

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BULANIK MANTIK İLE TÜRK DENİZ KUVVETLERİNİN
GEREKSİNİMİNE UYGUN GEMİ SEÇİMİ

Gemi İnş. Ve Gemi Mak. Müh. Egemen Özgür YAKUT

FBE Gemi İnşaatı Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç Dr. Hüseyin YILMAZ

Doç. Dr. Ahmet Duran Altan

Yrd. Doç. Dr. Kayhan Güleç

İSTANBUL, 2004

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç ve İzlenecek Yol	1
1.2 Bulanık Mantık.....	1
1.3 Bulanık Mantık Neden Kullanılmaktadır?.....	2
2. BULANIK MANTIK, BULANIK KÜME, ÜYELİK İŞLEVLERİ.....	3
2.1 Bulanık Mantık, Bulanık Kümelere Giriş	3
2.2 Üyelik İşlevleri.....	4
3. BULANIK KÜME TEORİSİ VE TANIMLAR	6
3.1 Bulanık Kümenin Matematiksel Gösterimi.....	6
3.1.1 Birleşme Özelliği.....	7
3.1.2 Kesişme Özelliği	7
3.1.3 Evrik Alma Özelliği	8
3.1.4 Üs Alma Özelliği.....	9
3.1.5 Pozitif α Sayısı İle Çarpma Özelliği.....	9
3.1.6 Maksimum Değer Alma	9
3.1.7 Ağırlık Merkezi Prosedürü.....	9
3.1.8 Bulanık Bağntı.....	10
3.1.9 İki Bulanık Bağntının Birleşimi.....	10
3.1.10 Bulanık Bağntının IF THEN ile ifadesi.....	10
3.2 Bulanık İlişkiler.....	11
3.2.1 Kartezyen Çarpım.....	11
3.2.2 Bulanık Bağntılarda Kompozisyon.....	11
3.2.3 Bulanık Çıkarım Kompozisyonu.....	12
3.3 Bulanık Kontrol Algoritması ve Örnekleri.....	12
3.4 Sonuç.....	15
4. BULANIK KONTROLÖRÜN YAPISI.....	16

4.1	Kontrolörün Temel Yapısı.....	16
4.1.1	Bulandırıcı Arabirim	17
4.1.2	Bilgi Tabanı	17
4.1.3	Karar Verici Mantık	17
4.1.4	Durulandırıcı Arabirim.....	17
4.2	Bulanık Mantık Adımlarının Açıklaması.....	18
4.2.1	Bulanıklaştırma	18
4.2.2	Bulanık Operatörün Uygulanması.....	18
4.2.3	Karıştırma Yönteminin Uygulanması	18
4.2.4	Tüm Çıktıların Toplanması	18
4.2.5	Durulaştırma.....	19
5.	UYGULAMA.....	20
5.1	Giriş.....	20
5.2	Neden Bulanık Mantık?.....	20
5.3	Kriterlerin Belirlenmesi.....	21
5.4	Karar Vericilerin Değerlendirmeleri	23
5.5	Bulanık Çıkarım Sisteminin Oluşturulması	43
6.	SONUÇ	57
	KAYNAKLAR.....	58
	EKLER.....	59
	Ek 1 Türk Deniz Kuvvetleri'nin Gereksinimine Uygun Geminin Seçilmesi Çalışması.....	60
	Ek 2 Değerlendirilecek Gemilere Ait Veritabanı.....	62
	Ek 3 MATLAB Fuzzy Toolbox'ı kullanılarak elde edilen sisteme ait yazılım.....	81
	ÖZGEÇMİŞ	89

SİMGE LİSTESİ

<i>G</i>	Amaç (Goal)
<i>C</i>	Kısıt (Constraint)
<i>A_{alt}</i>	Alternatifler kümesi
<i>D</i>	Karar
<i>T</i>	Teknoloji
<i>S</i>	Sürat
<i>M</i>	Makine Sistemi
<i>KK</i>	Komuta Kontrol Sistemi
<i>HSH</i>	Hava Savunma Harbi
<i>DSH</i>	Denizaltı Savunma Harbi
<i>SÜH</i>	Suüstü Harbi
<i>SS</i>	Seyir Siası
<i>H</i>	Helikopter
<i>U</i>	Türk Donanmasına Uyumluluk
<i>G</i>	Genel Değerlendirme



KISALTMA LİSTESİ

BM	Bulanık Mantık
FL	Fuzzy Logic
BMK	Bulanık Mantık Kontrolörü
FLC	Fuzzy Logic Controller
BÇS	Bulanık Çıkarım Sistemi
FIS	Fuzzy Inference System



