasılığın toplamı bire eşittir.

3.4.3 Risk Altında Karar Verme

Eğer karar verici içinde bulunduğu duruma çözüm getirecek alternatifleri ve bunların doğuracakları sonuçları olasılıklarla ifade ediyorsa karar vermede risk ortamının varlığından söz edilir. Her seçeneğin her koşul altında varacağı sonuçlar belirli bir olasılıkla oluşur.

Risk ortamında karar verilirken üzerinde durulması gereken en önemli nokta her bir alternatife ilişkin olasılıkların iyi bir şekilde hesaplanması ve hesaplama sonuçlarına göre karar verilmesidir [66].

Risk altında seçeneklerin ne gibi sonuçlar doğuracağı bilinmez. Bu durumda karar verici, doğa koşullarının belirli bir olasılıkla meydana geldiğini kabul ederek, beklenen parasal değerleri (maks. kar ile min. Maliyet) hesaplayıp en iyi alternatifi seçmektedir [67].

Örnek verilecek olursa; Bir satış bölümü yöneticisi, biriminin satışlarına arttırmaya yönelik kadrosunu genişletmek istemektedir ve bu personel artışının toplam satışlarda artışı sağlayacağına da inanmaktadır. Ancak bu durumda belirsizlikte vardır. Yani alternatifin değerlendirilmesi ile elde edilecek sonuç hakkında ne kadar az bilgi var ise, risk de buna bağlı olarak yükselir ve belirsiz ortam oluşur. [70].

3.4.4 Kısmi Bilgi Altında Karar Verme

Karar vericiler belirsizlik ortamlarından uzaklaşabilmek ve mümkün olduğunca fazla bilgi edinebilmek için birçok yoldan araştırma yaparlar. Bunlar genellikle işletme dışı ya da daha tecrübeli uzmanlardan alınacak görüşleri kapsamaktadır.

Yapılan bu ek araştırmalar ile alternatiflerin istenen sonuçları verme olasılıklarının ne kadar yüksek olduğunu karar vericiye gösterir. Karar verici de sonuçta bu ek kaynaklarla beraber en iyi faydayı sağlayan ve amaca en uygun seçenek üzerinde yoğunlaşır ve uygular.

Bu bağlamda ek kaynaklar olarak, pazar incelemeleri, anketler, ürün denemeleri, uzman görüşleri, örneklemeler, benzetim çalışmaları olabilir. Genellile bu gibi ek bilgilerin bir maliyeti vardır. Karar verici öncelikle, bu maliyeti göze alıp almayacağına karar vermelidir [67].

3.4.5 Rekabet Altında Karar Verme

Rekabet ortamı birden çok karar vericinin aynı problem üzerinde alternatifleri kendilerine göre değerlendirmeleri ve elde edilen bilgileri kendilerince yorumladıkları çözüm ortamlarında oluşur. Bu tip problemler, birden çok tarafın karşı karşıya gelme ya da işbirliğine bağlı faydanın en kullanılabilir haline ilişkin karar problemleridir.

4
Karar Verme Yöntemleri

Karar vericiler ile birlikte organizasyonlar ve işletmeler bu hırslı rekabet ortamında var olabilmek ve sektörlerinde idamelerini sağlayabilmek için birçok ortamda farklı ve etkili kararlar almak zorundadırlar. Bu kararları alırken, karar vericilerin doğru ve güvenilir verilere ve bu verileri doğru şekilde değerlendirecekleri doğru süzgeçlere ihtiyaçları vardır. Doğru işi doğru zamanda doğru şekilde yapmak, karar vericileri ve firmaları diğerlerinin önüne geçirmede en büyük etkendir. Bu yüzden karar verme süreçlerine bilimsel tekniklerin dâhil edilmesi analitik değerlendirmeler ile elde edilen sonuçların daha güvenilir olmasına ve sübjektif kararlardan uzaklaşılarak eleştirel bakış açısıyla sağlam değerlendirmelerin elde edilmesine yardımcı olur. Çeşitli karar problemleri ile karşı karşıya kalan yöneticiler için zor problemlerden biri de, alternatifler kümesinden uygun alternatifin seçilmesidir. Bu seçim prosedürüne çelişen ve fazla sayıda kriter dâhil olduğundan geleneksel seçim prosedürlerinin kullanılması gerçekçi bir çözüm sunmaz. Bu nedenle iki yöntem konu başlığı olarak incelenebilen, güncel çok amaçlı karar verme yöntemleri ve çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanımı günümüzde önem kazanmıştır.

Günümüzde karar vermeden önce birbiri ile çelişebilen ve değerlendirilmesi gereken birçok kriter, değerlendirmenin sonunda da hedeflenen birçok amaç bulunmaktadır. Karar vermede kullanılan yöntemlerin de ortak özellikleri olarak, öncelikle konu ile ilgili kriter ve alternatifler belirlenmesi, bu kriterler arasında birbirlerine göre önem dereceleri belirlenmesi ve tüm alternatiflerin tek tek her bir kritere göre değerlendirilmesi ile elde edilen sayısal sonuçlara göre sıralanmalarıdır. Bu sıralama ile en yüksek değeri alan alternatifin belirlenmesi ile doğru alternatifin seçimi yapılmış olur.

Çok amaçlı karar verme yöntemleri ile çok kriterli karar verme yöntemlerinin diğer avantajları ise sayısal değerleri olmayan sözel kriterleri de analitik çözüm ortamına

katabilmeleri ve sayısal olarak ağırlıklandırmaya dahil edebilmeleridir. Bu sayede sözel ve yargı verilere sahip olan kriterler de değerlendirmeye alınabilerek doğru alternatifin seçimine büyük katkı sağlayabilmektedir.

Gerçek hayatta bir karar verici ya da analist, karar verme durumunda, önce problemi anlamaya ya da ortaya koymaya çalışır. Burada durumun ortaya koyulması en önemli aşama olarak değerlendirilebilir. Bu aşama çeşitli alternatifler, neticeler ve önemli kriterler, bilginin nitelik ve niceliği gibi konularda karar verilmesini kapsar. Daha sonra duruma en uygun çok amaçlı karar verme yöntemi ya da çok kriterli karar verme yöntemi seçilir ve uygulanır [71]. Yöntemlerde ve anlatımlarda sıkça karşılaşılan terimlerin açıklamaları aşağıdaki gibi yapılabilir:

Karar Verici: Alternatifleri ve kriterleri belirleyen veya belirlenmiş ile çözüme ulaşmayı sağlayan, gerekli ağ yapısını kuran kişi, kişiler, grup ya da gruplardır.

Amaç: Kriterlerin karar vericilerin değer ve yargıları ile yönlendirilerek varmak istedikleri noktadır. Amaçlar zamana bağlı olmayan ve daha çok analitik değerler içeren genellenmiş ifadelerdir. Şirketler amaç saptama yoluyla karlılık, büyüme, kaynakların verimli kullanımı, etkinlik, imaj, yenilik, performans, toplumsal çıkarları göz önünde bulundurma gibi çeşitli alanlarda varmk istedikleri sonuçları belirtir.

Hedef: Amaçların elde edilebilmesi için gereken daha belirgin, sayısal, somut ve zamansal veriler ile belirtilebilen daha kesin ifadelerdir.

Kriterler: Alternatiflerin üstünlüklerinin değerlendirileceği niteliklerdir. Karar vericiler değerlendirmede kullanmaktadır. Sayıca fazla olan kriterli değerlendirmede, birbirine bağı olan ya da kapsayan kriterler birleştirilerek alt kriterler oluşturulur ve bir hiyerarşik yapı kurulur.

Alternatifler: Karar kriterleri altında seçilmesi muhtemel sonuçlardır. En az 2 alternatiften binlerce alternatiflere kadar boyutu ifade edilebilir. Karar sürecine göre seçilebilir, ölçeklendirilebilir ve sıralanabilir. Elenerek amaca en uygun olanı seçilir.

Kısıtlar: Karar vericinin amaca ulaşmamasına sebep olan niteliklerdir. Bazen en iyi alternatifin belirlenmesine engel teşkil ederler.

Ağırlıklar: Karar kriterlerinin birbirlerine göre önem derecelerini ifade eder.

Karar Matrisi: Çok kriterli karar verme yöntemlerinde kriterler ve alternatifler bir matris biçiminde ifade edilir ve matris çözümü ile ideal alternatife ulaşılabilir. Karar matrisi aşağıdaki şekilde gösterilir.

$$M = \begin{array}{c} \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} K_1 & K_2 & \cdots & K_2 \end{array} \\ \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} \end{array}$$

Burada satırlar karar vericinin önünde bulunan, değerlendirmesi ve birbirlerine göre kıyaslaması gereken alternatifleri, sütunlar ise alternatiflerin birbirlerine göre kıyaslamasında kullanılacak olan kriterleri ifade etmektedirler. Yani; $A_i, i = 1, 2, \dots, m$ olmak üzere alternatifleri, $K_j, j = 1, 2, \dots, n$ olmak üzere alternatiflerin birbirlerine göre kıyaslandıkları kriterleri ve a_{ij} 'ler ise A_i alternatifinin K_j kriterine göre değerini göstermektedir [72].

4.1 Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemleri (ÇAKV)

Karar vericiden bilgi istenmeyen yöntemlerde, problem ile ilgili kısıtlar ve genel amaçların tanımlanmasını takiben karar vericinin amaçlar arası ya da diğer kişisel tercihleriyle ilgili bilgiye ihtiyaç duyulmamaktadır. Dolayısıyla, karar vericinin yöntemin bulduğu çözümü kabul edeceği varsayılmaktadır. Bu metot, karar vericinin çözümün elde edilmesinde analist tarafından rahatsız edilmemesini, yöntemin ve sonuçlarının manipüle edilmemesini sağlamaktadır. Fakat buna karşılık önemli bir eksikliği ise analistin, karar vericinin tercihleri ile ilgili olarak birçok kabul yapması gerektiğidir. Bunu yapmak ise en iyi ve en bilgili analist için bile zor olmaktadır. Analistin yaptığı varsayımların hatalı olması durumu, problemin sonuçlarının hatalı olmasına yol açabilmektedir [73].

Normal koşullarda seçme ve değerlendirme ile ilgili problemlerde alternatif çözüm sayısı sınırlıdır; öte yandan dizayn ile ilgili problemlerde bir özellik bir aralıktaki herhangi bir değeri alabilmekte, bu durum da sonsuz sayıdaki alternatif çözüme yol açabilmektedir. Böyle bir problem çok amaçlı optimizasyon problemi olarak ele alınabilir.

ÇAKV yöntemleri çoklu alternatif ve kriterlerin bulunduğu çözüm ortamlarında karar verme sürecini kontrol altında tutar ve karar sonucunu olabildiğince kolay ve hızlı elde eder [74],[48].

Çok amaçlı karar vermenin amacı ve yararları [75] ;

- Karışık ve anlaşılması zor konuları analiz etmek,
- Karar verme sürecini sistemli olarak yönetmek,
- Açık ve anlatılabilir bir hiyerarşi kurmak, sistemli düşünmeyi sağlamak
- Çok karar vericili ortamlarda ortak bir alan kurmak, iletişimi kolaylaştırmak, tartışmaları mümkün kılmak,
- Alternatiflerin kriter değerlendirmelerinde gereken uzman görüşleri ile karar vericilerin kişisel değerlendirmelerini birleştirmek,
- Fazla sayıdaki veya elleçlenmemiş veriyi değerlendirmeye sokmak.

Çok amaçlı karar vermenin sorunları;

- Kişisel değerlendirmeler değişik zamanlarda yapıldığında farklı sonuçlar verebilir.
- Grup kararları ve tartışmalardaki sorunları tek başına çözemez.

4.2 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKV)

Karar probleminin yapısını oluşturan olmazsa olmaz elemanlardan biri kriterlerdir ve kriterlerin tanımı "hedeflere ulaşma ölçütleri" olarak tanımlanabilir. Dolayısıyla, alternatifler arasında bir seçimin yapılmasında kriterler önemli bir rol oynar. Tek bir kriterin bulunduğu karar probleminde, seçim bu kritere göre yapıldığından temel bir sorunla karşılaşılmamaktadır, çünkü beklenen değer kriter cinsinden hesaplanmakta ve en olumlu beklenen değer hangi alternatifte ise, o alternatif seçilmektedir. Ancak, çoğu karar probleminde kriter sayısı birden çoktur. Bu tür karar problemlerinin karmaşıklığını arttıran diğer bir unsur da, bu kriterlerin birbirleri ile çelişmesidir. Anlaşılacağı üzere Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV)

kavramı, birden fazla ve genelde birbiri ile çelişen kriterlerin varlığında karar vermek olarak tanımlanır [76].

Kriterlerin bu süreç içerisindeki anahtar rolü, alternatiflerin etkinliklerini ölçmeyi sağlaması ve alternatiflerin değerlendirmesi için temel alınacak özelliklerden oluşan değerlendirme ölçütleri olmasından geçer ki bu da sonuçları doğrudan etkileyeceği için kriterlerin belirlenirken detaylı bir çalışma yapılmasını zorunlu kılar. Bir başka ifade ile kriterler, çözüm sürecinde karar verme için gerekli olan standartları ve sınırları çizmektedir. Çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemlerinde karar vericiler için alternatiflerin incelenmesi, alternatiflerin önem derecelerine göre sıralanması ve öncelikli alternatifin seçimi söz konusudur [77]. Karar verme problemi çözme süreci ve fırsatları yakalama sürecidir. Bir problemin çok kriterli karar verme problemi olması için en az iki farklı ve çelişen kriter ve en az iki alternatif çözüm olması gerekmektedir.

Hali hazırda çok sayıda çok kriterli karar verme yöntemi geliştirilmiş olsa da, karar vericinin bu yöntemlerden hangisinin problemini çözmede ve optimum sonucu elde etmede fayda saplayacağını belirlemesi güç olabilir. Ayrıca çok kriterli problemlerde kriterler insanların önceki yaşanmışlıklarına bağlı olduğundan problemlerdeki kriterler çoğu zaman birbiri ile çelişmektedir. Bu nedenle yalnız tecrübeye değil, nicel ve nitel veriler kullanılarak objektif ve sübjektif kriterlere göre kararlar alınmalıdır. Karar vericinin aşağıda belirtilen adımları izlemesi faydalı olacaktır [67],[75]:

- Amaçların ve problemin belirlenmesi
- Kriterlerin oluşturulması
- Alternatiflerin belirlenmesi
- Yöntemin belirlenmesi
- Karar probleminin modelinin oluşturulması
- Alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesi
- Modelden çözüm elde edilmesi

- Genel değerlendirme ve karar
- Kararın incelenmesi ve uygulamaya konması

Ele alınan tüm kriterler temelinde, alternatiflerden hiçbirisi aslında en iyi çözüm olarak kabul edilmez. Diğer taraftan alternatifler seçilirken ele alınan kriterlerin birbirlerine göre değerleri aynı değildir. Bu değerler ağırlık olarak adlandırılır ve karar veren kişilere göre değişkenlik gösterir [14].

Çok kriterli karar verme yöntemleri sadece iş hayatına ya da bilimsel çalışmalara adanmış bir yöntem olmayıp, uygulamalarına sosyal hayat ve günlük yaşantılarımızda da sıkça karşılaşmamız mümkündür.

Sosyal hayattan, yaz tatili için otel seçiminde tüm kriterlerinizi karşılama değerlendirmesi, yeni alacağınız cep telefonunda olmasını istediğiniz özellikler ile karşınıza çıkan cep telefonu alternatiflerini değerlendirmeniz ya da satın alacağınız yeni bir arabada fiyat, kalite, güvenlik, konfor, etkileşim gibi kriterler ışında size en uyanı bulma problemini çok kriterli karar verme yöntemleri ile çözebilirsiniz.

İş hayatında, tedarikçi belirlemesimden ürün ve donanım seçimine, firmanıza en uygun yeni yerleşke belirlemesinden üreteceğiniz ürün gamlarına kadar tüm karar problemlerinizde bu yöntemleri kullanarak ideal alternatifi seçme şansınız bulunmaktadır.

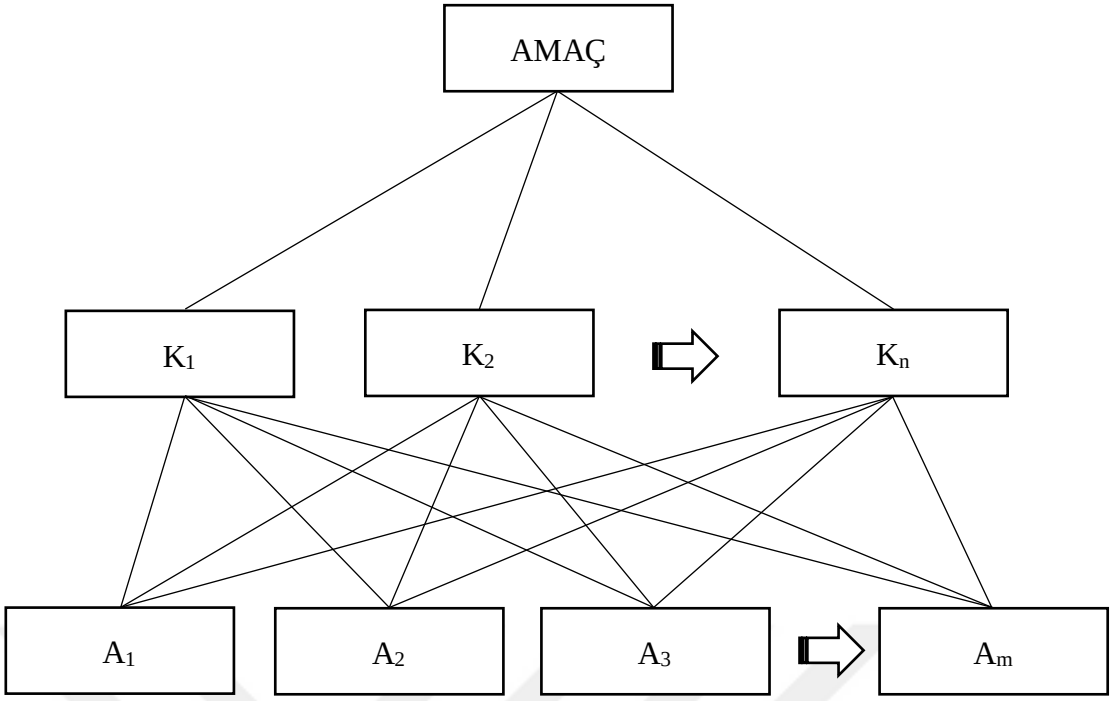
Özdamar çalışmasında çok kriterli karar verme problemlerinin ortak özelliklerini aşağıdaki şekilde sıralamış ve tanımlamıştır [78]:

- Çok kriterlilik hiyerarşik bir yapı oluşturur. Karmaşık problemlerin çözümünde ana kriterler ve alt kriterlerden oluşan matris ve hiyerarşi yapısı ile alternatifin özelliğinin, kalitesinin veya rolünün sorgulaması yapılır.
- Kriterler arasında her zaman bir çatışma vardır. Kriterlerin birbiri ile çelişme olasılığı çok yüksektir. Örneğin çok kaliteli bir ürün üretme isterken maliyetinin de az tutulmaya çalışması gibidir.

- Karışık yapılıdırlar. Sayısal ve sözel verileri barındırdıklarından bazı kriterlerde yargılar kesin olurken bazı kriterlerde yargılar tahmini ve tecrübeye bağlı olabilmektedir.
- Belirsizlik vardır ve değerlendirme kesin olmayabilir. Karar vericiler kişisel değerlemeleriyle karar verirler ve bu nettir ki; insanlar kişisel kararlarında %100 emin olamazlar. Ayrıca, istenilen bilgiler elde edilemeyebilir. Son kararlar en mükemmel ve en kesin kararlar olmayabilir.
- Geniş ölçeklendirme içerebilirler. Karar matrisinde birçok kriter yer alabilir ve tek tek ağırlıklandırılması gerekir.

Karar vericinin karşı karşıya olduğu kriterler ile ideal alternatifi seçebilmek için, içinde bulundukları karmaşık ve belirsiz yapıyı olabildiğince sistematik ve veri elde edilebilir formata sokmaları gerekir. Geleneksel ve tecrübeye bağlı yöntemlerden uzaklaşarak seçim sürecinde gerçekçi ve karmaşıklıktan uzak yapıya geçmeleri problemin çözümünü kolaylaştırarak, karar vericilerin doğru karar vermelerine olanak sağlamaktadır. ÇKKV problemlerinin genel yapısı Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Burada "Ki" ler kriterleri belirtirken, "Aj" ler de alternatifleri belirtmektedir. "n" ve "m" de karar probleminde kaç adet kriter ya da alternatif olduğunu belirtmek için, "1,2,3,…" gibi rasyonel sayıları ifade etmektedir.