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Keskin Kümeler	3
Şekil 2.2 Klasik ve Bulanık Mantıkta Hız Grafiği.....	4
Şekil 2.3 Değişik Üyelik İşlevleri	5
Şekil 2.4 Ayrı Etiketli Üyelik İşlevleri	5
Şekil 3.1 Bulanık A Kümesinin Üyelik İşlevi.....	6
Şekil 3.2 Birleşme ve Kesişme Özelliği.....	8
Şekil 3.3 Evrik Alma Özelliği.....	8
Şekil 3.4 Bir Sistemin Bulanık Denetleyici İle Kontrolü.....	12
Şekil 3.5 (e) ve (de) Değerlerinin Üyelik İşlevleri.....	13
Şekil 3.6 Durulaştırma İşlemi (Ağırlık Merkezini Bulma Yöntemi).....	15
Şekil 4.1 Bulanık Kontrolörün Temel Yapısı	16
Şekil 5.1 Bulanık Çıkarım Sistemi.....	49
Şekil 5.2 Teknoloji Kriteri Üyelik İşlevleri	50
Şekil 5.3 Sürat Kriteri Üyelik İşlevleri.....	50
Şekil 5.4 Makine Sistemi Kriteri Üyelik İşlevleri.....	50
Şekil 5.5 Komuta Kontrol Sistemi Kriteri Üyelik İşlevleri.....	51
Şekil 5.6 Hava Savunma Harbi Kriteri Üyelik İşlevleri.....	51
Şekil 5.7 Denizaltı Savunma Harbi Kriteri Üyelik İşlevleri.....	51
Şekil 5.8 Suüstü Harbi Kriteri Üyelik İşlevleri.....	52
Şekil 5.9 Seyir Siası Kriteri Üyelik İşlevleri.....	52
Şekil 5.10 Helikopter Kriteri Üyelik İşlevleri.....	52
Şekil 5.11 Türk Donanmasına Uyum Kriteri Üyelik İşlevleri.....	53
Şekil 5.12 Genel Değerlendirme Kriteri Üyelik İşlevleri	53
Şekil 5.13 Çıktı Üyelik İşlevleri.....	53
Şekil 5.14 Kuralların Uygulanması.....	54

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Geleneksel kümelerde birleşme, kesişme ve evrik alma işlemleri.....	7
Çizelge 3.2 Mantıksal operatörler.....	8
Çizelge 3.3 Servo Motor İçin Kurallar.....	14
Çizelge 5.1 Kriter Değerlendirme Çizelgesi.....	24
Çizelge 5.2 Barroso Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi.....	25
Çizelge 5.3 Brunei Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi.....	26
Çizelge 5.4 Descubierta Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi.....	27
Çizelge 5.5 Eilat (Saar 5) Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi.....	28
Çizelge 5.6 K130 Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi.....	29
Çizelge 5.7 Visby Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi.....	30
Çizelge 5.8 Alvaro De Bazan Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi.....	31
Çizelge 5.9 Barbaros Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi.....	32
Çizelge 5.10 Brandenburg Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi.....	33
Çizelge 5.11 Bremen Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi.....	34
Çizelge 5.12 Broadsword Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi.....	35
Çizelge 5.13 Burak Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi.....	36
Çizelge 5.14 Duke Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi.....	37
Çizelge 5.15 Floreal Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi.....	38
Çizelge 5.16 Halifax Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi.....	39
Çizelge 5.17 De Zeven Provinciën Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi.....	40
Çizelge 5.18 Jacob Van Heemskerck Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi.....	41
Çizelge 5.19 Murasame Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi.....	42
Çizelge 5.20 Puanlamaların Toplanması.....	44
Çizelge 5.21 Kurallar Matrisi 1.....	45
Çizelge 5.22 Kurallar Matrisi 2.....	46
Çizelge 5.23 Kurallar Matrisi 3.....	47
Çizelge 5.24 Kurallar Matrisi 4.....	47
Çizelge 5.25 Kurallar Matrisi 5.....	47
Çizelge 5.26 Kurallar Matrisi 6.....	48
Çizelge 5.27 Kurallar Matrisi 7.....	48
Çizelge 5.28 Gemilerin Değerlendirme Puanları.....	55
Çizelge 5.29 Brandenburg Sınıfı Gemi Özellikleri.....	56
Çizelge Ek 1.1 Gemi Değerlendirme Çizelgesi.....	60
Çizelge Ek 1.2 Özellik Değerlendirme Çizelgesi.....	61
Çizelge Ek 2.1 Barroso Sınıfı Gemi Özellikleri.....	63
Çizelge Ek 2.2 Brunei Sınıfı Gemi Özellikleri.....	64
Çizelge Ek 2.3 Descubierta Sınıfı Gemi Özellikleri.....	65
Çizelge Ek 2.4 Eilat Sınıfı Gemi Özellikleri.....	66
Çizelge Ek 2.5 K130 Sınıfı Gemi Özellikleri.....	67
Çizelge Ek 2.6 Visby Sınıfı Gemi Özellikleri.....	68
Çizelge Ek 2.7 Alvaro de Bazan Sınıfı Gemi Özellikleri.....	69
Çizelge Ek 2.8 Barbaros Sınıfı Gemi Özellikleri.....	70
Çizelge Ek 2.9 Brandenburg Sınıfı Gemi Özellikleri.....	71
Çizelge Ek 2.10 Bremen Sınıfı Gemi Özellikleri.....	72
Çizelge Ek 2.11 Broadsword Sınıfı Gemi Özellikleri.....	73
Çizelge Ek 2.12 Burak Sınıfı Gemi Özellikleri.....	74
Çizelge Ek 2.13 Duke Sınıfı Gemi Özellikleri.....	75
Çizelge Ek 2.14 Floreal Sınıfı Gemi Özellikleri.....	76
Çizelge Ek 2.15 Halifax Sınıfı Gemi Özellikleri.....	77

Çizelge Ek 2.16 Jacob van Heemskerck Sınıfı Gemi Özellikleri	78
Çizelge Ek 2.17 De Zeven Provinciën Sınıfı Gemi Özellikleri	79
Çizelge Ek 2.18 Murasame Sınıfı Gemi Özellikleri	80



ÖNSÖZ

Karar vermek gerçekten zor bir durumdur. Düşüncelerimizin matematiksel olarak da ifade edilebileceğini bu tezi hazırlarken anladım. Özellikle bir çok girdinin ve bu girdileri değerlendirecek bir çok karar vericinin bulunduğu süreçlerde, Bulanık Mantık'ın bizlere büyük avantajlar sağladığını bu çalışma ile göstermeye çalıştım.

Türk Deniz Kuvvetleri'nin bir üyesi olarak, karar vericilerin göreceli değerlendirmelerinden yararlanarak Türk Donanması'nın gereksinimlerine yönelik bir gemi tipi belirlemek bu tezin amacıydı. Amacım, tamamen matematiksel olmayan karar verme süreçlerinin bilimsel bir tabana dayandırılarak sonuçlandırılabilmesini gösterebilmektir.

Bu çalışmayı hazırlarken, denizci olmamın bir gereği olarak çoğu zaman danışmanım Doç.Dr. Hüseyin Yılmaz'a telefonla ulaşmak zorunda kaldım, hatta uzun süre kendisiyle görüşemediğim zamanlar oldu. Bu zorluklara karşın bana destek vermeyi sürdürmesinden dolayı kendisine minnettarım.

Gemide çalışmanın zorlukları bu kadarla kalmadı, yüksek lisans programına kabul edilip kaydımı yaptırmama karşın, ilk dönemi ders alamadan geçirmek zorunda kaldım, dostum olduğu için gurur duyduğum Uğur Çelebi bana destek vererek programa devam etmemi ve bu günlere gelmemi sağladı. Sevgili Uğur minnettarım...

Programa devam edebilmem için hafta içi bir gün okula gelmem ve dersleri takip edebilmem gerekiyordu. Seyir yapmadığımız her hafta, dersleri takip edebilmem için beni Yıldız Teknik Üniversitesi'ne gönderen ve bir an olsun desteğini benden esirgemeyen değerli büyüğüm Dz.Yzb. Şenol Taştekin'e de teşekkürü borç bilirim.

Umudumu yitirdiğim her an yanımda olan, uzakta olsam da desteğini her zaman yanımda hissettiğim sevgili aileme; anneme, babama ve kardeşime de şükranlarımı sunuyorum. Size yaraşır bir evlat ve bir ağabey olmak için elimden geleni yapmaya devam edeceğim.

Son olarak, bana yardımlarını esirgemeyen tüm arkadaşlarıma ve karar verme yöntemini uygulayabilmem için çok değerli zamanlarını aldığım değerli büyüklerime de teşekkür ederim.

ÖZET

Bulanık Mantık (BM) , temelleri 1965 yılında Lotfi Zadeh tarafından atılmış bir karar verme yöntemidir. Bu karar verme sisteminin oluşturulmasından amaç, insan mantığına yakın bir mantık oluşturmak ve karar verme aşamasında karşılaşılan bir takım belirsizlikler olmasına karşın istenen sonuca ulaşmaktır. Endüstride çok yaygın olarak kullanılan bir yöntem olmasına karşın, özellikle dizayn aşamasında birbiriyle çelişen çok fazla girdiye sahip Gemi İnşa uygulamalarında son yıllarda kullanılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada Bulanık Mantığın temelleri, kullanım alanları incelenmiş ve gemi inşa alanında şimdiye kadar bulanık mantıkla çözümlenmemiş bir problem ele alınarak elde edilen sonuçlar incelenmiştir.

Çalışmanın amacı, Bulanık Mantığın özellikle gemi dizaynı aşamalarında mühendislere en uygun koşullarda karar verme olanağı tanıdığını gösterebilmektir.

Anahtar kelimeler: Bulanık Mantık, gemi inşa, karar verme.



ABSTRACT

Fuzzy Logic (FL) is a kind of decision making method which based on a theory of Lotfi Zadeh in 1965. The purpose is to develop a method like human logic and to solve vague problems which can reveal in decision making processes. Although it is a most common method in engineering area, it is very recent to use Fuzzy Logic in Naval Architecture which has contradiction datas especially in design processes.

In this thesis, i studied the basics of Fuzzy Logic theory, its application areas and i solved a problem about naval architecture that it haven't been solved with Fuzzy Logic before. Then i made some conclusions about that problem.

The purpose of this thesis is to present naval architects that Fuzzy Logic theory is one of the most useful methods to make a decision in design processes.