Çok kriterli karar verme problemlerinin insanoğlunun doğuşundan itibaren var olmasına rağmen, iş hayatındaki rekabetin ve kazanma çabalarının bir ürünü olarak 1950'li yıllardan sonra, karar verme problemlerinin çözümünde kullanılmak üzere çok çeşitli yöntemler ortaya atılmış ve uygulanmaya başlanmıştır. Günümüzde gelişen teknoloji ve bilimsel çalışmaların artması ile de bu yöntemlerin sayıları gün geçtikçe artmakta, hayatın her alanında kullanılabilir bir hal almaktadır.



Şekil 4.1 ÇKKV yöntemlerinin genel yapısı [50]

Literatürde yer alan çeşitli çok kriterli karar verme yöntemleri Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1 Çok kriterli karar verme yöntemleri

YIL	REFERANS	KISALTMA	TAM ADI
1957	Farrel	DEA (ZVA)	Data Envelopment Analysis
1966	Benayoun Roy	ELECTRE	Elimination and Choice Translating Reality English
1970	Thomas Saaty	AHP	Analytic Hierarchy Process
1971	Benayoun, Montgolfier, Tergny	STEM	Step Method
1972	Laritchev	DEMATEL	The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
1979	Cenevre Battelle Memorial Ens. B.İ.İ.	ORESTE	Organisation, Rangement et Synthèse de Données Relationnelles

Tablo 4.1 Çok kriterli karar verme yöntemleri (devamı)

YIL	REFERANS	KISALTMA	TAM ADI
1981	M. Roubens	TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity Ideal Solution
1982	Hwang ve Yoon	PROMETHEE	The Preference Ranking Organization Method for Enrichment
1982	J.P. Brans	GRA	Grey Relational Analysis
1982	J. Deng	UTA	Utility Additive
1983	Jacquet-Lagreze ve Siskos	EVAMIX	Evaluation of Mixed Data
1990	Voogd	MACBETH	Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation
1990	C.A. Bana e Costa, J.C. Vansnick J. M. De Corte	PAPRIKA	Potentially All Pairwise Rankings of All Possible Alternatives
1992	Paul Hansen, Franz Ombler	TODIM	Acronym in Portuguese of Interactive and Multiple Attribute Decision
1996	Monica M.P.P. Lima, Luiz Flavio	COPRAS	Complex Proportional Assessment
1998	Autran Monteiro Gomes	VIKOR	Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
2006	Zavadskas, Kaklauskas	MOORA	Multi-Objective Optimization on basis of Ratio Analysis
2012	W.K., M. Brauers E. K. Zavadskas	WASPAS	Weighted Aggregated Sum Product Assessment

4.2.1 Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP, Analytic Hierarchy Process); karmaşık ve yapısal olmayan bir durumu temel parçalarına ayırmak; bu parçaları ya da değişkenleri bir hiyerarşik düzen içine oturtmak, her bir değişken için yapılan bağlantılı sübjektif

değerlendirmeleri sayısal değerlere çevirmek, bu sübjektif değerlendirmeleri, değişkenlerden hangilerinin söz konusu durumun sonuçlarını etkileyeceğini ve en yüksek önceliğe sahip olduğunu saptayabilmek amacıyla, incelemek işlevlerini içeren ve yönetsel karar mekanizmasının çalıştırılması esasına dayanan bir karar verme yöntemidir [79].

AHP yöntemi karar vericilerin karmaşık problemleri; problemin ana hedefi, kriterleri, alt kriterler ve alternatifleri arasındaki ilişkiyi gösteren hiyerarşik bir yapıda modellemelerine olanak verir. AHP yönteminin en önemli özelliği karar vericinin hem objektif hem de sübjektif düşüncelerini karar sürecine dâhil edebilmesidir. Bir başka ifade ile AHP, bilginin, deneyimin, bireyin düşüncelerinin ve önsezilerinin mantıksal bir şekilde birleştirildiği bir yöntemdir [43].

Karmaşık durumlar karşısında, doğal karar verme sürecini basit ve hızlı bir hale getirerek efektif bir karara ulaşılmasını sağlayan AHP, grup düşünce sistemini disipline ederek, grup kararlarında verimli bir yapıya ulaşılmasını da sağlamaktadır. AHP, başkaları tarafından kabul edilen fikirleri, yargıları ve gerçekleri; sorunun gerçek görünümü olarak değerlendirmektedir. Grup katılımı, kararı geçerli kılmak için önkoşulsa da grup büyüklüğünün artması uygulama güçlüğü yaratabilmektedir. Grup üyeleri problemi çözmek için temelde ayrıştırma ve bir araya getirme gibi aynı metodu kullanmalarına rağmen, aynı kararı alamamalarının nedeni her bir bireyde bulunan değer yargılarıdır. Farklı yargılar sonucunda, farklı öncelikler çıkar. Ancak yöntem sayesinde bireyler ortak bir çözüme ulaşabilmek için, bilgilerini bilimsel ya da içgüdüsel olarak modele dahil ederler. Ancak bu bilgiler, yöntem sayesinde mantıksal bir süreçte işlem görmüş olurlar. Karar problemlerinin her bir değişkeni için sayısal değer belirtilmesi gerekliliği, karar vericilere birleşik bir düşünce yapısına ve uzlaşıya ulaşma kolaylığı sağlamaktadır [79].

Her alanda ve her durumda bir karar verme ile karşı karşıya kalan insanoğlu genellikle kendi değer sistemlerini ve aslında neye ihtiyacı olduğunu çok iyi bildiklerini varsayarak, diğer bir etkin karar vericinin düşüncelerini kendi karar mekanizmasına hiçbir şekilde etki etmeyeceğini düşünerek yanlış karar verme noktasına gelirler. Aslında burada AHP'nin yararı insanın kendi karar verme mekanizmasını kurmasına yardım sağlayıp, karar matrisine oturtacağı benliğinden

gelen kriterler ile önünde bulunan alternatifleri değerlendirerek daha doğru sonuca ulaşmasını sağlamaktır. Grup ortamında de bu sayede diğer grup üyelerinin de değer yargıları sürece dâhil edilerek sistemin belli bir düzeyinin öğeleri olmalarını sağlayarak, herkes için ideal olan çözüm ortaya atılmaya çalışılır.

AHP yönteminin diğer bir avantajı da nitel ve nicel faktörler arasında ilişki kurularak en iyi sonucun elde edilmesine imkân vermesidir. Bu da hiyerarşik yapıya dayanan çözüm metodu Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminin tercih edilirliğini arttırmaktadır.

Hiyerarşi, nitel ve nicel faktörler ile değerlendirilebilen ve birbirinden ayrı gruplara dâhil edilen varlıklara dayanan, oluşmuş ya da oluşturulan bu grupların tek tek birbirlerini etkilemesi ve ikili olarak birbirlerine göre değerlendirilmesi ile elde edilen sonuçlara bağlı olarak oluşturulan kıyaslama matrisi esasına dayalı olarak kurulmuş matris yapıdır. Bir sistemin analiz işlemi için esas olan, sistemi oluşturan parçaların sayısı ve bunların birbiri ile ilişkilerini ele almak ve bunun da ötesinde sistem içerisindeki birbirinden farklı bilgilerin araştırmacı tarafından anlaşılabilmesini sağlamaktır. Bunu sağlamak için, sistem daha küçük alt sistemlere ayrılır [80].

Hiyerarşi aslında özel bir sistem tipidir ve ortaya çıkarılan birimlerin ayrı ayrı diziler halinde gruplanabileceği ve bir gruptaki öğelerin diğer gruptaki öğeleri etkileyebileceği varsayımına dayanmaktadır. Öncelikle bir gruba ait öğeler birbirinden bağımsız olarak kabul edilmektedir. Eğer bunlar arasında da karşılıklı ilişkiler varsa önce bağımsızlık sonra bağımlılık incelenip ikisi birleştirilmektedir. Ayrıca karar verici söz konusu sisteme yeni düzey ya da öğeler ekleyip çıkarabilmekte ve bu şekilde göreli önemleri daha belirginleştirmek veya sistemin bir ya da daha fazla parça üzerinde yoğunlaşmak isteyebilmektedir.

Hiyerarşiler, yapısal ve fonksiyonel olmak üzere ikiye ayrılabilir. Yapısal Hiyerarşilerde, karmaşık sistemleri oluşturan parçalar, yapısal bir kısım özelliklerine göre (şekil, boyut, renk veya yaş gibi) azalan sırada dizilirler. Örnek olarak Evrenin yapısal hiyerarşisi, galaksilerden samanyollarına, güneş sistemlerine, gezegenlere ve daha aşağıda atomlara, nükleonlara, protonlara ve nötronlara doğru olacaktır. Yapısal Hiyerarşiler, beynin karmaşık sistemleri,

duyular yardımı ile gruplara, alt gruplara ve daha küçük alt gruplara ayırarak analiz etmesi ile yakından ilişkilidir. Fonksiyonel Hiyerarşiler ise tersine, karmaşık sistemlerin kendilerini oluşturan alt sistemler arasındaki temel ilişkilere göre oluşturulmaktadır. Fonksiyonel hiyerarşiler, kişinin bir sistemi arzulanan hedefe yönlendirmesine yardımcı olmaktadır ve Analitik Hiyerarşi Prosesi bu tür hiyerarşilere dayanmaktadır [78],[79].

4.2.1.1 Analitik Hiyerarşi Prosesi'nin Aksiyomları

Analitik Hiyerarşi Prosesi'nin önemli dört temel aksiyomu aşağıda açıklanmıştır [67].

1) İkili Karşılaştırma

Bir karar verici karar problemindeki kriterlerini ikili olarak birbirileri ile karşılaştırmalı ve buna bağlı olarak da kriterlerinin ağırlıklarını (önem derecelerini) bilmelidir. Aynı şekilde alternatifler de kriterlere bağlı olarak birbirleri ile karşılaştırılmalıdır. Karar verici, herhangi bir kritere göre alternatifler arasındaki karşılaştırmalarında eğer A elemanının B elemanına göre, c kriteri açısından tercih edilme derecesi P_c(A,B) ve B kriterinin A kriterine göre tercih derecesi Pc(B,A) ile gösterilir ise, $P_c(B,A) = 1/P_c(A,B)$, başka gösterimle $\frac{Wi}{Wj} = \frac{1}{(\frac{Wi}{Wj})}$ olmalıdır. Diğer bir söylemle, A'nın önemi B'ye göre x kadar ise, B'nin önemi de A'ya göre 1/x kadardır.

2) Homojenlik

Homojenlik, benzer öğelerin karılaştırılması gerektiği anlamındadır. Bu aksiyom ile karşılaştırılan elemanların birbirinden çok farklı olmaması gerektiği, farklı olmaları durumunda ise yargılarda hataların ortaya çıkabileceği ifade edilmektedir. Tercihler, bir ölçek vasıtasıyla temsil edilmektedir. Bu koşul sağlanamamışsa karşılaştırılan elemanlar homojen değildir. Karar verici, herhangi bir kriter altında *i*. alternatif ile *j*. alternatifi karşılaştırırken birini diğerine göre sonsuz iyi olarak değerlendiremez. Başka bir deyişle, ikili karşılaştırmalarda *a* ve *b* kriteri için biri diğerine göre sonsuz kez üstün kabul edilemez. Karşılaştırılan elemanlar birbirlerine göre çok büyük farklara sahipse, yargılamalarda büyük hatalar meydana gelebilir. Hiyerarşi oluşturulurken, aynı seviyedeki elemanların

birbirlerinden çok fazla farklılık göstermemesine dikkat edilmelidir. Yani $\frac{Wi}{Wj} \neq \infty$ (Tüm i ve j 'ler için) 'dur. Öncelikler sınırlandırılmış ölçek yardımıyla gösterilir. Yani öğelerin karşılaştırmaları bu ölçeğe göre yapılacaktır. Kullanılan ölçek 1–9 aralığında olduğu için a_{ij} değerleri de 1/9, 1/8, 1/7,…,1,…,7, 8, 9 aralığında bir değer alacaktır.

3) Bağımsızlık

Kriterler kendi aralarında ve alternatiflerden bağımsızdır. Bu ifade, üst kademe kriterlerin önceliklerinin yeni bir alternatif eklendiğinde veya çıkarıldığında değişmeyeceği anlamına gelmektedir.

4) Beklentiler

Karar verme işleminin yapılabilmesi için, problemi etkileyen tüm kriterler ve alternatifler hiyerarşik bir yapı içerisinde gösterilir. Bir karara varmak için, hiyerarşik yapının tam olduğu varsayılmaktadır. Eğer bu aksiyoma uyulmaz ise karar verici, tüm kriterleri veya tüm uygun seçenekleri kullanmamış demektir. Bu durumda verilecek karar, yetersiz olacaktır. Alternatiflerin sırasının hem karar vericilerin kararına hem de karar probleminin doğasına bağlı olduğunu anlatır

4.2.1.2 AHP Yönteminin Adımları

Saaty klasik AHP' nin adımlarını şu şekilde özetlemiştir [81]:

1. Karar probleminin tanımlanması ve probleme ilişkin kriterlerin belirlenmesi

2. Hiyerarşinin, amaçtan başlanarak, kriter ve alt kriterlere ve alternatif kümesine kadar yapılandırılması

3. İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması

4. Her seviye için öncelik değerlerinin belirlenmesi

AHP yönteminde, öncelikle kriterlerin önemlerine göre ağırlıklandırması yapılır. Alternatifler de ağırlıklandırılmış kriterlere göre değerlendirilerek sıralanır. Her kriter için değerlendirme ölçekleri tanımlanır ve bu ölçeklerin de ikili karşılaştırmaları yapılır. Daha sonra alternatiflerin her kriter için aldığı

değerlendirme puanları ile klasik AHP' den gelen kriter ağırlıkları çarpılıp tüm çarpımların toplanmasıyla her alternatif için bir puan hesaplanır [80].

Analitik Hiyerarşi Prosesi'nin önemli dört temel aksiyomu aşağıda açıklanmıştır [67]:

1) Problemin Tanımlanması

Öncelikle karar vericiler karşı karşıya oldukları problemi iyi bir şekilde analiz ederek tanımlamalı, etki alanı belirlenmeli ve problemin çözümünde AHP yönteminin kullanılabilirliği sorgulanmalıdır.

Karar verme probleminin amacı, ulaşılmak istenen hedefi belirlemektir. Bu amaca etki eden ana kriterler ve onların altında da alt kriterler var ise onları da tanımlayarak alt kriterlere de bağlı alternatifler yapıya dâhil edilir.

2) Hiyerarşik Yapının Kurulması

Hiyerarşik yapı, sistemi oluşturan tüm seviye veya bileşenler arasındaki fonksiyonel bağımlılığın, sistem geneli üzerindeki etkisini en iyi anlatan yapıdır [82]. Hiyerarşi, genel ve az kontrol edilebilen faktörlerden, daha belirli ve kontrol edilebilen faktörlere doğru yapılmalıdır. Ayrıca bir hiyerarşi, problemi temsil edebilecek kadar büyük, öğeler üzerindeki değişikliklere tepki verecek kadar küçük olmalıdır. Hiyerarşi oluşturulurken aynı seviyedeki öğelerin birbirinden bağımsız oldukları varsayılır. Hiyerarşik yapının oluşturulması, problemin daha küçük parçalara ayrılarak incelenmesi için sistematik bir prosedürün oluşturulabilmesine imkân verir [83].

Hiyerarşik yapıda, problemin çözümünü gerçekleyen amacın belirtilmesi, hiyerarşinin kaç seviyeden oluşacağının belirlenmesi, kararın kalitesini etkileyecek ve seçimde kullanılacak olan ana kriterler ile varsa alt kriterlerin ve seviyelerinin tanımlanması, alternatiflerin belirlenmesi gerekmektedir. Problem ne kadar karmaşık ise kriter ve alt kriter sayısı o kadar fazla olur. Bu sebepler hiyerarşik yapıda kademelerde arttırılabilir. Buradan yola çıkarak genel hiyerarşik yapı aşağıda belirtilen dört seviyeden oluşmaktadır:

- Hedef

- Ana kriterler
- Alt kriterler
- Alternatifler

Hiyerarşik yapının oluşturulması problemle ilgili bilgi ve tecrübenin olmasını gerektirmektedir. İki farklı karar verici aynı problem için bilgi birikimlerine, yaşantılarına ve tecrübelerine göre iki farklı hiyerarşik yapı oluşturabilir. Aynı hiyerarşik yapıyı oluştursalar bile, öğelere verecekleri önem dereceleri (ağırlıklar) farklı olabilecektir [83]. Genel olarak hiyerarşi oluşturulurken şu hususlara dikkat edilmelidir:

- Hiyerarşik yapı problemi en iyi şekilde temsil etmelidir.
- Problemi etkileyen tüm yan faktörler göz önüne alınmalıdır.
- Çözüme ışık tutabilecek tüm yayın ve belgeler dikkate alınmalıdır.
- Problemin içerisinde rol oynayacak katılımcılar belirlenmelidir [82].

3) İkili Karşılaştırmaların Uygulanması

İkili karşılaştırma matrisleri, hiyerarşik yapının kurulmasından sonra tüm elemanların birbirlerine göre olan göreceli önem ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla kurulur. Burada tüm kriterler ve seçenekler çiftler halinde karşılaştırılır ve değerlendirilir. Elde edilecek değerlendirme kümesi, bir kare matris şeklinde olan ikili karşılaştırmalar matrisi olarak ifade edilir. Her bir değerlendirme iki eleman arasında, bir üst seviyedeki kritere bağlı olarak hangi kriterin daha önemli olduğunu ortaya koyar ve bu önemin derecesini yansıtır. Karar hiyerarşisinin kurulmasında hiyerarşi seviyelerinin sayısı, problemin karmaşıklığına ve analiz yapan kişinin problem çözümünde ihtiyaç duyacağı detayların derecesine bağlıdır. Her basamağın içerdiği elemanların, birebir kendileri ile karşılaştırılması gerekeceğinden, seviyelerdeki elemanların sayısının çok yüksek olması durumunda, bu elemanlar aynı seviyede farklı gruplara ayrılarak çözüm kolaylaştırılabilir [80].

İkili karşılaştırmaların temel amacı kriterlerin birbirlerine göre önemlerinin diğer kriterlerden etkilenmeden ortaya konarak tüm kriterleri göreli önemlerinin ortaya

konmasıdır. Bu sayede karar vericiler hem tüm kriterler konusunda görüş ve yargılarını ortaya koyabilmekte, hem de tüm kriterler hakkında fikir sahibi olarak karar vermelerinde etkili olacak etmenleri daha net anlayıp görebilmektedirler. Burada karar vericiler, aynı zamanda karar verme için yapılacak ikili karşılaştırma anketlerini de dolduracak ve kriterleri kendi yargılarına göre önem derecelerine atayacakları kişi ya da kişilerdir. Eğer bu karar vericiler bir grup ise, her bir grup üyesinin belirleyeceği kriterlerin önem ağırlıkları birleştirilerek ortak bir önem ağırlık matrisi oluşturulur. Bu sayede grup üyesi karar verici, diğer bir karar vericiden etkilenmeyerek kendi görüşünü kriterlerin önem ağırlıkları üzerinde belirterek, karar verme sürecine dâhil olabilmekte ve görüşünü savunabilme fırsatı elde edebilmektedir.

Karar vericinin bir grup olması durumunda ise kişilerin değerlendirmelerinin toplulaştırılarak matrise yerleştirilmeleri gerekmektedir. Bu işlem, yaygın olarak tercih edilen geometrik ortalama yoluyla gerçekleştirilebileceği gibi uzlaşma, oylama (veya ikna) ve ağırlıklı aritmetik ortalama yöntemlerinden biri ile de yapılabilmektedir [78].

Kriterler karşılaştırılırken hangisinin hiyerarşinin bir üst seviyesindeki bileşenine göre daha önemli olduğu ve ne kadar önemli olduğu sorulurken; alternatifler karşılaştırılırken ise hangi alternatifin ilgili kriter için daha çok tercih edilebilir olduğu değerlendirilir [48].

Analitik Hiyerarşi Prosesi dışındaki çok kriterli karar verme tekniklerinde, karar vericiler çoğunlukla yöntem uygulandıktan sonra işleme dahil edilirken, AHP'de karar vericilerin yargıları, süreç içerisinde ve sürecin tamamında kullanılmaktadır.

AHP'de yapılan ikili karşılaştırmalar, karşılaştırma yapılan niteliğe göre önem, tercih, mutlak ve olabilirlik karşılaştırmaları olmak üzere dört farklı şekilde gerçekleştirilmektedir. Önem karşılaştırması, hedefe göre kriterlerin önem yoğunluğunun belirlendiği karşılaştırma türüdür. Aynı seviyede bulunan iki kriter arasında, hedefe göre ikili karşılaştırma yapılması sırasında kullanılan göreli karşılaştırma türüdür. Tercih karşılaştırması, ölçütlere göre alternatiflerin tercih yoğunluklarının belirlendiği karşılaştırma türüdür. İki alternatif arasında karşılaştırma, belirlenen kritere göre birinci alternatifin, ikinci alternatife karşı

tercih edilme derecesinin ne kadar olduğunu belirtmek amacıyla yapılır. Mutlak karşılaştırma, ölçütlere göre alternatiflerin kesin ölçümleri bilindiğinde kullanılmaktadır. İkili karşılaştırma değeri, iki alternatifin ölçüm değerlerinin oranıdır. Olabilirlik karşılaştırması ise, hiyerarşinin en alt seviyesinde alternatif olarak olaylar ya da senaryolar olduğunda kullanılan karşılaştırma türüdür. Karşılaştırma yapılırken sorulan soru; iki olay ya da senaryonun gerçekleşme olabilirliğinin derecesidir.

Kriterlerde ikili karşılaştırma, bir kriterin diğer bir kritere göre ne kadar önemli olduğu sorusunun yanıtına cevap bulunmak için yapılır. n adet kriter ($K_1, K_2, \dots, K_n$) ve her birinin ağırlığının da sırası ile $W_1, W_2, \dots, W_n$ olduğu varsayılsın. Her kriterin diğerlerine göre göreli ağırlıkları bir matrisin satırları cinsinden yazılıp, her ikiliden ağırlığı daha az düşünülen kriter birim olarak alınarak, diğerinin öneminin onun kaç katı ağırlıkta olduğu düşünülür ve böylece göreli ağırlıkları belirlenebilir. AHP yöntemi, herhangi bir alt düzeydeki tüm öğelerin ilgili üst düzey öğesi temel alınarak, bu öğe üzerindeki göreli etkileri açısından ikişerli olarak karşılaştırılıp ikili karşılaştırmalar matrisinin oluşturulmasına ve bu matrisin en büyük öz değere sahip öz vektörünün bulunması esasına dayanır. Burada bahsedilen öz vektör öncelik sıralarının belirlenmesine, öz değer ise yargının tutarlılığının ölçülmesine yarar [83].

İkili karşılaştırmalar matrisinin genel özellikleri şu şekilde sıralanabilir [67]:

- AHP'de temel ölçek olarak 1–9 ölçeği kullanıldığı için A matrisinin öğeleri daima pozitif olacaktır ve A matrisi kare matristir. Yani ikili karşılaştırmalar matrisi pozitif değerlerden oluşmaktadır. Aynı zamanda $\frac{Wi}{Wj} = \alpha_{ij}$ olarak da gösterilebildiğinden, $\alpha_{ij} > 0$ ve $i, j, k = 1,2, \dots, n$ 'dir.
- İkili karşılaştırma matrisi eğer tam tutarlı ise aşağıdaki eşitliği sağlamalıdır:

$$\alpha_{ij} \cdot \alpha_{jk} = \alpha_{ik} \text{ ve } i, j, k = 1,2, \dots, n \tag{4.1}$$

- Eğer A matrisi tam tutarlı ise, herhangi bir satırdan matrisin diğer tüm öğeleri kolaylıkla elde edilebilir.

- Bu matrisin en büyük öz değerine karşılık gelen öz vektör matrisi AHP'de ağırlık veya öncelik vektörü olarak adlandırılır.
- Matris oluştururken karşılaştırılacak kriterler matrisin soluna ve üstüne aynı şekilde yazılır. Bu matrisin köşegeni üzerindeki matris bileşenleri 1 değerini alır. Kriter kendisi ile karşılaştırıldığında yani karşılaştırma matrisinin köşegeni üzerindeki bileşenler $i = j$ olduğunda 1 değerini alır. Kriterlerin karşılaştırılması, birbirlerine göre sahip oldukları önem değerlerine göre birebir ve karşılıklı yapılır.

Örnek bir ikili karşılaştırma matrisi Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2 İkili Karşılaştırma Matrisi

KRİTER	K_1	K_2	⋯	K_n
K_1	W_1/W_1	W_1/W_2	⋯	W_1/W_n
K_2	W_2/W_1	W_2/W_2	⋯	W_2/W_n
⋮	⋮	⋮	⋱	⋮
K_n	W_n/W_1	W_n/W_2	⋯	W_n/W_n

Kriter sayısının n olduğu bir matriste, (4.2) eşitliğinde gösterilen "d" adet karşılaştırma yapılması gerekmektedir.

$$d = \frac{n \times (n-1)}{2} \tag{4.2}$$

Ana kriterler, alt kriterler ve alternatiflerin ikili karşılaştırmaları yapılarak ağırlıklandırılması Thomas L. Saaty tarafından oluşturulan 1-9 ölçeğine göre yapılmaktadır. Bu ölçek Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3 Karşılaştırma Ölçeği

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önem	İki öğe amaca eşit düzeyde katkı sağlıyor.
2	Zayıf derecede önem	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir öğe diğerine göre biraz daha tercih edilir olduğu düşünülüyor.
3	Orta derecede önem (Az üstünlük)	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir öğeyi diğerine göre orta derecede tercih ettiriyor.
4	Ortalama derecede önem (Ortalama üstünlük)	Öğelerden birinin amaca katkısının daha güçlü olduğu düşünülüyor.
5	Güçlü derecede önem (Fazla üstünlük)	Tecrübe ve değerlendirmeler bir öğeyi diğerine göre güçlü bir şekilde tercih ettiriyor.
6	Güçlü derecede üstünlük	Öğelerden birinin amaca daha güçlü katkısının olduğu düşünülüyor.
7	Çok güçlü derecede önem (Çok üstünlük)	Bir öğe daha güçlü bir şekilde tercih ediliyor ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülüyor.
8	Oldukça güçlü derecede önem	Öğelerden birinin diğerine tamamen üstün olduğu durumdur.
9	Mutlak derecede önem (Kesin üstünlük)	Bir öğe diğerine göre mümkün olan en yüksek derecede tercih edilir.

Tablo 4.3'te bulunan $2, 4, 6, 8$ değerleri ara değerler olarak nitelendirilerek, iki ardışık yargı arasında uzlaşma gerektiğinde kullanılırlar. $1, 3, 5, 7, 9$ değerleri ise niteleyici ayrımlar yapmak için kullanılan ana değerlerdir ve eşit önem, orta derecede önem, güçlü derecede önem, çok güçlü derecede önem, mutlak derecede önem olmak üzere beş ana sıfatla öğeler birbirlerine göre değerlendirilirler.

4) Normalizasyon İşlemi/Önem Derecelerinin Belirlenmesi

$$\boldsymbol{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1/a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1/a_{mn} \end{bmatrix}$$

Bir veya birden çok karar vericinin tecrübeleri ve yargılarına göre görüşlerini ve öğeler hakkında bildirdikleri ağırlıklar ile kurulan ikili karşılaştırma matrisi yukarıdaki gibi oluşturulmaktadır.

Her bir ikili karşılaştırma matrisindeki değerler, (4.3) eşitliğinde gösterildiği gibi ait oldukları sütundaki değerlerin toplamına bölünür ve bu şekilde normalize edilmiş olan karşılaştırma matrisi oluşturulur.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} (a_{ij})} \tag{4.3}$$

Kriterlerin bütün içerisindeki ağırlıklarını belirlemek için, karşılaştırma matrisini oluşturan sütun vektörlerinden yararlanılmaktadır ve n adet, n bileşenli B sütun vektörü oluşturulmaktadır. Normalizasyon işlemiyle oluşan n adet B sütun vektörü C matrisini meydana getirecektir.

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \vdots \\ b_{n1} \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \cdots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{m1} & c_{m2} & \cdots & c_{mn} \end{bmatrix}$$

Oluşturulan C matrisinin her bir satırındaki değerlerin (4.4) eşitliği ile ortalaması alınarak kriterlerin (veya alt kriterlerin ya da alternatiflerin) ağırlıklarını gösteren öncelik vektörünü ifade eden W sütun vektörü bulunur.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} (c_{ij})}{\mathrm{n}} \tag{4.4}$$

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

5) Öncelik Değerlerinin Belirlendiği Diğer Yöntemler

İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan ve matrislerin tutarlılıkları kontrol edildikten sonra karşılaştırılan elemanların öncelik değerleri bulunur. AHP yönteminde çözüm algoritması öncelik (öz değer) vektörünün bulunmasına dayanır. Hiyerarşideki tüm elemanların öncelik vektörleri hesaplandıktan sonra bu değerlerin birleştirilmesi yani sentezi gerçekleştirilir. Sentez aşamasında birleştirilecek öncelik vektörlerinin elde edilmesi için dört yöntem mevcuttur [78].

- **En Basit Yöntem:** İkili karşılaştırma matrisindeki her satırın toplamı bulunur ve her toplam, tüm satırların toplamına bölünür yani normalize edilir. Negatif kriterler için normalizasyon işleminde yapılan değerlendirmelerin çarpmaya göre tersleri alınarak hesaplama yapılır.
- **İyi Bir Yöntem:** İkili karşılaştırmalar matrisinin her sütunundaki elemanlar, o sütunun elemanları toplamına bölünür. Bu şekilde oluşturulan yeni matrisin her satırındaki elemanlar toplanır ve bu toplamlar satırdaki eleman sayısına

bölünür. Bu işlem normalize edilmiş sütunlar üzerinde bir ortalama işlemidir.

- **Daha İyi Bir Yöntem:** İkili karşılaştırma matrisindeki her sütundaki elemanların toplamı alınır ve bu toplamların eşlenikleri (1/sütun toplamı) bulunur. Normalizasyon işleminde ise her eşlenik bu eşleniklerin toplamına bölünür.
- **En İyi yöntem:** İkili karşılaştırmalar matrisinin her satırındaki (n tane) eleman birbiri ile çarpılır ve eleman sayısının (n) derecesinden kökü alınır. Sonuçlar normalize edilir.

6) Tutarlılık (Doğruluk) Oranının Hesaplanması

Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminde ikili karşılaştırmalar yapıldıktan sonra, elde edilecek sonuçların maksimum doğruluğa ulaşması amacı ile tutarlılığı kontrol edilmelidir. Tutarlı olmak rasyonel düşünüşün bir önkoşulu olarak kabul edilir, ancak uygulamada tam anlamı ile tutarlı olmak nerede ise imkansızdır. AHP mükemmel bir tutarlılık talep etmemekte, yeni bilgilere ulaşmanın ancak bir miktar tutarsızlığa müsaade etmekle mümkün olabileceğini öngörmektedir. Tutarsızlığa müsaade ederken, yargılamalarda meydana gelecek tutarsızlığın ölçülmesini gerekli kılmakta ve bu ölçümü sağlamaktadır. İkili karşılaştırma yargılarının tutarlılığını ölçmek için Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen bir "Tutarlılık Endeksi (TE)" kullanılmaktadır [80].

Probleme ilişkin, ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra bu matrislerin tutarlılıkları kontrol edilir. Tutarlılık oranının 0,10 ve daha yüksek çıkması durumunda, değerlendirmelerin tutarsız olduğu sonucuna ulaşılır [67]. İkili karşılaştırmalar yapılırken bileşenler birden fazla defa karşılaştırmalarda yer aldıkları için tutarsız değerlendirmeler olabilmektedir. İkili karşılaştırma matrislerinde meydana gelebilecek bir hata, devamında zincirleme hatalara ve tutarsız bir sonuç elde etmeye sebep olacaktır. Bu noktada AHP' nin tutarlılık kavramı ortaya çıkmaktadır, karşılaştırma matrislerinin ne kadar tutarlı

yapılabildiğini ölçerek tutarlılık kontrolü yapılabilmektedir. Bu kontrol karşılaştırma matrisinin ilk satırı, elde edilen W öncelik vektörü matrisiyle çarpılır ve D sütun vektörü elde edilir [48].

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

D sütun vektöründeki bileşenler (4.5) eşitliğinde gösterildiği gibi sırasıyla öncelik vektöründeki bileşenlere bölünür ve temel değerler (E) elde edilir. Elde edilen temel değerlerin ise (4.6) eşitliği ile ortalaması alınarak karşılaştırmaya ait temel değer λ elde edilir [48].

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \tag{4.5}$$

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^{n} E_i}{\mathrm{n}} \tag{4.6}$$

λ_{max} değeri verilen yargıların tutarlılığını göstermek açısından çok önemlidir. Matristeki aktivitelerin sayısına (n) yakın bir λ_{max} değeri, sonucun daha tutarlı olduğunu ifade eder. Tutarlılık İndeksi (CI), matrisin sahip olduğu en büyük öz değer (λ_{max}), n ise her bir matrisin eleman sayısı olarak tanımlanmaktadır. Elde edilen temel değerlerin ise (4.7) eşitliği ile ortalaması alınarak karşılaştırmaya ait temel değer λ_{max} elde edilir ve CI hesaplanır.

$$\text{Tutarlılık İndeksi (CI)} = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \tag{4.7}$$

Bazen yapılan hesaplamalarda $\lambda_{max} = n$ eşitliğinin sağlanamadığı ancak, λ_{max} değerinin n sayısına çok yakın olduğu durumlarda, sonuç sıfırdan farklı olacaktır. Bu durumda karar vericinin fikri alınarak oluşturulan matrisin tutarlılığını ölçebilmek için, Oak Ridge Ulusal Laboratuvarları'nda 1–9 arasında rasgele değerler verilerek oluşturulan çeşitli boyuttaki matrislerin (1–15 boyutlu) tutarlılık indeksleri hesaplanmış ve Tablo 4.4 oluşturulmuştur.

Tablo 4.4 RI Değerleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

λ_{max} değerinin n sayısına çok yakın olduğu durumlarda, karar vericinin fikri alınarak oluşturulan matrisin tutarlılığının kontrolünün yapılabilmesi için, sıfırdan farklı olarak elde edilen tutarlılık indeksi (CI), oluşturulan matrisin boyutuna göre tablodan alınacak değere bölünerek tutarlılık oranı elde edilir.

$$\text{Tutarlılık Oranı (CR)} = \frac{CI}{RI} \tag{4.8}$$

Elde edilen tutarlılık oranı 0,1'den küçükse yapılan karşılaştırmaların tutarlı olduğu, tutarlılık oranı 0,1'den büyük ise karşılaştırmalarda tutarsızlık olduğu anlaşılır. Bu durumda karar verici yaptığı hesaplama ve ağırlıklandırmaları gözden geçirmeli veya baştan yapmalıdır [48].

4.2.2 TOPSIS

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi ilk kez Hwang ve Yoon (1981) tarafından çok kriterli karar verme problemlerini çözmek için geliştirilmiştir [86]. ELECTRE yöntemine alternatif yöntem gözüyle bulunan TOPSIS yöntemi, bir süre sonra Zeleny (1982) ve Hall (1989) tarafından da uygulanmış ve Yoon ve Hwang (1987), Lai ve Liu (1993) tarafından geliştirilmiştir. TOPSIS ideal çözüm ve alternatifler arasındaki mesafeyi hesaplayarak sıralama yapan bir yöntemdir [72]. Yöntem her bir kriterin tekdüze artan veya azalan fayda eğilimine sahip olduğunu varsaymaktadır.

Bu yöntem, seçilen alternatifin, pozitif ideal çözüme en yakın (PIS), negatif ideal çözüme (NIS) en uzak mesafede olması esasına dayanır. Diğer bir deyişle, pozitif ideal çözüm kriterlerin en iyi değerlerinin birleşiminden, negatif ideal çözüme ise kriterlerin en kötü değerlerinin bileşiminden oluşmaktadır. Tek bir kriterin verilen amaca ya da pozitif ideal çözüme en yakın uzaklıkta olması karar vericileri tatmin etmek için yeterli değildir. Uygulamada, mümkün olduğunca çok kâr sağlayan ve

aynı zamanda riskten en fazla kaçınan kararı vermeye çalışırız. Ayrıca, pozitif ve negatif ideal çözümlerin referans noktası olarak seçilmesi uzun zamandır kabul görmektedir [87]. İdeal çözüm, tüm kriterler sağlandıktan sonra tercih edilen alternatiflerin bu kriterleri olması gereken yani ideal seviyelerde yerine getirmesidir. Eğer ideal çözüm uygulanamaz ya da ulaşılamaz olursa, o zaman ideal çözüme en yakın noktanın seçilmesi gerekmektedir [88].

TOPSIS daha anlaşılır ve uygulaması kolay adımlara sahip olması ve pozitif ile negatif çözümleri aynı anda değerlendirerek ideal ve ideal karşıtı çözümleri göz önünde bulundurması sebepleri ile yaygın kullanılan bir yöntem haline gelmiştir.

Yöntem, yeni kriter eklemek, silmek, kriter ağırlıklarını değiştirmek ve ayrıca sınırlı sayıda öznel girdiye gereksinim duyması, basit ve anlaşılabilir olması nedeniyle de karar vericiler tarafından tercih edilmektedir [75].

Seçilecek alternatif ya da alınacak karar pozitif ideal çözüme en yakın olurken, bazen negatif ideal çözüme en uzak olmayabilir [87]. Diğer bir deyişle, iki alternatiften birinin seçimi ya da iki karardan birinin alınması aşamasında, alternatif ya da kararlardan biri pozitif ideal çözüme en yakın olurken aynı zamanda negatif ideal çözüme en uzak olmayabilir. Diğer alternatif ya da karar negatif ideal çözüme en uzak noktayı sağlıyor olabilir. Bunun gibi durumlarla karşılaşılabileceği için her iki uzaklığın da aynı anda dikkate alınıp değerlendirilmesi gerekir. TOPSIS yönteminde çözüme ulaşırken, alternatifler arasından pozitif ideal çözüme en yakın, negatif ideal çözüme ise en uzak olan alternatif ön plana çıkartılır.

Yatırımcıların kâr ve riske sahip olmaları gibi TOPSIS yönteminde de pozitif ve negatif ideal çözüm yer almaktadır. En iyi alternatifler ya da kararlar pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak mesafede olanlardır. En iyi yatırımlar, en fazla kârı sağlayan ve en çok riskten kaçınanlardır [87].

Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm aşağıdaki gibi gösterilmektedir [67].

$$\text{(Pozitif ideal çözüm) } A^{+} = (v_1^{+}, v_2^{+}, \dots, v_n^{+}) \text{ arasından en iyi olan } v_j^{+} \qquad (4.9)$$

$$\text{(Negatif ideal çözüm) } A^{-} = (v_1^{-}, v_2^{-}, \dots, v_n^{-}) \text{ arasından en iyi olan } v_j^{-} \qquad (4.10)$$

4.2.2.1 TOPSIS Yönteminin Adımları

TOPSIS yönteminin adımları aşağıda açıklanmıştır [72][87][67].

4.2.2.1.1 Karar Matrisinin Oluşturulması

TOPSIS yönteminde AHP'den farklı olarak karar matrisinin sütunlarında karar vermede alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterler, satırlarında ise üstünlüklerine göre sıralanmak istenen alternatifler yer almaktadır.

$$\boldsymbol{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

4.2.2.1.2 Karar Matrisinin Normalize Edilmesi

Farklı ölçeklerdeki değerlendirmelerin aynı ölçeğe getirilerek karşılaştırılabilmeleri olanaklı hale getirilir. Her bir kriter sütunu için, (4.11) eşitliğinde olduğu gibi, sütun vektörlerinin normuna (boyuna) bölünerek, Normalizasyon işlemi uygulanır. Sonuçta Normalize edilmiş karar matrisi (R) elde edilir. Bu adımda karar matrisi elemanları birimlerinden arındırılmış olur ve karşılaştırmaya hazır hale gelir.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{m} a_{kj}^2}} \tag{4.11}$$

$$\boldsymbol{R_{ij}} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

4.2.2.1.3 Ağırlıklı Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması

Değerlendirme faktörlerine ilişkin ağırlık değerleri (4.12) eşitliğinde olduğu gibi hesaplanır (w_i) belirlenir ve "R" matrisinin her bir sütunundaki elemanlar ilgili "w_i" değeri ile çarpılarak "V" matrisi oluşturulur. Yani; alternatifin her kriterden aldığı değer, o kriterin ağırlığı ile çarpılır.

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1 \qquad (4.12)$$

$$\boldsymbol{V_{ij}} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \cdots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \cdots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \cdots & w_n r_{mn} \end{bmatrix}$$

4.2.2.1.4 Pozitif (A^+) ve Negatif (A^-) İdeal Çözümlerin Bulunması

Yöntem, tüm kriterlerin monoton artan veya azalan bir eğilime sahip olduğunu varsaydığından ideal alternatif setinin oluşturulması için V ağırlıklandırılmış kriterlerinin yani matrisinin sütun değerlerinin en büyükleri, eğer alternatifler en küçükleme problemi ise en küçükleri ile alternatifler oluşturulur. Buna göre (4.13) eşitliğinde de olduğu gibi A^+ en tercih edilebilir alternatifi ya da ideal çözümü, (4.14) eşitliğinde olduğu gibi de A^- ise en az tercih edilebilir alternatifi ya da negatif ideal çözümü göstermektedir.