Keywords: Fuzzy logic, naval architecture, decision making.



1. GİRİŞ

1.1 Amaç ve İzlenecek Yol

Bu çalışmanın amacı birden fazla karar vericiye ve kritere dayalı olarak elde edilen girdileri Bulanık Mantık yöntemi kullanarak işlemek ve optimize ederek bir sonuca ulaşmaktır.

Bu amaçtan yola çıkarak, birbirine büyük etkisi bulunan birtakım kriterler ile tanımlanmış savaş gemisi verilerinin dört adet karar vericiden alacakları puanları Bulanık Mantık yöntemi ile inceleyecek ve sonuç olarak hangi geminin Türk Donanması için en uygun seçim olacağına karar verilecektir.

Şimdi genel hatları ile Bulanık Mantık nedir ve neden tercih edilir onu inceleyelim. Bu incelemenin ardından diğer bölümlerde Bulanık Mantık'ın kuralları ve özellikleri daha ayrıntılı olarak anlatılacak ve uygulamaya geçilecektir.

1.2 Bulanık Mantık

Bulanık Mantık, Lotfi Zadeh tarafından 1965 yılında ileri sürülmüştür (Liut, 2001). Bu çalışmanın temel amacı, klasik küme teorisinin tanımlayamadığı kümelerin varlığını göstererek, bu kümeleri tanımlayabilmek ve insanın karar verme sistemini modelleyebilmektir (Oğuz, 1994).

Klasik küme teorisi, klasik mantık tarafından kabul edilen var-yok (1-0) çifti ile işlem yaptığından dolayı gerçek dünyaya uygulanırken bir takım problemlerle karşılaşmaktadır. Zadeh'e göre gerçek dünyada bir kümenin elemanları arasındaki ilişkiler tam olarak tanımlanamamaktadır (Ayazlar, 2000).

Bulanık mantık ve bulanık küme teorisinde, var-yok çiftinin ara değerleri tanımlanabilmekte ve klasik küme teorisinin uygulamada karşılaştığı sorunlar en aza indirgenebilmektedir. Var-yok çiftinin ara değerlerinin tanımlanabilmesi amacıyla küme elemanları için bir üyelik faktörü tanımlanmaktadır. İkinci bölümde bu konu açıklığa kavuşturulacaktır.

Bulanık mantık, oldukça yetkin modellemelere olanak tanıdığından dolayı endüstride bir çok dalda uygulanmış ve uygulanmaktadır. Endüstriyel süreçlerin denetiminde, denetlenecek sürecin tam bir matematiksel modelinin bilinmemesi ya da modeldeki parametrelerin zamanla büyük değişiklikler gösterebilmesi modelleme konusunda güçlüklerle karşılaşılmasına neden olmaktadır. Bulanık mantık uygulamalarında, kesin matematiksel ilişkiler yerine, “az”, “çok”, “biraz az”, “biraz çok”, “uygun” gibi açık olmayan (bulanık) dilsel niteleyiciler ile tanımlanan

gevşek ilişkiler kullanılır.

1.3 Bulanık Mantık Neden Kullanılmaktadır?

- Bulanık mantık kavramsal olarak kolay anlaşılabilir yapıdadır.
- Esnek bir yapıya sahiptir.
- Rasgele karmaşıklığa sahip doğrusal olmayan işlevleri modelleyebilir.
- Uzmanların tecrübelerine dayanılarak oluşturulabilir.
- Konvansiyonel kontrol teknikleri ile birlikte kullanılabilir.
- Doğal lisana dayanır.

Bulanık Mantık'ın neden savaş gemisi seçiminde kullanıldığına gelince; donanmaya alınacak her gemi yeni personel gereksinimini ortaya çıkarır, o personelin bu gemiye uyumu için yeni eğitim programları, geminin idamesi için yeni lojistik kaynaklar ve onarım imkanları oluşturulmasını ve halen donanmanın elinde bulunan gemiler ile birlikte hareket yapabilme olanaklarının incelenmesini gerektirir. Yeni bir geminin donanmaya katılması için bir çok karar vericinin görüşlerine başvurulmak zorundadır. Yanlış verilecek bir karar sadece tek bir gemi için kaynak ayırmak anlamına gelmez, aynı zamanda o gemiyi idame edebilmek için bir çok yan kaynağın da işin içine sokulmasına neden olur. Bu nedenle savaş gemisi seçilirken birbiriyle çelişen bir çok kriter göz önünde bulundurulmak zorundadır.

Bu çalışmada, karar verici olarak seçilen uzmanların kendi tecrübelerine dayanarak verdiği puanlar yardımıyla savaş gemisi seçiminde göz önünde bulundurulması gereken kriterlerin değerlendirilmesinde daha önce hiç denenmemiş bir yöntem olan Bulanık Mantık kullanılacaktır. Böylelikle bir karar verici "Ben bu gemiyi beğenmedim." dediğinde bile elimizde değerlendirmeye tabi tutulabilecek bir veri olması sağlanacaktır.