J fayda (maksimizasyon), J' ise kayıp (minimizasyon) değerini belirtir.

$$A^+ = \{(max\ v_{ij} | j \in J), (\min v_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m\} = \{v_1^+, \dots, v_n^+\} \qquad (4.13)$$

$$A^- = \{(max\ v_{ij} | j \in J), (\min v_{ij} | j \in J') | i = 1, 2, \dots, m\} = \{v_1^-, \dots, v_n^-\} \qquad (4.14)$$

4.2.2.1.5 Ayrım Ölçülerinin Hesaplanması

Ayrım ölçüsü, pozitif ideal çözüme ya da negatif ideal çözüme olan uzaklığı ifade eder. Her bir alternatife ilişkin değerlendirme ölçütlerinin değerlerinin pozitif ve negatif ideal çözüm setinden sapmalarının belirlenebilmesi için Öklid mesafesi yaklaşımından faydalanılmaktadır.

Pozitif ideal çözüme uzaklık: $S_i^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (v_{ij} - v_j^+)^2} \qquad i = 1,2, \dots, m \qquad (4.15)$

Negatif ideal çözüme uzaklık: $S_i^- = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2} \qquad i = 1,2, \dots, m \qquad (4.16)$

4.2.2.1.6 Pozitif İdeal Çözüme Yakınlığın Hesaplanması

Her bir alternatifin ideal çözüme göreli yakınlığının (C_i^+) (4.17) eşitliğinde olduğu gibi hesaplanmasında pozitif ve negatif ideal ayrım ölçülerinden yararlanılır. Burada kullanılan ölçüt, negatif ideal ayrım ölçüsünün toplam ayrım ölçüsü içindeki payıdır. Yani, negatif ideal çözümden uzaklık değeri arttıkça pozitif ideal çözüme yakınlık değeri artmaktadır. Pozitif ideal çözümden uzaklık değerinin 0'a yaklaşması durumunda pozitif ideal çözüme yakınlık değeri de 1'e yaklaşmaktadır. $C_i^+ = 1$ ilgili karar noktasının pozitif ideal çözüme, $C_i^+ = 0$ ilgili karar noktasının negatif ideal çözüme mutlak yakınlığını gösterir.

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+} \tag{4.17}$$

4.2.2.1.7 Tercih Sıralamasının Yapılması

En yüksek C_i^+ değerine sahip alternatif seçilir ya da C_i^+ değerlerinin büyüklüklerine göre alternatifler arasında sıralama yapılır.

5
Bulanık Mantık

Bulanık mantık kavramı ilk kez Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 yılında ortaya atılmıştır. 1970 yılından sonra doğu dünyasında özellikle Japonya'da bulanık mantık ve sistem kavramlarına önem verilmiştir. Bulanık mantık kuramı, içerdiği faaliyetlerin ve gözlemlerin ifadesi kesinlik içermeyen ve belirsiz olan problemlerin çözülmesi için geliştirilmiş, teknolojik cihaz yapım ve işleyişinde kullanılması ile günümüzde tüm dünyada yaygın bir şekilde tanınmış ve kullanılmaktadır.

Bulanık mantık teorisi temelde, insanların düşünce ve algılarındaki belirsizliklerle ilgilenir ve bu belirsizlikleri rasyonelleştirir. Bu teori, belirsizlik veya netlik içermeyen karar verme problemlerine netlik kazandırıp, çözümdeki sorunları ortadan kaldıran kavramlar ve yöntemler sunmaktadır. Gerçek bir olayın kavranılması insan bilgisinin yetersizliği sebebiyle tam anlamı ile mümkün olamadığından, insan, düşünce sisteminde ve zihninde bu gibi olayları yaklaşık olarak canlandırarak yorumlarda bulunur. Genel olarak, değişik biçimlerde ortaya çıkan karmaşıklık ve belirsizlik gibi tam ve kesin olmayan bilgi kaynaklarına bulanık (fuzzy) kaynaklar adı verilir [89]. Günlük hayatta sıklıkla kullandığımız yüksek, biraz yüksek, çok yüksek, az, çok az, çok fazla, ileri, çok ileri gibi belirsizlik ifade eden terimler üzerine kurulmuştur.

5.1 Bulanık Kümeler Kuramı

Klasik sistem kuramının matematiksel yöntemleri, gerçek dünyadaki özellikle insanları içeren karmaşık sistemlerle uğraşırken Zadeh'e göre yetersiz kalmaktaydı. Bu durumun üstesinden gelebilmek için Zadeh, niteliklerin üyelik fonksiyonlarıyla ifade edildiği bulanık kümeler tanımlamasını önermiştir. Bulanık küme, devamlı üyelik derecesine sahip nesneler kümesidir. Bulanık küme, her nesneyi 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesine sahip üyelik fonksiyonu ile nitelendirmektedir [89]. Başka bir deyişle; bulanık küme, değişik üyelik derecesinde öğeleri olan bir topluluktur. Burada "0" değeri üye olmamayı, "1" değeri de tam üye olmayı

belirtirken (0,1) arası değerler de kısmi üyelik kavramına karşılık gelir. Bulanık küme teorisinin ana özelliğini şu şekilde açıklamamız mümkündür. Klasik küme teorisinde, bir kümeyi oluşturan elemanlar kesin (belirgin) elemanlar olup, bir eleman kümenin ya elemanı olmakta ya da olmamaktadır. Yani değer ya "0" ya da "1" olmaktadır.

Sözel ifadeler genellikle yaklaşıklık ve bulanıklık anlamları içerdiğinden dolayı bu ifadeler üzerinde matematiksel işlemler yapabilmek için bir küme ve bu kümeye ait olma üyelik fonksiyonu ile tanımlanmalıdırlar.

Üyelik fonksiyonu veya karakteristik fonksiyon, E evrensel kümesine ait bir x elemanının, A alt kümesine ait olma derecesini veren bir fonksiyondur ve $\mu_A(x)$ ile gösterilir. $\forall x \in E$ için $\mu_A(x) \in [0,1]$ olmaktadır. Burada [0,1], 0'dan 1'e kadar olan kapalı aralığı temsil etmektedir. $\mu_A(x)$ alt kümesi, bulanık alt küme veya bulanık küme olarak adlandırılır. Bulanık küme, yalnızca 0 (ait değil) veya 1 (ait) değerlerini almamakta, bunlardan başka 0 ve 1 arasında değerler de alabilmektedir [89].

5.2 Bulanık Sayılar

Bulanık sayılar dışbükey, normalleştirilmiş, sınırlı sürekli üyelik fonksiyonu olan ve gerçel sayılarda tanımlanmış bir bulanık küme olarak ifade edilir. Bulanık kümeler üyelik fonksiyonlarıyla tanımlandıkları için bulanık sayılar da kendi üyelik fonksiyonları ile aynı kavramlardır. Bu nedenle üyelik fonksiyonu çeşidi kadar bulanık sayı çeşidi vardır [67].

Bulanık sayılar, reel sayıların bir bulanık alt kümesidir ve "güvenlik aralığı" fikrinin gelişmiş halini temsil eder. Dubois ve Prade'in yaptığı tanıma göre, üyelik fonksiyonu $\mu_A(x) : R \rightarrow [0,1]$ olan Ã bulanık sayılar şu özelliklere sahip olmalıdır [90].

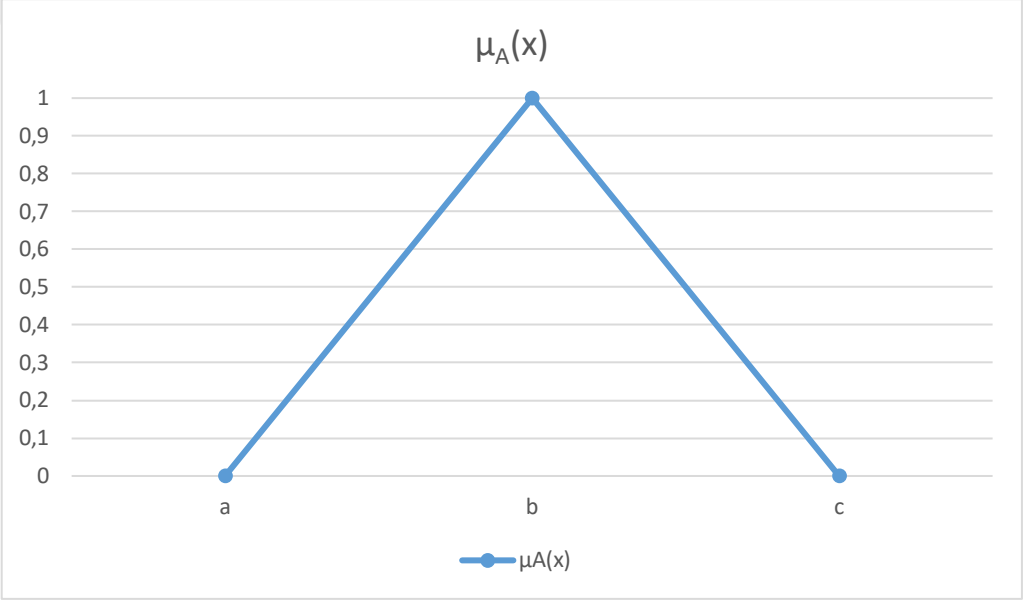
- $\mu_A(x)$, Reel sayılar kümesinden [0,1] kapalı aralığında bir sürekli fonksiyondur.
- $\mu_A(x)$ bir konveks bulanık alt kümedir.
- $\mu_A(x) = 1$ yapan bir x_0 sayısı vardır.

Bulanık sayılar en çok üçgen veya yamuk üyelik fonksiyonlarla ifade edilmekte olup bu fonksiyonlar aşağıda verilmiştir.

5.2.1 Üçgensel Bulanık Sayılar

Üçgen bulanık sayılar (a, b, c) şeklinde üç elemandan oluşan sayılardır. Şekil 5.1'de gösterilen üçgen bulanık sayı için üyelik fonksiyonu aşağıda verilmiştir.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & ,x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & ,a \leq x < b \\ \frac{c-x}{c-b} & ,b \leq x < c \\ 0 & ,x > c \end{cases} \tag{5.1}$$

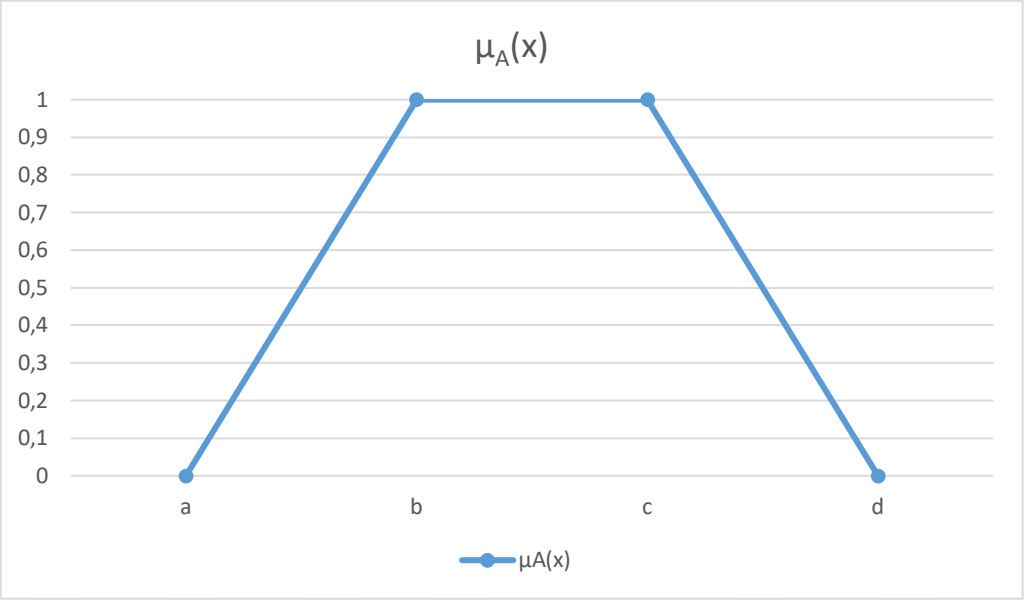


Şekil 5.1 Üçgen bulanık sayı

5.2.2 Yamuk Bulanık Sayılar

Yamuk bulanık sayılar "a, b, c, d" şeklinde dört sayı ile temsil edilen sayılardır. Şekil 5.2'de gösterilen yamuk bir bulanık sayı için üyelik fonksiyonu aşağıdaki ifade ile belirlenir.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & ,x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & ,a \leq x < b \\ 1 & ,b \leq x < c \\ \frac{d-x}{d-c} & ,c \leq x < d \\ 0 & ,x > d \end{cases} \quad (5.2)$$



Şekil 5.2 Yamuk bulanık sayı

5.2.3 Bulanık Sayılarda İşlemler

$\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ şeklinde iki üçgen bulanık sayı olmak üzere, aşağıdaki aritmetik işlemler geçerlidir.

$$\tilde{M}_1 \oplus \tilde{M}_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_{2,} u_1 + u_2) \quad (5.3)$$

$$\tilde{M}_1 \ominus \tilde{M}_2 = (l_1 - l_2, m_1 - m_{2,} u_1 - u_2) \quad (5.4)$$

$$\tilde{M}_1 \otimes \tilde{M}_2 = (l_1\, l_2, m_1 m_{2,} u_1 u_2) \quad (5.5)$$

$$\tilde{M}_1 \oslash \tilde{M}_2 = (l_1 / u_2, m_1/m_{2,} u_1/l_2) \quad (5.6)$$

$\tilde{M}_1 = (a_1, b_1, c_1, d_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (a_2, b_2, c_2, d_2)$ şeklindeki iki yamuk bulanık sayı olmak üzere, aşağıdaki aritmetik işlemler geçerlidir.

$$\widetilde{M}_1 \oplus \widetilde{M}_2 = (a_1 + a_2, b_1 + b_{2,} c_1 + c_2, d_1 + d_2) \quad (5.7)$$

$$\widetilde{M}_1 \ominus \widetilde{M}_2 = (a_1 - a_2, b_1 - b_{2,} c_1 - c_2, d_1 - d_2) \quad (5.8)$$

$$\widetilde{M}_1 \otimes \widetilde{M}_2 = (a_1\, a_2, b_1 b_{2,} c_1 c_2, d_1 d_2) \quad (5.9)$$

$$\widetilde{M}_1 \oslash \widetilde{M}_2 = (a_1 / d_2, b_1 / c_{2,} c_1 / b_2, d_1 / a_2) \quad (5.10)$$

5.3 Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (Fuzzy AHP)

Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi ikili karşılaştırma sürecinde belirgin sayılar kullanırken belirsizlik ve kararsızlık gibi durumları ele almada yetersiz kalmaktadır. Ancak günümüzdeki problemlerde ya da alınacak kararlarda pek çok eksik, belirsiz veya bulanık bilgiler içeren problemlerden oluşmaktadır.

Klasik Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi belirsizlik durumunda karar verme işlemini gerçek ortama tam uygun olarak gerçekleştiremediğinden dolayı, bulanık mantıkla bütünleştirilerek Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) ile adlandırılan yöntem ortaya konmuştur. Bu yöntemde karar verici genellikle kesin ve net değerler içeren nitelendirmeler yapmak yerine, ara değerlerden oluşan ve problemi gerçek dünyaya daha doğru şekilde nitelendirebilecek değerlendirme yapmayı daha güvenilir bulmaktadır [91].

Bulanık AHP konusundaki ilk çalışma 1983'te Van Laarhoven ve Pedrycz tarafından yapılmıştır. Van Laarhoven ve Pedrycz bu çalışmalarında üçgensel bulanık sayılarla ifade edilen bulanık oranları kıyaslamışlardır. Buckley 1985'teki çalışmasında yamuk bulanık sayıları kullanarak karşılaştırma oranlarının bulanık önceliklerini belirlemiştir. Stam, Minghe ve Haines (1996) son geliştirilen yapay zeka tekniklerinin AHP'deki kullanımlarını açıklamışlardır. Chang (1996) bulanık AHP'nin ikili karşılaştırma skalasında üçgensel bulanık sayıları kullanarak ve ikili karşılaştırmaların sentetik mertebe değerleri için mertebe analizi metodunu kullanarak bulanık AHP için yeni bir yaklaşım getirmiştir.

5.3.1 Buckley Yaklaşımı

Buckley, karşılaştırma oranlarının bulanık önceliklerinin yamuk üyelik fonksiyonu ile belirlendiği BAHP yöntemini önermiştir. Bu çalışmada, tam değerlerin yerine bulanık oranlar kullanılarak hiyerarşik analiz genişletilmiştir. Önerilen yöntemde, hiyerarşideki kriterlerin ikili karşılaştırmaları sonucu bulanık pozitif karşılıklı matrisler oluşturulur. Her bulanık matris için bulanık ağırlıkların hesaplanmasında geometrik ortalama yöntemi kullanılır ve bunlar alternatiflerin en son bulanık ağırlıklarını belirlemek için birleştirilir. Daha sonra, bulanık ağırlıklar alternatifleri en düşükten en yükseğe sıralamada kullanılır. Bu çalışmada Buckley, Laarhoven ve Pedrcyz'in önerdiği yöntemi iki yönden eleştirmektedir. Bu eleştirilerden ilki; Laarhoven ve Pedrcyz'in çalışmalarında üçgen bulanık sayıları kullanmasıdır. Buckley, değerlendirmede üçgen bulanık sayıların kullanılması durumunda kayıp verilerin oluşabileceğini ve birden çok sonuç ortaya çıkabileceğini belirtmektedir. İkinci eleştirisi, üçgen bulanık sayılar ile işlemlerin sonuçlarının her zaman yine bir üçgen bulanık sayı olmamasıdır. Bu da yaklaşık sonuç kullanmayı zorunlu kılar. Buckley, çalışmasında ele alınan yöntemde ağırlıklar için tek bir bulanık sayı üretmiştir. Bu da veri kaybını önlemektedir [92].

Buckley modelinin en önemli avantajı, problemi bulanık duruma genişletmenin kolay olması ve tek bir sonucu garanti etmesidir. Dezavantajı ise hesap işlemlerinin yorucu, zahmetli, karışık, hata yapmaya açık ve çok fazla olmasıdır [17].

Yöntemin uygulama adımları ve matematiksel algoritması aşağıdaki gibi özetlenebilir [10],[11]:

- **Adım 1**: Kriterlerin oluşturulması ve tespiti aşamasında, önceden belirlenmiş olan karar vericiler ve uzman grup tarafından alternatiflerin seçimi için göz önünde bulundurulması gereken kriterler tespit edilir. Yine bu aşamada literatür taraması da kullanılması belirlenecek olan kriterlerin daha uygun ve verimli olmasını sağlayacaktır.

- **Adım 2**: Bulanık sözel ifadelerin oluşturulması aşamasında, hesaplamada kullanılacak olan dilsel ölçek ve bulanık sayı karşılıkları belirlenir.
- **Adım 3:** Uzman görüşlerinin oluşturulması aşamasında, kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi için anketler vasıtasıyla uzman görüşleri toplanır. Bunun için uzmanlar kriterlerin ikili karşılaştırılması anketlerini doldururlar. Bu anketler aşağıdaki matrisi oluşturulurlar:

$$\tilde{\mathrm{A}}^{\mathrm{k}} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{A}_{21} & \cdots & \tilde{A}_{1n} \\ \tilde{A}_{21} & 1 & \cdots & \tilde{A}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{A}_{m1} & \tilde{A}_{m2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \tag{5.11}$$

- **Adım 4:** Uzman görüşlerinin üçgen bulanık sayılara dönüştürülmesi aşamasında, uzmanlardan toplanan tüm anket verileri sözel ifadeler şeklinde olduğundan dolayı hesaplamalarda kullanılamazlar. Bu yüzden toplanan anket verilerin üzerinde hesaplamanın yapılabilmesi için önceden belirlenen dilsel ölçeğin bulanık sayı karşılıklarına göre tüm veriler üçgen bulanık sayılara dönüştürülür.
- **Adım 5:** Uzman değerlendirmelerinin derlenip bir araya getirilmesi aşamasında, değerlendirme birden fazla uzman tarafından yapılırsa uzman görüşlerinin bir araya getirilmesi icap eder. Literatürde bu işlem için en çok ağırlıklı ortalama yöntemi kullanılmaktadır. Ağırlıklı ortalama yöntemi aşağıda gösterildiği gibi hesaplanır. (5.12) eşitliğinde "$\tilde{A}_{mn}$", m. kriterle n. kriterin birleştirilmiş karşılaştırma değerini; "z_k" , k. uzmanın önem ağırlığını; "A_{mn}^{k}" , k. uzmanın m. kriterle n. kriteri karşılaştırma değeridir.

$$\tilde{A}_{mn} = \frac{z_1 A^1_{mn} + z_2 A^2_{mn} + \cdots + z_k}{z_1 + z_2 + \cdots + z_k} \quad (5.12)$$

Bir sonraki aşama olarak kabul edilen, tüm uzmanların ortalamaları alınarak oluşturulan karar matrisi de (5.13) eşitliği ile aşağıdaki gibi gösterilebilir.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{A}_{21} & \cdots & \tilde{A}_{1n} \\ \tilde{A}_{21} & 1 & \cdots & \tilde{A}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{A}_{m1} & \tilde{A}_{m2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (5.13)$$

Yukarıdaki formülde Ã birleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisini sembolize etmektedir.