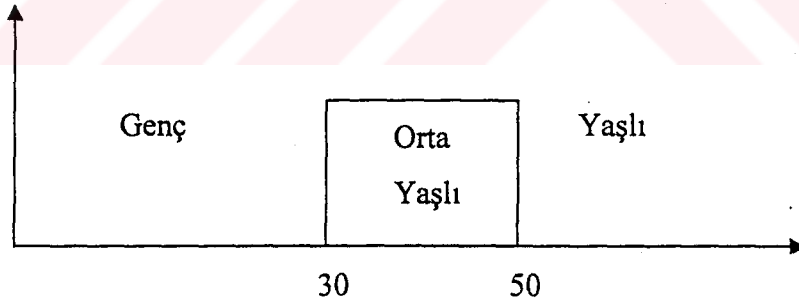
2. BULANIK MANTIK, BULANIK KÜME, ÜYELİK İŞLEVLERİ

2.1 Bulanık Mantık, Bulanık Kümelere Giriş

Bulanık mantık, insan düşünüş şeklini modellemeye çalışır. Kesin sınırlara sahip olmayan kümeler ile işlem yapmamıza yardımcı olarak, nitel verilerle bir takım yaklaşımlar elde etmemizi sağlar.

Geleneksel mantıkta bir kümeyi oluşturan elemanlar keskin elemanlar olup, bir eleman bir kümenin ya elemanıdır ya da değildir. Bu tür kümelere keskin kümeler denilir. (Oğuz, 1994) Klasik mantık da aynı noktadan yola çıkar. Buna göre klasik mantıkta bir olayın olabilirlik derecesi 1 (var) ve 0 (yok) olmak üzere iki çeşittir. Dolayısıyla klasik mantıkta olayın olabilirlik derecesi 0 ile 1 arasında herhangi bir değer alamaz.

Örnek olarak orta yaşlı kavramını ele alırsak; eğer 40 yaşı orta yaş olarak kabul edecek olursak, geleneksel kümelendirmede 30 yaşın altındakiler, Şekil 2.1’de gösterildiği üzere “Genç”, 30-50 arası “Orta yaşlı”, 50 yaşın üstü de “Yaşlı” kümelerine sokulabilir. Dolayısıyla 29.5 yaşındaki bir kişi “Genç” olarak tanımlanırken, 30.5 yaşındaki diğer bir kişi “Orta yaşlı” olarak tanımlanacaktır. (Oğuz, 1994)

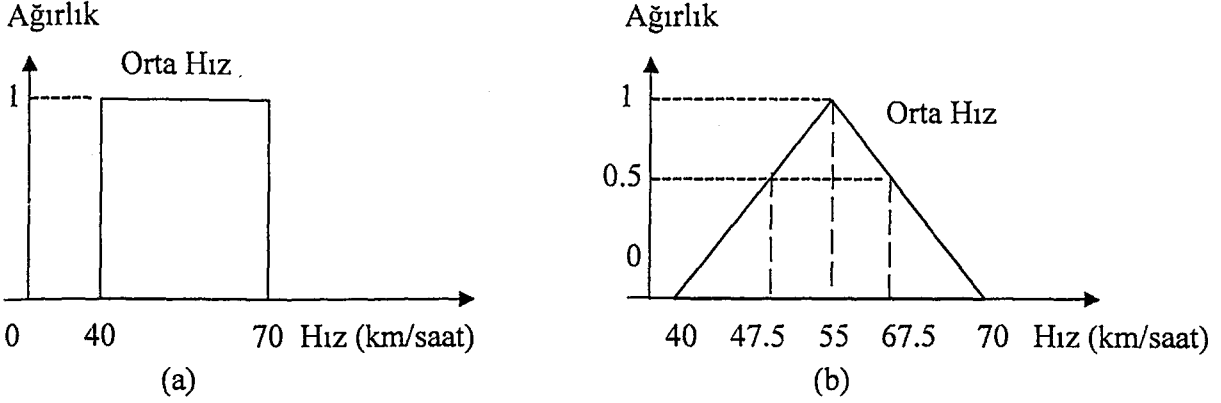


Şekil 2.1 Keskin Kümeler

Yukarıda açıklananlara karşıt olarak bulanık mantık, keskin mantığın açık-kapalı, soğuk-sıcak, hızlı-yavaş gibi ikili denetim değişkenlerinden oluşan keskin dünyayı, az açık-az kapalı, serin-ılık, biraz hızlı-biraz yavaş gibi gevşek niteleyiciler ile yumuşatarak gerçek dünyamıza benzetir.

Diğer bir örnek olarak hız kavramını ele alırsak; 40 km/saat ve 70 km/saat arası hız “Orta hız” olarak kabul edilirse, bu durumda Şekil 2.2.a’da gösterildiği gibi geleneksel mantıkta 40 km/saat ve 70 km/saat dahil olmak üzere bu iki değer arasındaki her hız değeri “Orta hız”

olarak kabul edilebilir. Yani bu değerlerin olabilirliği 1 olur. Sınır hız değerleri arasında yorum yapmak mümkün değildir. Bu durumu daha iyi yorumlayabilmek için Bulanık Mantık kullanılır.