- **Adım 6:** Kriter ağırlıklarının hesaplanması aşamasında, kriter ağırlıklarının hesaplanması aşağıda ifade edildiği gibi 2 aşamadan oluşmaktadır.

  İlk aşama olarak, karar matrisinin her satırının geometrik ortalaması alınır. Bu işlem (5.14) eşitliği ile ifade edilir.

$$\tilde{b}_i = (\tilde{a}_{i1} \otimes \tilde{a}_{i2} \otimes \ldots \otimes \tilde{a}_{in})^{1/n} \quad (5.14)$$

  Burada "n", toplam kriter sayısını; "$\tilde{a}_{in}$" "i." kriterin n. kriterle bulanık karşılaştırma değerini , "$\tilde{b}_i$", "i." kriterin tüm kriterlerle bulanık karşılaştırma değerlerinin geometrik ortalamasını, "⊗" sembolü ise çarpım işaretini ifade etmektedir.

  2. aşama olarak ise aşağıda ifade edilen (5.15) eşitliği yardımıyla bulanık ağırlıklar hesaplanabilir. (5.15) eşitliğindeki "$\widetilde{w}_i$" değeri "i." kriterin bulanık ağırlığıdır.

$$\widetilde{W}_i = \frac{\tilde{b}_i}{(\tilde{b}_1 + \tilde{b}_2 + \cdots + \tilde{r}_n)} \quad (5.15)$$

- **Adım 7:** Bulanık ağırlıklar için durulaştırma ve normalizasyon işlemlerinin yapılmasında, bulanık değerlerin mutlak değerlere dönüştürülmesi için aşağıda belirtilen (5.16), (5.17) ve ya (5.18) eşitliklerinde herhangi biri ya da literatürde kabul gören başka durulaştırma eşitliklerinden birisi kullanılabilir.

$$A_d = \frac{a+4b+c}{6} \tag{5.16}$$

$$A_d = \frac{(c-1)+(m-1)}{3} + 1 \tag{5.17}$$

$$A_d = \frac{a+b+c}{3} \tag{5.18}$$

Elde edilen mutlak ağırlıkların daha iyi bir şekilde incelenip değerlendirilebilmesi için (5.19) eşitliği kullanılarak normalizasyon işlemi yapılır.

$$(w_i^R)^N = \frac{w_i^N}{\sum_{i=1}^{n} w_i^{SN}} \tag{5.19}$$

(5.19) eşitliğindeki "$(w_i^R)^{SN}$ ", i. alt kriterin normalize ağırlığı; n alt kriter sayısını ifade etmektedir.

- **Adım 8:** Bağıl ağırlıkların hesaplanması aşamasında, alt kriterlerin kendi aralarında daha iyi bir şekilde irdelenebilmesi için bağıl bulanık ağırlıklar aşağıda ifade edilen (5.20) eşitliği ve bağıl mutlak ağırlıklar (5.21) eşitliği vasıtasıyla hesaplanır.

$$(\widetilde{w_i^R})^{SN} = (\widetilde{w})^N \otimes (\widetilde{w})_i^{SN} \tag{5.20}$$

(5.20) eşitliğinde gösterilen "$(\widetilde{w_i^R})^{SN}$", i. alt kriterin bağıl bulanık ağırlığını, "$(\widetilde{w})^N$" o alt kriteri içeren ana kriterin bulanık ağırlığını, "$(\widetilde{w})_i^{SN}$", i. alt kriterin bulanık ağırlığını ifade etmektedir.

$$(w_i^R)^{SN} = (w^R)^N \otimes (w_i^R)^{SN} \tag{5.21}$$

(5.21) eşitliğinde gösterilen "$(w_i^R)^{SN}$", i. alt kriterin bağıl bulanık ağırlığını, "$(w^R)^N$" o alt kriteri içeren ana kriterin normalize mutlak ağırlığını, "$(w_i^R)^{SN}$", i. alt kriterin normalize mutlak ağırlığını ifade etmektedir.

5.3.2 Buckley Tip 1 Yaklaşımı

Buckley yaklaşımının diğer bir çözüm uygulama adımları aşağıda açıklanmıştır:

- **Adım 1:** Kriterler, alt kriterler ve alternatifler için ikili karşılaştırma matrisleri, dilsel (sözel) terimler kullanılarak oluşturulmuştur. İkili karşılaştırma matrisinin her elemanı (a_{ij}), dilsel terimine karşılık gelen bulanık bir sayıdır. Buna göre ikili karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi gösterilir;

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{21} & \cdots & \tilde{a}_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \cdots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{m1} & \tilde{a}_{m2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \tag{5.22}$$

5.22 eşitliğinde görülen matriste bulunan bulanık sayılar üçgen bulanık sayı olarak varsayılarak (5.23) eşitliğindeki gibi tekrar yazılabilir.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & (a_{12l,}a_{12m}, a_{12u}) & \cdots & (a_{1nl,}a_{1nm}, a_{1nu}) \\ (a_{21l,}a_{21m}, a_{21u}) & 1 & \cdots & (a_{2nl,}a_{2nm}, a_{2nu}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (a_{n1l,}a_{n1m}, a_{n1u}) & (a_{n2l,}a_{n2m}, a_{n2u}) & \cdots & 1 \end{bmatrix} \tag{5.23}$$

Kriterlerin değerlendirilmesinde ikili karşılaştırma matrislerinde bulunan dilsel (sözel) terimlere karşılık gelen üçgen bulanık sayılar Tablo 5.1' de verilmiştir.

Tablo 5.1 Bulanık üçgen sayıların önem dereceleri

Tanım	Bulanık Ölçek	Karşılık Ölçek
Eşit derecede önemli	(1, 1, 3)	(1/3, 1, 1)
Biraz daha fazla önemli	(1, 3, 5)	(1/5, 1/3, 1)
Kuvvetli derecede önemli	(3, 5, 7)	(1/7, 1/5, 1/3)
Çok kuvvetli derecede önemli	(5, 7, 9)	(1/9, 1/7, 1/5)
Kesin daha önemli	(7, 9, 9)	(1/9, 1/9, 1/7)

- **Adım 2:** Her bir bulanık ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılığı incelenmelidir. Bulanık çiftli karşılaştırma matrislerinin tutarlılığını kontrol etmek için, çiftli karşılaştırma değerleri derecelendirilmiş ortalama entegrasyon yaklaşımı ile bulanıklaştırılır. $\tilde{A} = [\tilde{a}_{ij}]$ 'nin bulanık bir pozitif karşılıklı matris olduğunu ve $A = [\tilde{a}_{ij}]'$ in bulanıklaştırılmış pozitif karşılıklı matris olduğunu varsayalım. Karşılaştırma sonuçlarının tutarlı olması durumu, sonuçların da tutarlı olduğu anlamına gelebilir. Kademeli ortalama

entegrasyon yaklaşımına göre, üçgen bulanık bir sayı, aşağıdaki eşitlik kullanılarak net bir sayıya dönüştürülebilir:

$$A = \frac{l+4m+u}{6} \tag{5.24}$$

İkili karşılaştırmalar tutarlı değilse, uzmanlar ikili karşılaştırmaları yeniden değerlendirmelidir.

- **Adım 3:** Kriterleri ve alternatifleri ağırlıklandırmak için, her bir matris sırası için bulanık geometrik ortalaması hesaplanır. İlk önce, her satırdaki üçgen bulanık sayıların ilk parametrelerinin geometrik ortalaması hesaplanır:

$$\begin{aligned} a_{1l} &= [1 \times a_{12l} \times \ldots \times a_{1nl}]^{1/n} \\ a_{2l} &= [a_{21l} \times 1 \times \ldots \times a_{2nl}]^{1/n} \\ &\ldots \\ a_{il} &= [a_{n1l} \times a_{n2l} \times \ldots \times 1]^{1/n} \end{aligned} \tag{5.25}$$

Sonra, her satırdaki üçgen bulanık sayıların ikinci ve üçüncü parametrelerinin geometrik ortalamaları sırasıyla hesaplanır:

$$\begin{aligned} b_{1m} &= [1 \times b_{12m} \times \ldots \times b_{1nm}]^{1/n} \\ b_{2m} &= [b_{21m} \times 1 \times \ldots \times b_{2nm}]^{1/n} \\ &\ldots \\ b_{im} &= [b_{n1m} \times b_{n2m} \times \ldots \times 1]^{1/n} \end{aligned} \tag{5.26}$$

Üçüncü parametrelerinin geometrik ortalaması aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\begin{aligned} c_{1u} &= [1 \times c_{12u} \times \ldots \times c_{1nu}]^{1/n} \\ c_{2u} &= [c_{21u} \times 1 \times \ldots \times c_{2nu}]^{1/n} \\ &\ldots \\ c_{iu} &= [c_{n1u} \times c_{n2u} \times \ldots \times 1]^{1/n} \end{aligned} \tag{5.27}$$

Satırdaki geometrik ortalama değerlerin toplamının düşük parametreler için a_{1s}, orta parametreler için a_{2s} ve üst parametreler için a_{3s} olduğu varsayılır. Son olarak $\tilde{r}_{ij}$ matrisi yukarıda elde edilen a_{ij} değerleri kullanılarak elde edilir:

$$\tilde{r}_{ij} = \begin{vmatrix} \left(\frac{a_{1l}}{a_{3s}}, \frac{b_{1m}}{a_{2s}}, \frac{c_{1u}}{a_{1s}}\right) \\ \left(\frac{a_{2l}}{a_{3s}}, \frac{b_{2m}}{a_{2s}}, \frac{c_{2u}}{a_{1s}}\right) \\ \vdots \\ \left(\frac{a_{il}}{a_{3s}}, \frac{b_{im}}{a_{2s}}, \frac{c_{iu}}{a_{1s}}\right) \end{vmatrix} \quad (5.28)$$

- **Adım 4:** Bulanık ağırlıklar ve değerler aşağıdaki (5.29) eşitliğine göre toplanır:

$$\widetilde{U}_i = \sum_{j=1}^{n} (\widetilde{w}_j \tilde{r}_{ij}), \quad \forall i. \quad (5.29)$$

Burada, "$\widetilde{U}_i$" i. alternatifin fayda değeri, "$\widetilde{w}_j$" j. kriterin ağırlığı ve "$\tilde{r}_{ij}$" ise j. kritere göre i. alternatifin performansını ifade eder.

- **Adım 5:** Kritik ve alternatiflerin önem sırasını belirlemek için bulanık sayılar durulaştırılır ve normalize edilir. Bu aşamadan sonra "CI" hesaplanır.

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \quad (5.30)$$

COA, üçgen bulanık bir sayı yöntemi aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$BNP_i = \frac{(u_i - l_i) + (m_i - l_i)}{3} + l_i, \ \forall i \quad (5.31)$$

- **Adım 6:** En iyi alternatif en yüksek değeri alan alternatif olarak belirlenir.

5.4 Bulanık TOPSIS

Bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinden ve alternatifler arasında sıralama yapmakta kullanılan Bulanık TOPSIS yöntemi, hem nitel hem de nicel karar kriterlerinin, kriter değerleriyle ilgilenen esnek bir yapıya sahip yöntemdir. Bu yöntem, klasik TOPSIS yönteminden farklı olarak sözel değişkenler yardımı ile problem içerisinde yer alan mevcut kriter ağılıkları bazında alternatiflerin performanslarını hesaplayıp, alternatiflerin kendi aralarında sıralanmasını ve bu şekilde karşılaştırma yapabilme imkanı sağlar. Alternatifler veya seçenekler kendi aralarında sıralanırken; ideal olan alternatif, pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan seçenek olarak nitelendirilir. Bu durumun gerçekleşmesi içinse; yönteme özgü olarak, her bir kriterin monoton olarak artan veya azalan bir değişim gösterdiği varsayılır [93].

Klasik TOPSIS yönteminde, performans değerleri ve kriterlerin ağırlıkları kesin sayılar olarak verilmektedir. Bu yüzden, ağırlıkların ve nitel ölçümlerin belirlenmesinde insan algılamasından ortaya çıkan belirsizliği dikkate alamaz. Kesin verilerin, gerçek hayatta karşımıza çıkan uygulamaları modellemede yetersiz kalmasından dolayı sübjektif nitelikler ve niteliklerin ağırlıkları çoğu zaman sözel değişkenler ile ifade edilir [87].

Yöntemdeki temel mantık; mevcut kriterleri en iyi değerlerle sağlayan bir çözüm olarak nitelendirilen pozitif ideal çözüme ve kriterleri en kötü değerlerle sağlayan olarak adlandırılan negatif ideal çözüme ulaşabilmektir. Bulanık TOPSIS yöntemi, dilsel belirsizliğin olduğu, alternatiflerin birbirleri ile yapılacak karşılaştırma hissedildiği süreçlerde ve grup kararı vermeyi gerektiren problemlerin çözümünde oldukça kullanışlıdır. Karar vericiler, karar kriterlerinin önem düzeyini ve bu karar kriterlerine göre her bir alternatif ve seçeneği kolaylıkla değerlendirebilirler [88],[93].

Yöntemin uygulanabilmesi için karar vericilere, kriterlere ve alternatiflere ihtiyaç duyulmaktadır. Belirlenen karar vericiler belirlenen kriterleri ve alternatifleri değerlendirirken düşüncelerini sözel olarak ifade ederler ve bu dilsel ifadeler daha sonra üçgen ya da yamuk bulanık sayılara dönüştürülerek her bir alternatifin

yakınlık katsayıları hesaplanmaktadır. Elde edilen yakınlık katsayıları, değerlerine göre sıralanarak uygun alternatif seçilmektedir [14].

Bu yöntemde kullanılan kriter ağırlıkları ve alternatif değerlendirmeleri, üçgen bulanık sayılarla belirtilen dilsel ifadelerle yapılmaktadır.

Chen'in önerdiği Bulanık TOPSIS yönteminde, öncelikle sözel değişkenler yardımıyla karar kriterlerinin ve mevcut alternatiflerin değerlendirilmesi yapılmaktadır. Yapılan değerlendirmeler bulanık sayılara dönüştürülerek sayısallaştırıldıktan sonra, bulanık ağırlıklar matrisi ve bulanık karar matrisi oluşturulur. Daha sonra karar matrisi normalize edilerek, normalize bulanık karar matrisi elde edilir. Normalize bulanık karar matrisinde yer alan değerler ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi oluşturulur. Bulanık pozitif ideal çözüm ve bulanık negatif ideal çözüm belirlendikten sonra vertex yöntemi ile alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözümlere olan uzaklıkları hesaplanır. Bu değerlerden yararlanarak, alternatiflerin yakınlık katsayıları bulunur ve yakınlık katsayılarına göre mevcut alternatifler en iyiden en kötüye doğru sıralanır [67][94].

Bulanık TOPSIS yönteminin ilk adımında, karar vericilerden oluşan bir komite oluşturulur. K tane karar vericiden oluşan küme $E = \{D_1, D_2, \dots, D_K\}$ şeklinde ifade edilir. Karar vericilerden oluşan bir komite oluşturulduktan sonra mevcut alternatifler $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ ve bu alternatifleri değerlendirmede kullanılacak kriterler $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ belirlenir. Daha sonra alternatiflerin değerlendirilmesinde ve kriterlerin önem ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan sözel değişkenler seçilir. Karar vericiler, bu sözel değişkenler yardımıyla mevcut alternatif ve kriterleri değerlendirirler. Daha sonra, karar vericiler tarafından sözel değişkenler ile yapılan bu değerlendirmeler bulanık sayılar şeklinde ifade edilir. K tane karar vericinin alternatifler ve kriterler için değerlendirmelerini tek bir değere indirgeyebilmek için aşağıda açıklanan yol izlenir [94].

$$x_{ij} = \frac{1}{K}\left[\tilde{x}_{ij}^{1} \oplus \tilde{x}_{ij}^{2} \oplus \dots \oplus \tilde{x}_{ij}^{K}\right] \tag{5.32}$$

Burada, "$\tilde{x}_{ij}^{K}$", K. Karar vericinin değerlendirmesini göstermektedir.

Her kriter için K tane karar verici tarafından belirlenen ağırlıkları tek bir değere indirgemek için, $(\widetilde{w}_j)$ şekilde hesaplanabilir:

$$\widetilde{w}_j = \frac{1}{K}\left[\widetilde{w}_j^1 \oplus \widetilde{w}_j^2 \oplus \ldots \oplus \widetilde{w}_j^K\right] \tag{5.33}$$

Burada "$\widetilde{w}_j^K$", K. Karar vericinin önem ağırlığını göstermektedir.

Tüm kriter ve alternatifler için tek bir değer elde edildikten sonra karar problemi matris formatında aşağıdaki şekilde gösterilir:

$$\widetilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \qquad \widetilde{W} = [\widetilde{w}_1, \widetilde{w}_2, \ldots, \widetilde{w}_n] \tag{5.34}$$

Burada, $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ve $\widetilde{w}_j = (w_j, w_j, w_j)$ üçgen bulanık sayılar olup, $\widetilde{D}$ bulanık karar matrisini, $\widetilde{W}$ ise bulanık ağırlıklar matrisini göstermektedir.

Karar matrisinin oluşturulmasından sonraki adım karar matrisinin normalize edilmesidir. Bulanık karar matrisi (5.36) ve (5.37) eşitlikleri yardımıyla normalize edilir ve normalize bulanık karar matrisi $\tilde{R}$ elde edilir:

$$\tilde{R} = \left[\tilde{r}_{ij}\right]_{m\times n} \tag{5.35}$$

B ve C, fayda ve maliyet kriterleri olmak üzere:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_{ij}}{u_j^+}, \frac{m_{ij}}{u_j^+}, \frac{u_{ij}}{u_j^+}\right), \quad j \in B, \quad u_j^+ = \max_i u_{ij}, \quad j \in B \tag{5.36}$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_j^-}{u_{ij}}, \frac{l_j^-}{m_{ij}}, \frac{l_j^-}{l_{ij}}\right), \quad j \in B, \quad l_j^- = \min_i u_{ij}, \quad j \in B \tag{5.37}$$

şeklinde hesaplanır. Burada, $r_{ij}, (\forall i, j)$ normalize edilmiş üçgen bulanık sayılardır.

Normalize bulanık karar matrisinin oluşturulmasından sonra, her bir karar kriterinin farklı önem ağırlığına sahip olabileceği dikkate alınarak ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi aşağıdaki şekilde oluşturulur:

$$\tilde{V} = \left[\tilde{v}_{ij}\right]_{m\times n} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \tag{5.38}$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \times \tilde{w}_j \tag{5.39}$$

Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra bulanık pozitif ideal çözüm (FPIS, A^+) ve bulanık negatif ideal çözüm (FNIS, A^-) aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$A^+ = (\tilde{v}_1^+, \tilde{v}_2^+, \dots, \tilde{v}_n^+) \quad \tilde{v}_j^+ = (1,1,1) \quad j = 1,2, \dots, n \tag{5.40}$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad \tilde{v}_j^- = (0,0,0) \quad j = 1,2, \dots, n \tag{5.41}$$

Daha sonra, her alternatifin pozitif ideal çözüm (A^+) ve negatif ideal çözüme (A^-) olan uzaklıkları hesaplanır:

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^{n} d_v\left(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^+\right), \qquad i = 1, 2, \dots, m \tag{5.42}$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^{n} d_v\left(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-\right), \qquad i = 1, 2, \dots, m \tag{5.43}$$

Burada, "d_v" iki bulanık sayı arasındaki uzaklığı göstermektedir.

İki üçgen bulanık sayı arasındaki uzaklık vertex yöntemi yardımıyla hesaplanabilir:

$$d_v(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3}\left[(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2\right]} \tag{5.44}$$

Pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme göre uzaklıklar belirlendikten sonra, alternatiflerin sıralamasını belirleyebilmek için her alternatife ilişkin yakınlık katsayıları (CC_i) hesaplanır. Yakınlık katsayısı, bulanık pozitif ideal çözüme (A^+) ve bulanık negatif ideal çözüme (A^-) uzaklığı aynı anda dikkate alır. Her alternatifin yakınlık katsayısı aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}, \qquad i = 1, 2, \dots, m \tag{5.45}$$

$A_i = A^+$ ise $CC_i = 1$ olacağı ve $A_i = A^-$ ise $CC_i = 0$ olacağı açıktır. Diğer bir ifade ile CC_i değeri 1'e yaklaştıkça, alternatif A_i pozitif ideal çözüme daha yakın ve negatif

ideal çözümden daha uzak olacaktır. CC_i' nin dereceli sıralamasına göre, tüm alternatiflerin sıralaması belirlenebilir ve olası alternatifler arasından en iyi olanı seçilebilir.

6
Gemi Tipi Seçiminde Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS Yöntemlerinin Uygulanması

Dünya ticaretinde uluslararası lojistiğin yaklaşık %90'lık kısmını yüklenen deniz ticaretinin önemi nedeniyle gemi inşaatı sektörü, dünya piyasaları ile eş zamanlı olarak canlanmakta ya da duraklama dönemlerine girmektedir. Ancak dünyadaki ticaretin son durumu dışında da, yeni gemi inşaatı sektöründe artan arz miktarı, şirketler arasında rekabetin daha da kızışmasına neden olup birbirlerinden bir adım öne geçme yarışında doğru kararları almanın önemi gün geçtikçe artmaktadır. Doğru zamanda doğru kararlar ile tersanelerin dünya ticareti ile birlikte gelişen ve güncellenen pazar ihtiyacına cevap verebilmesi, rakiplerine göre her zaman bir adım önde olmanın avantajını getirmektedir. Bu nedenle Türk tersaneleri proje yönetimi konusunda uzmanlaşmayı ve pazarın ihtiyaçlarına göre kısa sürede değişim göstermeyi hedef haline getirmişlerdir. Pazar ihtiyacını iyi analiz ederek, inşa kabiliyetleri ışığında ya da inşa kabiliyetlerini arttırarak pazara cevap verebilme yarışı içerisindedirler. Bu yarışa girmeden önce ya da yarış esnasında doğru stratejinin kurulması, tüm diğer sektörlerdeki şirketler ve firmalar için olduğu gibi tersaneler için de en hayati aşamadır. Kurulacak stratejinin en önemli ve gelecek başarılarda büyük paya sahip olan kısmı, tersanede inşa edilecek gemi tipleri arasından günümüzdeki önemli kriterlere bağlı olarak tersaneye en uygun olabilecek gemi tipi ya da tiplerinin belirlenmesidir.

Yukarıda belirtilen amaçla bu çalışmada yapılan uygulamada, Türkiye gemi inşaatı sanayisi öncülerinden olan bir tersane incelemeye alınarak, tersanenin inşa edebileceği yedi farklı gruptaki gemi tiplerini, uzman karar vericilerin tersaneye yeni proje kazandırmalarında göz önünde bulundurdukları on adet ana önemli kritere göre değerlendirmesini ve günümüz koşullarında tersanede inşa edilmesi en uygun gemi tipinin seçimi incelenmiştir.

Sektörün mevcut durumu ve tersane vizyonuna en uygun olabilecek gemi tipi, bu çalışmada iki aşamada belirlenmiştir. İlk aşamada tersane yönetici kadrosunda bulunan karar verici uzmanlar ile fikir alışverişi yapılmış, yeni projelerin imzalanması sürecinde dikkat ettikleri on adet ana kriter belirlenerek kriter ikili karşılaştırma matrisi kurulmuştur. İkili karşılaştırma matrisi başta dilsel (sözel) ifadelerle kurulmuş ve daha sonra bu sözel ifadeler üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Analitik üçgensel bulanık sayılara çevrilen matris Buckley'in 1985 yılında önerdiği Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi ile önem derecelerine göre çözülerek kriterler ağırlıklandırılmıştır.

İkinci aşamada Bulanık AHP ile önem derecelerine göre ağırlıklandırılan ve sıralanan kriterlere göre yedi adet alternatif arasından her birine, Chen'in 2000 yılında önerdiği Bulanık TOPSIS yöntemi algoritması uygulanarak kendi içlerinde sıralanmıştır.

6.1 Birleştirilmiş Bulanık Yöntemlerin Uygulama Adımları

Uygulamada ana metotları olan ve birleştirilerek uygulanmış Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemlerinin adımları aşağıdaki şekilde izlenmiştir:

- **Adım 1:** Tersane stratejisi analiz edilir ve sektör taraması yapılır. Elde edilen veriler ve bulgular ile tersanede inşa edilebilecek gemi tipleri belirlenir.
- **Adım 2:** Gemi tipinin ya da tiplerinin belirlenmesinde değerlendirme aşamasında kullanılacak olan kriterler uzman karar vericiler ile belirlenir ve sınıflandırılır.
- **Adım 3:** Uzman karar vericilerin değerlendirmeleri ve görüşleri göz önünde tutularak ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Daha sonra her karşılaştırma matrisi için tutarlılık endeksi ve tutarlılık oranı hesaplanır.
- **Adım 4:** Kriterler ikili karşılaştırma matrisinde dilsel (sözel) ifadeler kullanılarak birbirlerine göre karşılaştırılır ve önem dereceleri belirlenir.

İkili karşılaştırmada kriterleri değerlendirmede kullanılan dilsel ifadelerin bulanık sayı karşılıkları Tablo 6.1'de verilmiştir.

Tablo 6.1 Kriterleri değerlendirmede kullanılan dilsel ifadelerin üçgen bulanık sayı karşılıkları

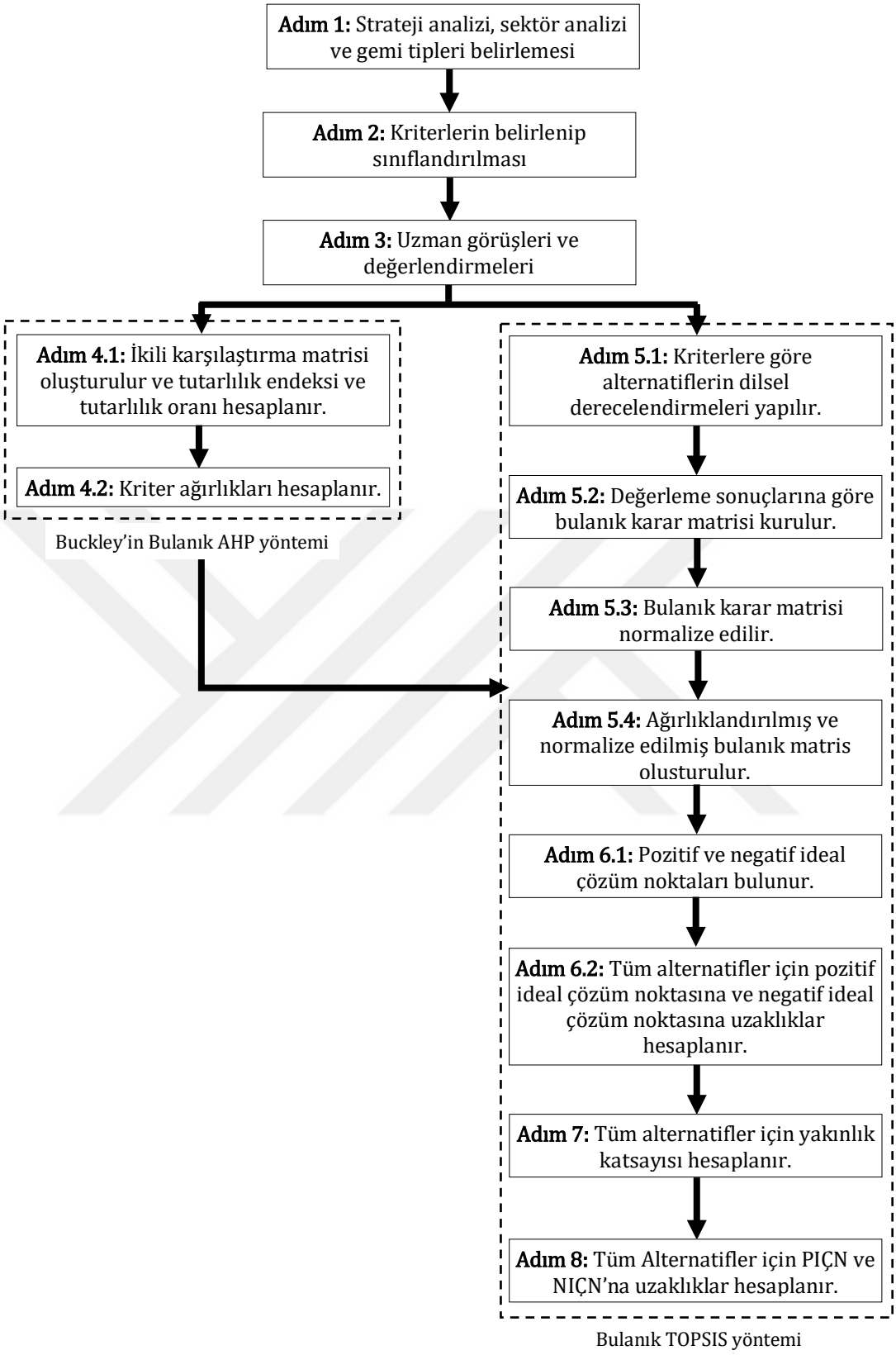
Tanım	Bulanık Ölçek	Karşılık Ölçek
Eşit derecede önemli (E)	(1, 1, 3)	(1/3, 1, 1)
Biraz daha fazla önemli (BD)	(1, 3, 5)	(1/5, 1/3, 1)
Kuvvetli derecede önemli (K)	(3, 5, 7)	(1/7, 1/5, 1/3)
Çok kuvvetli derecede önemli (ÇK)	(5, 7, 9)	(1/9, 1/7, 1/5)
Kesin daha önemli (KD)	(7, 9, 9)	(1/9, 1/9, 1/7)

- **Adım 5:** Kriterlere göre alternatiflerin özellikleri, avantajlar, ve dezavantajları sorgulanarak dilsel derecelendirmeleri yapılır. Bu derecelendirmeler yapılırken uzman karar vericilerin tecrübeleri ve tersanenin arşiv bilgilerine dayanılarak ölçekler belirlenir. Dilsel ifadeler Tablo 6.2' ye göre bulanık sayılara dönüştürülür. Daha sonra, bulanık karar matrisi değerlendirmelere göre kurulur ve normalizasyon aşamasında faydalar ve maliyet kriterleri dikkate alınır. Ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisi, Bulanık AHP'den elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak üretilir.

Tablo 6.2 Alternatifleri kriterlere göre değerlendirmede kullanılan dilsel ifadelerin üçgen bulanık sayı karşılıkları

Tanım	Bulanık Ölçek
Çok kötü (ÇK)	(0, 0, 1)
Kötü (K)	(0, 1, 3)
Biraz kötü (BK)	(1, 3, 5)
Orta (O)	(3, 5, 7)
Biraz iyi (Bİ)	(5, 7, 9)
İyi (İ)	(7, 9, 10)
Çok iyi (Çİ)	(9, 10, 10)

- **Adım 6:** Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm noktaları belirlendikten sonra, alternatiflerin bu noktalara olan uzaklıkları belirlenir.
- **Adım 7:** Pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme göre uzaklıklar belirlendikten sonra, alternatiflerin sıralamasını belirleyebilmek için her alternatife ilişkin yakınlık katsayıları (CC_i) hesaplanır. Yakınlık katsayısı, bulanık pozitif ideal çözüme (A^+) ve bulanık negatif ideal çözüme (A^-) uzaklığı aynı anda dikkate alır.
- **Adım 8:** Hesaplanan yakınlık katsayılarına göre alternatifler sıralanır.



Şekil 6.1 Birleştirilmiş bulanık metotların uygulama akış şeması [95].

6.2 Kriterler

Tersanede inşaatına karar verilecek gemi tipi seçiminde, uzman karar vericiler ile yapılan görüşmelerde önemli olarak değerlendirilen ve yapılan literatür taramasında daha önceki çalışmalarda da yer verilmiş kriterlerden kar, prestij, adamxsaat maliyeti, pazar ihtiyacı, tersane inşa kabiliyetine uygunluk, dış kaynak kullanım ihtiyacı, test ve garanti süreçleri maliyeti, proje toplam maliyeti, proje yönetim zorluğu ve gelecek getirileri olmak üzere toplam on adet kriter değerlendirmeye alınarak karar matrisi oluşturulmuştur.

6.2.1 Kar (K1)

Proje bitiminde tersanenin elde edeceği maddi gelir miktarını belirtmektedir. Şirketler yüksek kar oranları için değişik çalışmalar yapmaktadırlar.

6.2.2 Prestij (K2)

Üzerinde çalışılan projenin büyüklüğüne ve birçok özelliğine bağlı olarak dünya pazarında oluşturacağı ilgi ortamı ve tersanenin marka tanınırlığını arttırmasıdır. Bu kriter müşterinin sektörde tanınmışlığı, güvenilirliği ve itibarının düzeyini de barındırmaktadır.

6.2.3 Adamxsaat Maliyeti (K3)

Proje inşaatı sırasında, imalat zorluğuna bağlı olarak ton çelik başına harcanacak adamxsaat miktarının maddi değeridir. Burada tersanenin teknolojik alt yapısının ne kadar kullanılabildiğine bağlı olarak da adamxsaat maliyeti azalmakta ya da artmaktadır.

6.2.4 Pazar İhtiyacı (K4)

Dünya pazarında hangi tip gemilerde talep fazlalığı olduğunu, hangi tip gemilere oluşan talebin gelecekte azalacağını ve benzer projelere dünya pazarından ne kadar talep geldiğini belirtmektedir. Seri gemi üretim olanakları araştırılmalıdır.

6.2.5 Tersane İnşa Kabiliyetine Uygunluk (K5)

Projenin tersanenin inşaatı kapasitesine, uygulama yöntemlerine, teknolojik altyapısına, norm kadrosuna ve inşa kabiliyetine uygunluğunu belirtir. Tersanelerin en önemli teknolojik alt yapılar atölyeleri, panel hatları, kaldırma kapasiteleri ve havuz ile kızak sayısı ve boyutlarıdır.

6.2.6 Dış Kaynak Kullanım İhtiyacı (K6)

Proje imalatı esnasında tersane dışından karşılanacak hizmet alımları, malzeme alımları, yurtdışı tedarik maliyetleri, alt işveren desteği ve teknik destek gibi ek maliyetleri belirtmektedir.

6.2.7 Test ve Garanti Süreçleri Maliyetleri (K7)

Projenin tamamlanması için müşteriye teslimlerde gereken fabrika kabul testleri (FAT), liman kabul testleri (HAT) ve seyir tecrübe testlerinin (SAT) tersaneye oluşturacağı maliyetler ile proje teslimi sonrası tersane tarafından müşteriye sağlayacağı garanti süreçlerinin süresi ve bunun oluşturacağı maliyetleri belirtmektedir.

6.2.8 Proje Toplam Maliyeti (K8)

Projenin başlangıcından, malzeme alımına, işçilik maliyetlerinden, tüm hizmet alımlarına ve yapılan tüm tersane işletme maliyetlerini belirtmektedir. Burada diğer bir girdi ise, projenin zamanında tamamlanamaması nedeniyle tersanenin müşteriye ödeyeceği ceza miktarı olup, bu kriter kapsamında değerlendirilmelidir.

6.2.9 Proje Yönetim Zorluğu (K9)

Projenin büyüklüğü ile doğru orantılı olarak, tersane-müşteri ilişkisi yönetimi, kalite kontrol süreçlerinin yönetimi, proje ve dizayn onay süreçlerinin diğer paydaş ve müşteri ile yönetimi gibi girdileri belirtmektedir. Burada bu yönetim süreçleri için tersanenin sahip olması gereken kalifiye personel ihtiyacı göz önünde bulundurulmalıdır.

6.2.10 Gelecek Getirileri (K10)

Bir müşteri ile bir proje anlaşmasından sonra projenin tamamlanıp müşteriye tesliminin ardından aynı müşteri ile benzer ya da daha büyük projelerde çalışma olanağının olup olmadığını ya da bu müşterinin referansı ile yeni müşteriler kazanılması ve onlarla yeni proje anlaşmalarının yapılabilme ihtimallerini belirtir.

6.3 Alternatifler

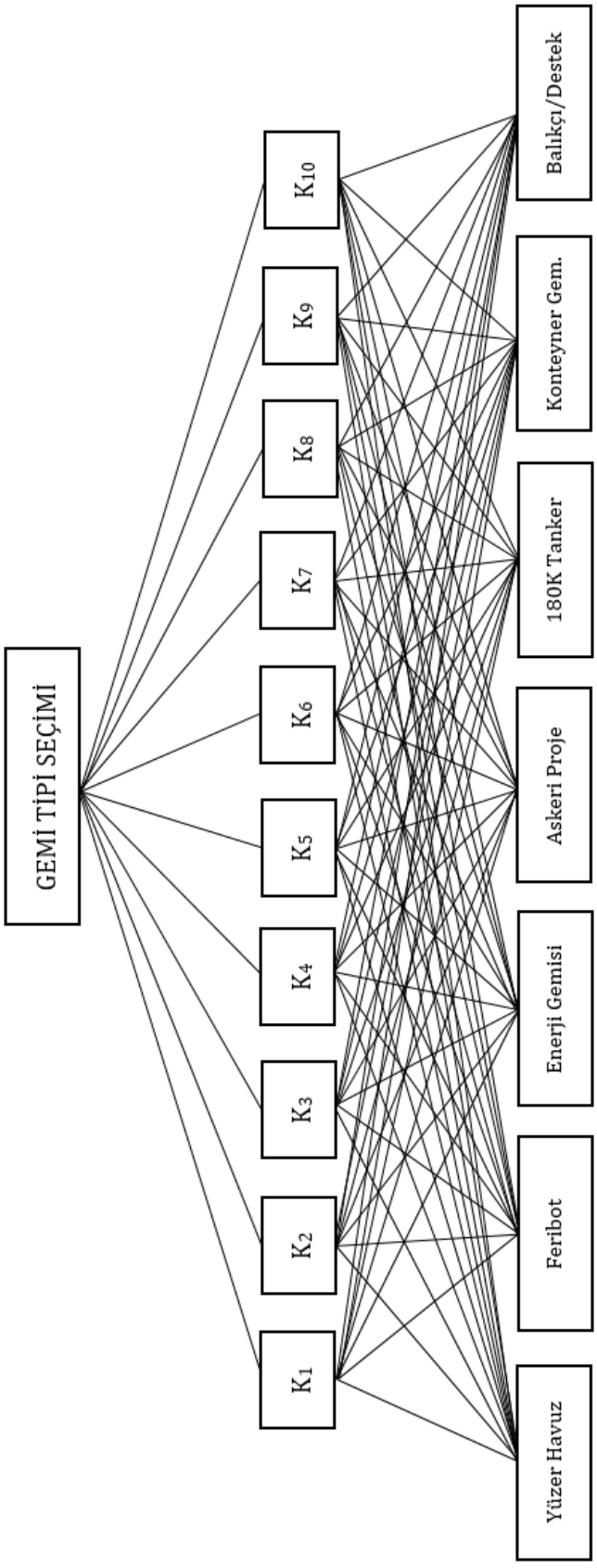
Tersanenin daha önce teslim ettiği projelerden edindiği tecrübe ve yeni pazar ihtiyaçlarına bağlı olarak seçilen yedi adet alternatif aşağıda belirtilmiştir:

- Yüzer Havuz
- Feribot
- Enerji Gemisi
- Askeri Proje
- 180000 DWT Tanker
- 1800 TEU Konteyner
- 100m Civarı Balıkçı / Destek Gemileri

6.4 Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS Yöntemlerinin Uygulanması

Literatür taraması sonucunda elde edilen ve uzman karar vericilerin görüşleri ve değerlendirmeleri doğrultusunda belirlenen on adet kriter ile yedi adet alternatifin hiyerarşik yapısı Şekil 6.1' de gösterilmektedir.

Belirlenen kriterlerin, birleştirilen uzman görüş ve değerlendirmelerine göre kurulmuş dilsel ifadeler içeren ikili karşılaştırma matrisi Tablo 6.4' de verilmiştir. Bulanık AHP yönteminde öncelikle dilsel (sözel) ifadelerle kurulan ikili karşılaştırma matrisi üçgen bulanık sayılar kullanılarak hesap yapılabilir hale çevrilmiştir. Tablo 6.3' de verilen sözel ikili karşılaştırma matrisinin Tablo 6.1' de bulunan sözel ifadelerin sayısal üçgen bulanık sayı karşılıklarıyla gösterilmiş hali Tablo 6.5' de verilmiştir.