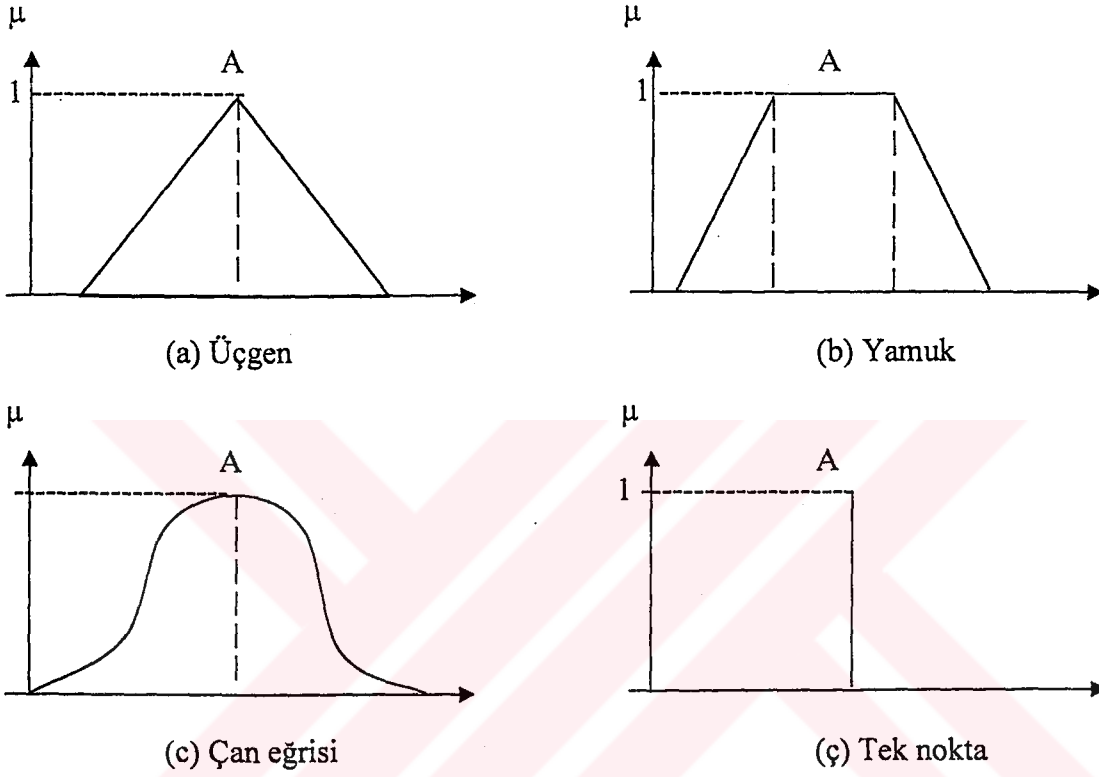
Şekil 2.2 Klasik ve Bulanık Mantıkta Hız Grafiği

Bulanık mantıkta sınır ve ara değerler için yalnız bir durum yoktur. Olabilirlik derecesi $[0,1]$ arasında çeşitli değerler alabilir. Şekil 2.2.b’de gösterildiği gibi 40-70 km/saat arası yine “Orta hız” olarak kabul edilirse bu iki değer arasındaki hızların olabilirlik dereceleri değişik değerler sahiptir. Bu durumda 40 km/saat ve 70 km/saat hızlarının olabilirlik derecesi 0 olur. Yani orta hız sayılmazlar. 55 km/saat hızının olabilirlik derecesi 1’dir. Yani bu değer tam orta hız sayılır. Dolayısıyla bir değerden diğer bir değere daha yumuşak keskin olmayan geçiş sağlanmış olur. Ayrıca 47.5 km/saat ve 67.5 km/saat hızlarının olabilirlik derecesi 0.5’tir. Bulanık mantıkta Şekil 2.2.b’de gösterilen eğriye üyelik işlevi denir. Hız ekseninde başka hız grupları için üyelik işlevleri gösterilebilir (çok yavaş, yavaş, orta, hızlı, çok hızlı gibi.). Hız eksenindeki tüm hız değerlerinin bulunduğu küme, hız için evrensel küme olarak adlandırılır. Her hızın üyelik işlevinde aldığı olabilirlik derecesi, üyelik ağırlığı olarak isimlendirilir. Ayrıca orta hız üyelik fonksiyonu evrensel kümenin her elemanı ve bu elemana karşılık gelen üyelik ağırlığı ile matematiksel olarak gösterilebilir. Orta hız üyelik işlevi hız evrensel kümesinin bir bulanık alt kümesidir.

2.2 Üyelik İşlevleri

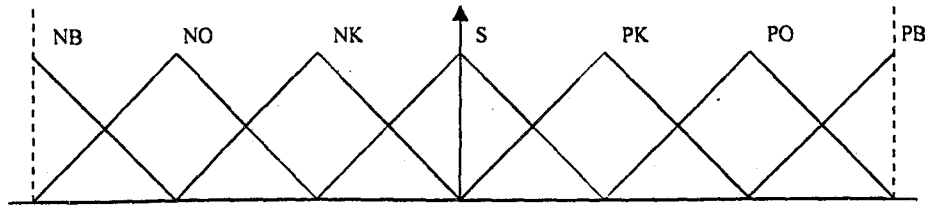
Evrensel kümenin alt kümesi olan bulanık kümenin üyelerine karşılık gelen ağırlıklar eğri şeklinde gösterilebilir. Bu eğriler üyelik işlevi olarak adlandırılır. Evrensel kümede sadece elemanlara karşılık ağırlıklar alınırsa üyelik işlevi söz konusu olur. Şayet küme eleman ve bu elemana karşılık gelen ağırlık ile beraber gösterilirse bu takdirde bu küme bir bulanık alt kümeyi oluşturur.

Bulanık alt kümelerin üyelik işlevlerinin kullanımı belirsiz ve kapalı kavramların işleme konulmasında yardımcı olur. Üyelik işlevleri kontrol edilen sistemin özelliklerine göre üçgen, yamuk ve çan eğrisi şeklinde olabilir. (Şekil 2.3.a, b, c) Eğer bulanık küme yalnız bir tek elemanın ağırlığına sahipse bu kümenin üyelik işlevi tek nokta olan bir şekil gösterir. (Şekil 2.3.d)



Şekil 2.3 Değişik Üyelik İşlevleri

Üyelik işlevlerinde genel olarak küçük, orta, büyük olmak üzere 3 veya küçük, orta derece küçük, orta derece büyük ve büyük olmak üzere 5 veya 0 dolayı ve sıfırın etrafında, pozitif ve negatif küçük, orta ve büyük olmak üzere 7 ayrı etiket tanımlanır. En yaygın olanı 7 etiket kullanılması olup Şekil 2.4 böyle bir durumu göstermektedir.



Şekil 2.4 Ayrı Etiketli Üyelik İşlevleri

3. BULANIK KÜME TEORİSİ VE TANIMLAR

3.1 Bulanık Kümenin Matematiksel Gösterimi

Bir X evrensel kümesindeki bir A bulanık küme $[0,1]$ aralığında değer alan μ_A üyelik işlevi tarafından karakterize edilir. Bu yüzden X 'deki A bulanık küme bir x ve x 'in Şekil 3.1'de gösterilen üyelik işlevi tarafından belirlenen ağırlığı ile beraber tarif edilir. Yani;

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\} \quad (3.1)$$

olur.

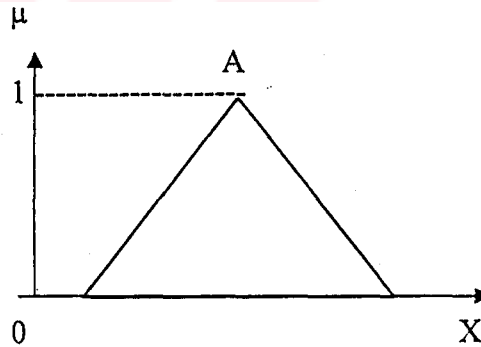
X sürekli ise bir A bulanık küme;

$$A = \int_x \frac{\mu_A(x)}{x} \quad (3.2)$$

şeklinde gösterilir. Eğer X ayrık değerlere sahip olursa;

$$A = \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \dots = \sum_i \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \quad (3.3)$$

şeklinde ifade edilir.



Şekil 3.1 Bulanık A Kümesinin Üyelik İşlevi

Geleneksel küme kavramında kullanılan işlemler benzer olarak bulanık kümeler için de geçerlidir. Çizelge 3.1'de geleneksel kümeler için geçerli olan birleşim, kesişim ve evrik alma özellikleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 Geleneksel kümelerde birleşme, kesişme ve evrik alma işlemleri

A	B	$A \cup B$	$A \cap B$	A'
0	0	0	0	1
0	1	1	0	1
1	0	1	0	0
1	1	1	1	0

Aynı işlemler bulanık kümeler için de geçerli olmasına karşın üyelik değerlerine bağlı olarak işlemlerin sonunda ortaya çıkan değerler $[0,1]$ aralığında olabilir.

X evrensel kümesinde A ve B iki bulanık küme olsun. X evrensel kümesinde A ve B için tanımlanan birleşme, kesişme, evrik ve üs alma, pozitif α sayısı ile çarpma özellikleri aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

3.1.1 Birleşme Özelliği

$A \cup B$ birleşiminin $\mu_{A \cup B}(x)$ üyelik fonksiyonu, $x \in X$ 'in her değeri için aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) \quad (3.4)$$

veya;

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max \{ \mu_A(x), \mu_B(x) \} \quad (3.5)$$

Birleşme özelliği Şekil 3.2.a'daki gibi grafiksel olarak gösterilebilir.