Şekil 6.2 Gemi tipi seçimi hiyerarşik yapısı

Tablo 6.3 Kriter ağırlıklarının ikili karşılaştırma matrisinde sözel ifadelerle gösterilmesi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Kar (K1)		ÇK	ÇK	K	BD	KD	K	K	ÇK	1/BD
Prestij (K2)	1/ÇK		1/BD	1/BD	1/K	BD	BD	E	E	1/K
AdamxSaat Maliyeti (K3)	1/ÇK	BD		E	1/K	K	E	BD	BD	1/K
Pazar İhtiyacı (K4)	1/K	BD	1/E		E	ÇK	K	K	K	1/BD
Tersane İnşa Kabiliyetine Uygunluk (K5)	1/BD	K	K	1/E		K	K	K	ÇK	1/BD
Dış Kaynak Kullanım İhtiyacı (K6)	1/KD	1/BD	1/K	1/ÇK	1/K		1/BD	1/BD	1/K	1/KD
Test ve Garanti Süreçleri Maliyeti (K7)	1/K	1/BD	1/E	1/K	1/K	BD		BD	E	1/ÇK
Proje Toplam Maliyeti (K8)	1/K	1/E	1/BD	1/K	1/K	BD	1/BD		BD	1/KD
Proje Yönetim Zorluğu (K9)	1/ÇK	1/E	1/BD	1/K	1/ÇK	K	1/E	1/BD		1/ÇK
Gelecek Getirileri (K10)	BD	K	K	BD	BD	KD	ÇK	KD	ÇK	

Üçgen bulanık sayılarla kurulan ikili karşılaştırma matrisinde değerlerin tutarlılığının kontrol edilmesi gerekir. Bu nedenle daha önceki konu anlatımlarında bahsedilen (5.16), (5.17), (5.18) ya da (5.24) eşitliklerinden biri kullanılarak tek bir sayıya çevrilir. Matrisin durulaştırılarak tekil sayıya çevrilmiş hali Tablo 6.4' de gösterilmektedir.

Tablo 6.4 Durulaştırılmış edilmiş ikili karşılaştırma matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
K1	1	7	7	5	3	8,33	5	5	7	0,51
K2	0,15	1	0,51	0,51	0,23	3	3	1,67	1,67	0,23
K3	0,15	3	1	1,67	0,23	5	1,67	3	3	0,23
K4	0,23	3	0,78	1	1,67	7	5	5	5	0,51
K5	0,51	5	5	0,78	1	5	5	5	7	0,51
K6	0,12	0,51	0,23	0,15	0,23	1	0,51	0,51	0,23	0,12
K7	0,23	0,51	0,78	0,23	0,23	3	1	3	1,67	0,15
K8	0,23	0,78	0,51	0,23	0,23	3	0,51	1	3	0,12
K9	0,15	0,78	0,51	0,23	0,15	5	0,78	0,51	1	0,15
K10	3	5	5	3	3	8,33	7	8,33	7	1

Tablo 6.5 Kriter ağırlıklarının ikili karşılaştırma matrisinde üçgen bulanık sayılarla gösterilmesi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
Kar (K1)	(1, 1, 1)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(7, 9, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(0.2, 0.33, 1)
Prestij (K2)	(0.11, 0.14, 0.2)	(1, 1, 1)	(0.2, 0.33, 1)	(0.2, 0.33, 1)	(0.14, 0.2, 0.33)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(1, 1, 3)	(1, 1, 3)	(0.14, 0.2, 0.33)
AdamxSaat Maliyeti (K3)	(0.11, 0.14, 0.2)	(1, 3, 5)	(1, 1, 1)	(1, 1, 3)	(0.14, 0.2, 0.33)	(3, 5, 7)	(1, 1, 3)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(0.14, 0.2, 0.33)
Pazar İhtiyacı (K4)	(0.14, 0.2, 0.33)	(1, 3, 5)	(0.33, 1, 1)	(1, 1, 1)	(1, 1, 3)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(0.2, 0.33, 1)
Tersane İnşa Kabiliyetine Uygunluk (K5)	(0.2, 0.33, 1)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(0.33, 1, 1)	(1, 1, 1)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(0.2, 0.33, 1)
Dış Kaynak Kullanım İhtiyacı (K6)	(0.11, 0.11, 0.14)	(0.2, 0.33, 1)	(0.14, 0.2, 0.33)	(0.11, 0.14, 0.2)	(0.14, 0.2, 0.33)	(1, 1, 1)	(0.2, 0.33, 1)	(0.2, 0.33, 1)	(0.14, 0.2, 0.33)	(0.11, 0.11, 0.14)
Test ve Garanti Süreçleri Maliyeti (K7)	(0.14, 0.2, 0.33)	(0.2, 0.33, 1)	(0.33, 1, 1)	(0.14, 0.2, 0.33)	(0.14, 0.2, 0.33)	(1, 3, 5)	(1, 1, 1)	(1, 3, 5)	(1, 1, 3)	(0.11, 0.14, 0.2)
Proje Toplam Maliyeti (K8)	(0.14, 0.2, 0.33)	(0.33, 1, 1)	(0.2, 0.33, 1)	(0.14, 0.2, 0.33)	(0.14, 0.2, 0.33)	(1, 3, 5)	(0.2, 0.33, 1)	(1, 1, 1)	(1, 3, 5)	(0.11, 0.11, 0.14)
Proje Yönetim Zorluğu (K9)	(0.11, 0.14, 0.2)	(0.33, 1, 1)	(0.2, 0.33, 1)	(0.14, 0.2, 0.33)	(0.11, 0.14, 0.2)	(3, 5, 7)	(0.33, 1, 1)	(0.2, 0.33, 1)	(1, 1, 1)	(0.11, 0.14, 0.2)
Gelecek Getirileri (K10)	(1, 3, 5)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(7, 9, 9)	(5, 7, 9)	(7, 9, 9)	(5, 7, 9)	(1, 1, 1)

İkili karşılaştırma matrisinin normalize edilmiş hali Tablo 6.6' da ve kriterlerin tekil ağırlıklandırması Tablo 6.7' de verilmiştir.

Tablo 6.6 İkili karşılaştırma matrisinin normalize edilmiş hali

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K6	K8	K9	K10
K1	0.17	0.26	0.32	0.39	0.30	0.17	0.16	0.15	0.19	0.14
K2	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.06	0.10	0.05	0.04	0.06
K3	0.02	0.11	0.04	0.13	0.02	0.10	0.05	0.09	0.08	0.06
K4	0.03	0.11	0.03	0.07	0.16	0.14	0.16	0.15	0.13	0.14
K5	0.08	0.18	0.23	0.06	0.10	0.10	0.16	0.15	0.19	0.14
K6	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	0.03
K7	0.03	0.01	0.03	0.01	0.02	0.06	0.03	0.09	0.04	0.04
K8	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.06	0.01	0.03	0.08	0.03
K9	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.10	0.02	0.01	0.02	0.04
K10	0.52	0.18	0.23	0.23	0.30	0.17	0.23	0.25	0.19	0.28

Tablo 6.7 Kriter ağırlıkları

K1	0.2286
K2	0.0473
K3	0.0735
K4	0.118
K5	0.1432
K6	0.0179
K7	0.041
K8	0.0358
K9	0.0327
K10	0.2615

Kriterlerin önem derecelerine bakıldığında, en önemli kriter "Gelecek getirileri" olmuştur. Bu kriterden sonra diğer iki önemli kriter ise sırasıyla "Kar" ve "Tersane İnşa Kabiliyetine Uygunluk" kriterleri olmuştur. Anlaşılacağı üzere bu kriterlere göre değerlendirmelerden yüksek değer alan gemi tipi, problemin çözümünde ideal çözüm olarak karşımıza geleceği yorumu yapılabilir.

Yöntem basamaklarında anlatılan $E_i = D_i/w_i$ eşitliği kullanılarak hesaplanan E_i değerinin n' ye bölünmesi ile λ öz değeri bulunmaktadır. Yapılan çalışmada $\lambda =$ 11,14041169' dur.

Tutarlılık İndeksi (CI), matrisin sahip olduğu en büyük öz değer (λ_{max}), n ise her bir matrisin eleman sayısı olarak tanımlanmaktadır. Elde edilen temel değerlerin ise (4.7) eşitliği ile ortalaması alınarak karşılaştırmaya ait temel değer λ_{max} elde edilir ve CI hesaplanır. Tablo 4.3' den seçilen RI değeri kullanılarak (4.8) eşitliğine göre hesaplanan Tutarlılık Oranı "CR"değeri, $CR < 0.1$ koşulunu sağladığından matrisin tutarlılılığı kontrol edilmiş olur.

Tutarlılığı kontrol edilmiş olan ikili karşılaştırma matrisinin durulaştırılmış ve normalize edilmiş üçgen bulanık sayılarla ifade edilmiş hali Tablo 6.8'de verilmiştir.

Tablo 6.8 Normalize edilmiş üçgen bulanık sayılar

	L	M	U
K1	0.2505	0.2383	0.2259
K2	0.0423	0.0392	0.0523
K3	0.0652	0.0641	0.0746
K4	0.1102	0.1103	0.1168
K5	0.142	0.1435	0.1468
K6	0.0191	0.0155	0.0184
K7	0.0367	0.0373	0.042
K8	0.0312	0.0326	0.0363
K9	0.0297	0.0294	0.0299
K10	0.2726	0.2893	0.2565

Kriterlerin önem dereceleri Bulanık AHP metodu ile belirlendikten sonra elde edilen üçgen bulanık sayılar Bulanık TOPSIS yönteminde kriter önem dereceleri olarak kullanılacaktır.

Alternatiflerin kriterlere göre uzman karar verici görüşleri ışığında dilsel (sözel) ifadeler kullanılarak değerlendirmesi Tablo 6.9' da verilmiştir.

Tablo 6.9 Alternatiflerin kriterlere göre sözel ifadelerle değerlendirilmesi

KRİTER	ALTERNATİF	DEĞERLENDİRME
K1	A1 (Yüzer Havuz)	İ
	A2 (Feribot)	Bİ
	A3 (Enerji Gemisi)	İ
	A4 (Askeri Proje)	Çİ
	A5 (180000 DWT Tanker)	İ
	A6 (1800 TEU Konteyner)	Bİ
	A7 (Balıkçı ve Destek Gemisi)	İ
K2	A1 (Yüzer Havuz)	BK
	A2 (Feribot)	Bİ
	A3 (Enerji Gemisi)	İ
	A4 (Askeri Proje)	Çİ
	A5 (180000 DWT Tanker)	Bİ
	A6 (1800 TEU Konteyner)	O
	A7 (Balıkçı ve Destek Gemisi)	BK
K3	A1 (Yüzer Havuz)	İ
	A2 (Feribot)	BK
	A3 (Enerji Gemisi)	K
	A4 (Askeri Proje)	ÇK
	A5 (180000 DWT Tanker)	Bİ
	A6 (1800 TEU Konteyner)	O
	A7 (Balıkçı ve Destek Gemisi)	K
K4	A1 (Yüzer Havuz)	BK
	A2 (Feribot)	İ
	A3 (Enerji Gemisi)	K
	A4 (Askeri Proje)	K
	A5 (180000 DWT Tanker)	BK
	A6 (1800 TEU Konteyner)	BK
	A7 (Balıkçı ve Destek Gemisi)	Çİ
K5	A1 (Yüzer Havuz)	Çİ
	A2 (Feribot)	Bİ
	A3 (Enerji Gemisi)	O
	A4 (Askeri Proje)	O
	A5 (180000 DWT Tanker)	İ
	A6 (1800 TEU Konteyner)	Bİ
	A7 (Balıkçı ve Destek Gemisi)	BK

Tablo 6.9 Alternatiflerin kriterlere göre sözel ifadelerle değerlendirilmesi (devamı)

KRİTER	ALTERNATİF	DEĞERLENDİRME
K6	A1 (Yüzer Havuz)	İ
	A2 (Feribot)	K
	A3 (Enerji Gemisi)	ÇK
	A4 (Askeri Proje)	K
	A5 (180000 DWT Tanker)	Bİ
	A6 (1800 TEU Konteyner)	O
	A7 (Balıkçı ve Destek Gemisi)	BK
K7	A1 (Yüzer Havuz)	Çİ
	A2 (Feribot)	BK
	A3 (Enerji Gemisi)	Bİ
	A4 (Askeri Proje)	ÇK
	A5 (180000 DWT Tanker)	Bİ
	A6 (1800 TEU Konteyner)	O
	A7 (Balıkçı ve Destek Gemisi)	BK
K8	A1 (Yüzer Havuz)	O
	A2 (Feribot)	İ
	A3 (Enerji Gemisi)	Bİ
	A4 (Askeri Proje)	Çİ
	A5 (180000 DWT Tanker)	Bİ
	A6 (1800 TEU Konteyner)	O
	A7 (Balıkçı ve Destek Gemisi)	K
K9	A1 (Yüzer Havuz)	İ
	A2 (Feribot)	BK
	A3 (Enerji Gemisi)	O
	A4 (Askeri Proje)	ÇK
	A5 (180000 DWT Tanker)	Bİ
	A6 (1800 TEU Konteyner)	Bİ
	A7 (Balıkçı ve Destek Gemisi)	BK
K10	A1 (Yüzer Havuz)	K
	A2 (Feribot)	İ
	A3 (Enerji Gemisi)	BK
	A4 (Askeri Proje)	İ
	A5 (180000 DWT Tanker)	Bİ
	A6 (1800 TEU Konteyner)	O
	A7 (Balıkçı ve Destek Gemisi)	İ

Tablo 6.9' da sözel ifadelerle gösterilen alternatif değerlendirmesinin Tablo 6.2 kullanılarak üçgen bulanık sayılara çevrilmiş hali Tablo 6.10' da verilmiştir.

Tablo 6.10 Alternatiflerin kriterlere göre sözel ifadelerle değerlendirilmesi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
A1 (Yüzer Havuz)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)	(9, 10, 10)	(3, 5, 7)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)
A2 (Feribot)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)
A3 (Enerji Gemisi)	(7, 9, 10)	(7, 9, 10)	(0, 1, 3)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(0, 0, 1)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)
A4 (Askeri Proje)	(9, 10, 10)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(0, 1, 3)	(3, 5, 7)	(0, 1, 3)	(0, 0, 1)	(9, 10, 10)	(0, 0, 1)	(7, 9, 10)
A5 (180000 DWT Tanker)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
A6 (1800 TEU Konteyner)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(1, 3, 5)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(3, 5, 7)	(5, 7, 9)	(3, 5, 7)
A7 (Balıkçı ve Destek Gemisi)	(7, 9, 10)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(9, 10, 10)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(1, 3, 5)	(0, 1, 3)	(1, 3, 5)	(7, 9, 10)

Tablo 6.11 Normalize ve kriter önem dereceleri ile çarpılmış üçgen bulanık sayılar

	K1			K2			K3			K4			K5			K6			K7			K8			K9			K10		
A1 (Yüzer Havuz)	0.18	0.21	0.23	0.00	0.01	0.03	0.05	0.06	0.07	0.01	0.03	0.06	0.13	0.14	0.15	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.00	0.03	0.08
A2 (Feribot)	0.13	0.17	0.20	0.02	0.03	0.05	0.01	0.02	0.04	0.08	0.10	0.12	0.07	0.10	0.13	0.00	0.01	0.00	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.00	0.01	0.01	0.19	0.26	0.26
A3 (Enerji Gemisi)	0.18	0.21	0.23	0.03	0.04	0.05	0.00	0.01	0.02	0,00	0.01	0,04	0.04	0.07	0.10	0,00	0,00	0,02	0.03	0.04	0,02	0.02	0,03	0.01	0,01	0.02	0.03	0.09	0.13
A4 (Askeri Proje)	0.23	0.24	0.23	0.04	0.04	0.05	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.04	0.04	0.07	0.10	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.19	0.26	0.26
A5 (180000 DWT Tanker)	0.18	0.21	0.23	0.02	0.03	0.05	0.03	0.04	0.07	0.01	0.03	0.06	0.10	0.13	0.15	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.08	0.14	0.18
A6 (1800 TEU Konteyner)	0.13	0.17	0.20	0.01	0.02	0.04	0.02	0.03	0.05	0.01	0.03	0.06	0.07	0.10	0.13	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.03	0.08	0.14	0.18
A7 (Balıkçı ve Destek Gemisi)	0.18	0.21	0.23	0.00	0.01	0.03	0.00	0.01	0.02	0,10	0.11	0.12	0.01	0.04	0.07	0,00	0.01	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0.01	0.19	0.26	0.26

Normalize bulanık karar matrisinin oluşturulmasından sonra, her bir karar kriterinin farklı önem ağırlığına sahip olabileceği dikkate alınarak ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi (5.38) ve (5.39) eşitlikleri kullanılarak Tablo 6.11 olduğu gibi oluşturulur.

Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra bulanık pozitif ideal çözüm (FPIS, A^+) ve bulanık negatif ideal çözüm (FNIS, A^-) (5.40) ve (5.41) eşitlikleri kullanılarak tanımlanır. Bu değerler Tablo 6.12' de gösterilmiştir.

Tablo 6.12 FPIS ve FNIS değerleri

	FPIS	FNIS
K1	0,238343587	0,125269332
K2	0,05232769	0,004238349
K3	0,074668662	0
K4	0,116865206	0
K5	0,146827647	0,014203196
K6	0,018483388	0
K7	0,042005612	0
K8	0,036390028	0
K9	0,029918598	0
K10	0,260375312	0

Daha sonra, her alternatifin pozitif ideal çözüm (A^+) ve negatif ideal çözüme (A^-) olan uzaklıkları (5.42) ve (5.43) eşitlikleri kullanılarak hesaplanır. İki üçgen bulanık sayı arasındaki uzaklık (5.44) eşitliği yardımıyla hesaplanır. Uzaklıklar Tablo 6.13' de verilmiştir.

Pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme göre uzaklıklar belirlendikten sonra, alternatiflerin sıralamasını belirleyebilmek için her alternatife ilişkin yakınlık katsayıları (CC_i) hesaplanır. Her alternatifin yakınlık katsayısı (5.45) eşitliği kullanılarak hesaplanır. Elde edilen değerler Tablo 6.14' de verilmiştir.

Tablo 6.13 FPIS ve FNIS değerlerinden uzaklıklar

	dA^+	dA^-
A1 (Yüzer Havuz)	0.457382753667754	0.466467013595012
A2 (Feribot)	0.353378944066592	0.590379581488978
A3 (Enerji Gemisi)	0.551668353289342	0.377754115323537
A4 (Askeri Proje)	0.405960517809738	0.511186041098511
A5 (180000 DWT Tanker)	0.386576060103679	0.543691412047359
A6 (1800 TEU Konteyner)	0.485854929515061	0.450687003418578
A7 (Balıkçı ve Destek Gemisi)	0.399668663982123	0.531647602890379

Tablo 6.14 Yakınlık katsayıları

ALTERNATİFLER	CC_i
A1 (Yüzer Havuz)	0,505
A2 (Feribot)	0,626
A3 (Enerji Gemisi)	0,406
A4 (Askeri Proje)	0,557
A5 (180000 DWT Tanker)	0,584
A6 (1800 TEU Konteyner)	0,481
A7 (Balıkçı ve Destek Gemisi)	0,571

Tablo 6.13' de belirtilen değerler büyükten küçüğe sıralandığında alternatiflerin birbirlerine göre yerleşimi $A2 > A5 > A7 > A4 > A1 > A6 > A3$ şeklinde olmaktadır. Bu duruma göre iki numaralı alternatif olan "Feribot" tersanede üretilmesi gereken en ideal gemi tipi seçimi olacaktır.

"Feribot" alternatifinin en yüksek çıkmasının en önemli nedeni, yeni gemi inşaatı pazarında talepte olan artış ile birlikte, tersaneye önümüzdeki yıllarda referansı ile kazandıracağı projelerin fazla olacağı ön görüsüdür. Yani en yüksek ağırlıkta çıkan

“Gelecek Getirisi” kriterinde yüksek değer almasıdır. İkincil etki ise pazar payında yüksek değer almasıdır.

İkinci sırada bulunan “180000 DWT’luk Tanker” alternatifinin yüksek çıkmasında etkili olan kriter ise “Tersane İnşa Kabiliyetine Uygunluk” kriteridir. Çünkü bu tersanenin yaptığı yatırımlar, 2008 global krizden önce yeni gemi inşaatı piyasasında çok rağbet gören büyük tonajlardaki tanker projelerine yönelik olmuştur. Ancak krizden etkilenen sektör nedeniyle bu gemilerin üretimi yapılamamıştır. Ayrıca kar oranlarını yüksek olması, daha çok çelik imalatı ve büyük panel imalatları ile tersanenin otomatik hatlarına çok uygun olması sebepleriyle her kriterde ortalamanın üstünde değerler alması, bu alternatifin sonuçta yüksek değer kazanmasını sağlamıştır.

Üçüncü sırada bulunan “Balıkçı ve Destek Gemileri” alternatifinin yüksek almasının sebebi, Feribot alternatifinde olduğu gibi gelecek getirilerinde yüksek beklenti, yeni gemi inşaatı pazarında çokça yeni taleplerin bulunması ve proje karlılığında yüksek finans girdileri ile yüksek değer almıştır. Gün geçtikçe pazar içerisinde aynı gemi tipi içerisinde boyutsal olarak benzer ancak işlevsel ve görevsel olarak multi-fonksiyonlu gemilerin talebindeki artış, ileriki yıllarda bu alternatifin daha üst değerler alabileceğine işaret etmektedir.

7
Sonuç ve Değerlendirme

Türkiye gemi inşaatı sanayisi öncü tersanelerinden olan bir işletmenin bünyesinde inşa etmesi en ideal olan gemi tipinin belirlenmesi çalışması için, günümüz piyasalarına ve pazar ihtiyaçlarına da bağlı olarak belirlediği yüzer havuz, feribot, enerji gemisi, askeri proje, 180000 DWT tanker, 1800 TEU konteyner gemisi ve balıkçı/destek gemisi olmak üzere yedi adet alternatif incelenmiştir. Literatür araştırmasında ve uzman karar vericiler ile yapılan görüşmeler sonucunda elde edilen on adet kriter belirlenmiştir. Problemin çözümünde günümüzde çok tercih edilen olan bulanık mantık ile sentez edilmiş çok kriterli karar verme yöntemlerinden Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık TOPSIS yöntemleri tercih edilmiştir. Burada kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi için Bulanık AHP yöntemi ve ağırlıklandırılmış kriterlere göre alternatiflerin değerlendirilmesi için ise Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Bu sayede karar vericilerin sözel ifadeleri üçgen bulanık sayılar kullanılarak analitik olarak çözüm yapılabilmiştir. Yöntemlerin kullanılması ile tersanede inşa edilmesi en ideal olan gemi tipi belirlenebilmiştir.

Çalışma sonucunda seçilen kriterlerin ağırlıklandırması uzman karar vericilerin görüşleri doğrultusunda yapılmıştır. Ulusal ve uluslararası tersanelerin içinde bulunduğu pazarda payını kapma yarışında, tecrübeli yöneticiler projenin karlılığı yanında artık pazarın ihtiyacın kulak vermekte ve en önemlisi de, alınan projenin arkasından onun referansı ile daha kaç adet projeyi tersaneye kazandırabileceklerini göz önünde bulundurmaktadırlar. Ağırlıkları yüksek çıkan "Gelecek Getirisi" kriteri ile "Pazar İhtiyacı" kriterlerinde yüksek değerler alan "Feribot" alternatifinin, bu tersanenin inşa etmesi en ideal olan gemi tipi olduğu ortaya çıkmıştır. Diğer alternatifler arasından da "180000 DWT tanker" alternatifi "Tersane İnşa Kabiliyetine Uygunluk" kriteri ile "Kar" kriterlerinde yüksek değer alması öne çıkmaktadır. "Balıkçı/Destek Gemilerinin" alternatifi de "Pazar İhtiyacı"

kriteri, “Kar” kriteri ve “Gelecek Getirisi” kriterlerinde yüksek değerler alması ile öne çıkan diğer inşa edilmesi tavsiye edilebilecek gemi tipi olmuştur.

Gemi inşaatı sektörü içerisinde proje yönetiminde öne geçmek isteyen işletmelerin, çalışmada incelenen karar verme ve çok kriterli karar verme yöntemlerini benimsemeleri ve işletmedeki her karar aşamasında bu yöntemleri kullanmalarının faydalı olacağı düşünülerek önerilmektedir. Her ayrı karar verme aşamasında uygun yöntem süreçlere basit şekilde entegre edilerek, süreçlerin ve kararların iyileştirilmesinde büyük etki sağlayacaktır.

Bu çalışmanın devamı niteliğinde yapacağım yeni çalışmalarda ve karar verme yöntemlerini gemi inşaatı projelerinde kullanarak yeni çalışmalar yapacak araştırmacılara tavsiye olması amacıyla, yapılacak yeni çalışmalarda, kriter seçiminde birbiri ile bağlantılı olan ya da birbirini kapsayan kriterler bir araya toplanarak, ana başlıklı bir kriter altında alt kriterler olarak yer aldırılması, hiyerarşik yapının daha sağlıklı kurulmasına yardımcı olacaktır. Örneğin, bu çalışmada maliyete bağlı olan kriterler, bu çalışmanın devamında yapılacak çalışmalarda tek maliyet kriteri altına toplanması ön görülmektedir. Bu sayede birbirine kapsayan kriterler aynı grup altında değerlendirilebilecek ve kriter ile alt kriter sayıları arttırılabilecektir.

Kaynakça

[1] Akmut, Ö., (1976). "Proje Planlama ve Kontrol Yöntemleri", Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

[2] Shenhar, A.J. ve Dvir, D., (2007). "Reinventing Project Management: The Diamond Approach to Successful Growth and Innovation", Harvard Business School Press, Boston, USA.

[3] Çetmeli, E., (1982). "Yatırımların Planlanmasında Kritik Yörünge (CPM) ve PERT Metotları", Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul.

[4] Gök, F., (2013). "Gemi İnşaa Sanayisinde Proje Yönetimi ve Proje Yönetim Planına İlişkin Bir Örnek", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[5] Turan, E., (2010). "Tersanelerde Üretim Planlama ve Proje Yönetimi: Kritik Yol Metodu İle Platform Destek Gemisi Planlaması", TMMOB Gemi Mühendisleri Odası, Gemi ve Deniz Teknolojisi, Sayı 184, İstanbul.

[6] Doğan, Ü.B., (2017). "Customised Project Management Methods and Their Applications in Shipbuilding Projects", GİDBDERGİ, Sayı 10, İstanbul.

[7] Karabacak, S., (2015). "Proje Yönetiminde Kısıtlar Teorisi ve Gemi İnşaasında Örnek Uygulama", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[8] Karakaya, K., (2004). "İstanbul Boğazı'ndan Geçen Gemilerin Emniyetli Geçişinin Analitik Hiyerarşi Prosesi Kullanarak Analizi", Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 24. Ulusal Kongresi Bildirisi, Adana.

[9] Carlsson, C. ve Fuller, R., (1996). "Fuzzy Multiple Criteria Decision Making: Recent Developments", Fuzzy Sets and Systems, 78.

[10] Kafalı, M., Cebi, S., Özkök ve M. Kahraman, C., (2015). "A Fuzzy Multiphase and Multicriteria Decision-Making Method for Cutting Technologies Used in Shipyards", International Journal of Fuzzy Systems, Vol. 18, No. 2, 09/2015, s. 198-211.

[11] Kafalı, M. ve Özkök, M., (2015). "Evaluation of shipyard selection criteria for shipowners using a fuzzy technique", Journal of Marine Engineering & Technology, Vol. 14, No. 3, 12/2015, s. 146-158.

[12] Hui-li, Y., Chun-guang, L., ve Jing-xian, B., (2009). "Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) in shipyard project investment Risk Recognition", Canadian Social Science, Vol.5, No.5, Canada.

[13] Matulja, T., (2009). "Hierarchical Modeling as Basis for an Optimal Shipyard Layout Design Methodology", Portal of Croatian Scientific and Professional Journals, Vol.51, No.6.

[14] Erol, A., Gülsün, B. ve Aydın, M., (2015). "Tersanelerde İnşa Edilecek Gemi Tipinin Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR Yöntemleri ile Belirlenmesi", TMMOB Gemi Mühendisleri Odası, Gemi ve Deniz Teknolojisi Dergisi, Sayı 203, s. 95-103.

[15] Cengiz, M., (2007). "Türkiye'deki Mevcut Koşulların Bulanık Analitik Ağ Süreciyle Değerlendirilerek Uygun Tersane Yeri Seçimi", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[16] Menteş, A., (2010). "Açık Deniz Yapıları Bağlama Sistemlerinin Dizaynında Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Uygulanması", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[17] Uzun, S., ve Kazan, H., (2016). "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden AHP, TOPSIS ve PROMETHEE Karşılaştırması: Gemi İnşada Ana Makine Seçimi Uygulaması", Journal of Transportation and Logistics, Vol.1, Is.1, İstanbul.

[18] Herişçakar, E., (1999). "Gemi Ana Makine Seçiminde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri AHP ve SMART Uygulaması", Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojisi Kongresi Bildiri Kitabı, Yapım Matbaacılık Ltd., İstanbul.

[19] Kırdağlı, M., (2010). "Tersanelerde Verimliliği Etkileyen Parametrelerin Fuzzy AHP Yöntemi ile Analizi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

[20] Çakıroğlu, G., Şener, B., ve Balın, A., (2018). "Appliying A Fuzzy-AHP For The Selection Of A Suitable Tugboat Based On Propulsion System Type", Brodogradnja, Vol. 69, No. 4.

[21] Jiao, J., Ren, H. ve Sun, S., (2016). "Assessment of surface ship environment adaptability in seaways: A fuzzy comprehensive evaluation method", International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering, Vol. 8, 344 – 359.

[22] Tzeng, G.H., Lin, C.W. ve Opricovic, S., (2005). "Multi-Criteria Analysis of Alternative-Fuel Buses for Public Transportation", Energy Policy, 33.

[23] Verma, R., ve Pullman, E.M., (1998). "An Analysis of the Supplier Selection Process" Omega, International Journal of Management Science, Vol. 26, No. 6.

[24] Öz, A. H., (2007). "Yük Helikopteri Seçiminde Bulanık Çok Amaçlı Karar Verme Modeli", Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

[25] Kul, Y., Şeker, A. ve Yurdakul, M., (2014). "Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Alışılmamış İmalat Yöntemlerinin Seçiminde Kullanılması", Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, Vol. 29, No. 3, 589-603.

[26] Akman, G. ve Alkan, A., (2006). "Tedarik Zinciri Yönetiminde Bulanık AHP Yöntemi Kullanarak Tedarikçilerin Performansının Ölçülmesi: Otomotiv Yan Sanayiinde Bir Uygulama", İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Yıl. 5, Say. 9, 23-46.

[27] Gray, C.F. ve Larson, E.W., (2011). "Project Management: The Managerial Process", McGraw-Hill/Irwin, USA.

[28] Gaddis, P.O., (1959). "The Project Manager", Harvard Business Review, Vol. 37, No. 3, s. 89.

[29] Steinfort, P. ve Walker, D., (2007). "Critical Success Factors In Project Management Globally And How They May Be Applied To Aid Projects", 4th Annual Project Management Australia Conference, 28 – 31, Austaralia.

[30] Lester, A. (2007). "Project Management Planning and Control: Managing Engineering, Construction and Manufacturing Projects to PMI, APM and BSI Standards", Butterworth-Heinemann, 6th edition.

[31] "A Guide To The Project Management Body Of Knowledge", 2000 Edition, Project Management Institute, USA.

[32] Yağlı, M., (2015). "Proje Yönetimi Başarısını Etkileyen Faktörler: Bilgi Teknolojileri Projeleri Üzerine Bir Araştırma", Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

[33] Alnıak, M.O., (2011). "Proje Yönetimi(Makaleler, Derlemeler, Örnek Olaylar)", Beta Basım Yayım Dağıtım.

[34] Mayler, H., (2010). "Project Management", Financial Times Prentice Hall, USA.

[35] Barutçugil, İ., (2010). " Proje Yönetimi", Kariyer Yayınları.

[36] Koçel, T., (2000). "Yönetim Organizasyon Yaklaşımları ve Proje Yönetimi", Proje Yönetimi Ulusal Kongresi, İstanbul.

[37] Demirel, K., (2014). "Proje Yönetimi El Kitabı", Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

[38] Tekeş, M., (2002). "Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ve Türk Silahlı Kuvvetleri'nde Kullanılan Tabancaların Bulanık Uygunluk İndeksli Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Karşılaştırılması", İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[39] Tekin, M., (2004). "Sayısal Yöntemler Kitabı", Selçuk Üniversitesi Yayınları, Beşinci Baskı, Konya, s. 18.

[40] Karakaya, K., (2003). "İstanbul Boğazı'ndan Geçen Gemilerin Emniyetli Geçişinin Analitik Hiyerarşi Prosesi Kullanarak Analizi", Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.

[41] Kleindorfer, P.R., Kunreuther, H.C. ve Schoemaker, P.J.H., (1993). "Decision Sceience: An Integrative Perspective", Cambridge University Press, Oakleigh.

[42] Liebowitz, J., (1990). "The Dynamics of Decision Support Systems and Expert Systems, Dryden Press, Chicago.

[43] Kuruüzüm, A., Atsan, N., (2001). "Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları", Akdeniz İ.İ.B.F Dergisi, Cilt:1, s.83-105.

[44] Artuç, A., (2001). "Askeri Telsiz Sistemlerinin Performanslarının Bulanık Karar Ortamında Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

[45] Sağır, C., (2006). "Karar Sürecini Etkileyen Faktörler ve Karar Verme Sürecinde Etiğin Önemi: Uygulamalı Bir Araştırma", Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne.

[46] Tütek H. H. ve Gümüşoğlu Ş. (2000). "Sayısal Yöntemler Yönetsel Yaklaşım", Beta Basım A.Ş., İstanbul.

[47] Marshall, K.T. ve Oliver, R.M., (1995). "Decision Making and Forecasting", McGraw-Hill Inc., ABD.

[48] Arıcan, U.Ç., (2018). "Uluslararası Aktarma Konteyner Terminali Seçimine Yönelik Analitik Hiyerarşi Süreci ve TOPSİS Temelli Yaklaşım: Akdeniz Bölgesi Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

[49] Hammond, J.S., Keeney, R.L. ve Raiffa, H., (1999). "Smart Choices", Harvard Bussiness School Press, Boston.

[50] Saaty, T. L., (2000) "Fundamentals of Decision Making and Priority Theory", RWS Publications, Pittsburgh.

[51] Schermerhorn, J.R., (1984). "Management for Productivity", New York: John Wiley and sons, p. 68.

[52] Koçel, Y., (2003). "İşletme Yöneticiliği", Beta Yayınları, İstanbul.

[53] Vroom, V., (2000). "Leadership and Decision Makşng Process", Organizational Dynamics.

[54] Dinçer, Ö. ve Fidan, Y., (1996). "İşletme Yönetimi", Beta Yayınları, İstanbul.

[55] Kurt, Ü., (2003) "Karar Verme Sürecinde Yöneticilerin Kişilik Yapılarının Etkileri", Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

[56] Özer, M.A., (2015). "Sosyal Politikaların Belirlenmesinde Karar Verme Süreci ve Bilgi Teknolojilerinin Etkisi", Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi, Cilt: 4, Yıl: 4, Sayı: 9.

[57] Bölat, B., (2004). "Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemleri ve Uygulamaları", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

[58] Adair, J., (2003). "Etkili Karar Vermek", Babıali Kültür Yayıncılık, İstanbul.

[59] Can, H., Tuncer, D. ve Ayhan, D.Y., (2002). "Genel İşletmecilik Bilgileri", Siyasal Kitabevi, Ankara.

[60] Bağırkan, Ş., (1983). " Karar Verme", Der Yayınları.

[61] Navran, F., (2003). "Ethical Reasoning", Ethics Resource Center.

[62] Keeney, R.L., (1996). "Value Focused Thinking: A Path to Creative Decision Making", Harvard University Press.

[63] Drucker, P., (2001). "The Effective Decision", Harvard Business Review On Decision Making, Harvard Business Review Paperpack.

[64] Heller, R., (1998). "Making Decisions", Dorling Kindersley, London.

[65] Halaç, O., (1991). " Kantitatif Karar Verme Teknikleri", Evrim Dağıtım, İstanbul.

[66] Timur, H., (1990). "Yönetimde Karar Verme ve Problem Çözme", İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Hacettepe Üniversitesi, Cilt: 8, Sayı: 2.

[67] Karakaşoğlu, N., (2008). "Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Uygulama", Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.

[68] Taha, H.A., (2000). "Yöneylem Araştırması", 6. Basımdan Çeviri, Çevirenler: Ş.Alp Baray, Şakir Esnaf, Literatür Yayıncılık, İstanbul.

[69] Ulucan, A., (2004). "Yöneylem Araştırması", Siyasal Kitabevi, Ankara.

[70] Certo, S., (2003). "Modern Management", Ninth Edition, Upper Saddle River New Jersey.

[71] Polat, D.Ş., (2000). "Askeri Helikopter Alımı Problemine Analitik Hiyerarşi Metodu ile Bir Yaklaşım", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[72] Lai, Y.J. ve Hwang, C.L., (1996). "Fuzzy Multiple Objective Decision Making", Springer Verlag, Berlin Heidelberg.

[73] Yusufoğlu, A., (2001). "Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemi Olarak Toplu Kriter Yöntemi ve Bir Uygulama", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

[74] Yürekli, H., (2008). "Taarruz Helikopterler Seçiminde Electre Yönteminin Kullanılması", Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

[75] Eryalçın, S.A., (2014). "Performans Değerlendirme Yöntemlerinin Eleştirisel Gözden Geçirilmesi ve En Uygun Yöntemin Tespiti İçin AHP-TOPSIS Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

[76] Zionts, S., (1979). "MCDM-If Not A Roman Numeral, Then What?", Management Science, Vol.9, No.4.

[77] Jahanshahloo, G.R., Hosseinzadeh Lotfi F. ve Izadikhah M., (2006). "Extension of the TOPSIS Method for Decision Making Problems with Fuzzy Data", Applied Mathematics and Computation.

[78] Özdamar, D.Y., (2004). "Analitik Hiyerarşi Süreci Yönetimi: Bir Satınalma İhalesinde Uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

[79] Saaty, T.L., (2001). "Decision Making for Leaders", RWS Publications, Third Edition, Pittsburgh.

[80] Saaty, T.L., (1980). "The Analytic Hierarchy Process", McGraw-Hill, ABD.

[81] Saaty, T.L., (2008). "Decision Making with The Analytic Hierarchy Process", International Journal of Service Science.

[82] Lorcu, F., (2000). "Analitik Hiyerarşi Prosesi Tekniği ile Kişisel Bilgisayar Tercihi Konusunda Bir Uygulama", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

[83] Erikan, L., (2002). "Hava Kuvvetleri Komutanlığı'nda Aday Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Etkin Karar Verme", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[84] Sarı, T., (2014). "Taguchi, Analitik Ağ Prosesi ve TOPSIS Yöntemleri ile Bütünleşik Tedarikçi Seçimi", Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

[85] Günay, S.N., (2017). "AHP ve VIKOR Yöntemlerine Dayalı Yeşil Tedarikçi Seçimi ve Bir Uygulama", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

[86] Hwang, C.L. and Yoon, K., (1981). " Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications, Springer, Berlin Heidelberg.

[87] Lai, Y.J., Lui, T.Y., Hwang, C.L., (1994). " TOPSIS for MCDM, European Journal of Operational Research.

[88] Ünal, G., (2008). "Lojistikte Hizmet Sağlayıcısı Seçiminde AHP ve TOPSIS Yöntemlerinin Uygulanması", Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[89] Zadeh, L.A., (1965). "Fuzzy Sets", Inform, Control, Vol. 8, No. 2.

[90] Dubois, D. ve Prade, H., (1983). "Ranking of Fuzzy Numbers in the Setting of Possibility Theory", Information Sciences.

[91] Zhu, K.J., Jing, Y., ve Chang, D.Y., (1999). "A Discussion of Extent Analysis Method and Applications of Fuzzy AHP", European Journal of Operational Research.

[92] Buckley, J.J., (1985). "Fuzzy Hierarchical Analysis", Fuzzy Sets and Systems, New York.

[93] Özdemir, Ü., (2015). "Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Kullanılarak Gemiler için Uygun Yük Seçiminin Analizi", Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

[94] Chen, C.T., (2000). "Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment, Fuzzy Sets and Systems.

[95] Bilişik, Ö.N., Erdoğan, M., Kaya, İ. ve Baraçlı, H., (2013). "A Hybrid Fuzzy Methodology to Evaluate Customer Satisfaction in a Public Transportation System for Istanbul", Total Quality Management, DOI:10.1080/14783363.2013.809942.

Tezden Üretilmiş Yayınlar

İletişim Bilgisi: orcun.balbas@gmail.com

Makaleler

1. Balbaş, O. ve Turan, E., (2019). "Tersanelerde İnşa Edilecek Gemi Tipinin Belirlenmesinde Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS Yöntemlerinin Uygulanması", Gemi ve Deniz Teknolojisi Dergisi, Sayı:215.