3.1.2 Kesişme Özelliği

$A \cap B$ kesişiminin üyelik işlevi $\mu_{A \cap B}(x)$ üyelik işlevi, $x \in X$ 'in her değeri için;

$$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) \quad (3.6)$$

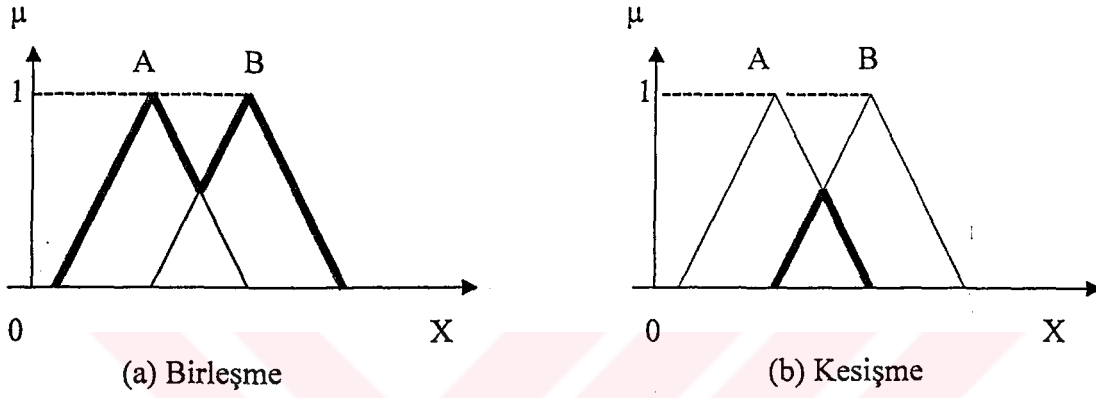
veya;

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min \{ \mu_A(x), \mu_B(x) \} \quad (3.7)$$

şeklinde gösterilebilir. Kesişme özelliği Şekil 3.2.b'deki gibi grafiksel olarak gösterilebilir.

Çizelge 3.2 Mantıksal operatörler

	Kesişme	Birleşme
Geleneksel küme	AND	OR
Bulanık küme	MIN	MAX



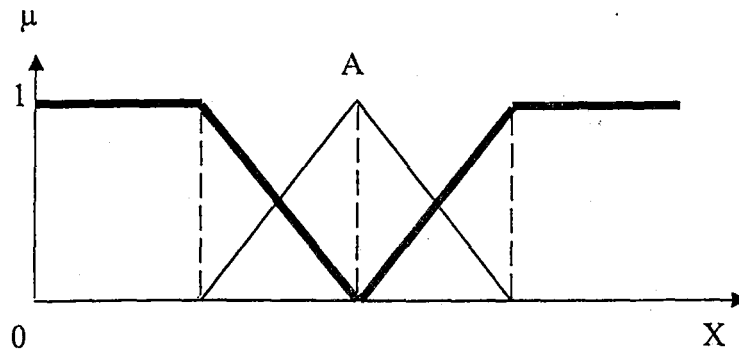
Şekil 3.2 Birleşme ve Kesişme Özelliği

3.1.3 Evrik Alma Özelliği

Bulanık A kümesinin evriği $x \in X$ 'in her değeri için $\mu_A(x)$ üyelik işlevi türünden aşağıdaki gibi gösterilir.

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (3.8)$$

Evrik alma özelliği Şekil 3.3'teki gibi grafiksel olarak gösterilebilir.



Şekil 3.3 Evrik Alma Özelliği

3.1.4 Üs Alma Özelliği

Bulanık A kümesinin $x \in X$ 'in her değeri için α . dereceden üssü;

$$A^\alpha = \sum_i \frac{[\mu_A(x_i)]^\alpha}{x_i} \quad (3.9)$$

şeklinde ifade edilir.

3.1.5 Pozitif α Sayısı İle Çarpma Özelliği

Bulanık A kümesinin $x \in X$ 'in her değeri için pozitif α sayısı ile çarpma;

$$\alpha.A = \sum_i \frac{\alpha.\mu_A(x_i)}{x_i} \quad (3.10)$$

şeklinde gösterilir.

3.1.6 Maksimum Değer Alma

Bu algoritmada bulanık küme içinde en büyük üyelik değerlerine sahip eleman, kesin değer olarak kabul edilir. Matematiksel olarak,

$$\text{Max } U(u) = U(u_0) \quad (3.11)$$

burada u_0 = Kesinleştirilmiş değer

biçiminde ifade edilebilir. Bu metodun kötü yanı birden fazla maksimum değer olması durumunda karar verme zorluğudur. Bu gibi durumlarda bu değerlerin ortalamasının alınması çözüm olabilir.

3.1.7 Ağırlık Merkezi Prosedürü

Bu yöntemde bulanık kümenin ağırlık merkezine karşı düşen değer olarak alınmaktadır.

$$U_0 = \frac{\int_U u U(u) du}{\int_U U(u) du} \quad (3.12)$$

Ağırlık merkezi prosedürü karar verme zorunluluğunu ortadan kaldırsa da, konveks olmayan kümelerde yanlış sonuç vermeyi engellemez (Oğuz, 1994).

3.1.8 Bulanık Bağntı

$A = (X_1, X_2)$ ve $B = (Y_1, Y_2)$

$$A \times B = ((X_1, Y_1), (X_1, Y_2), (X_2, Y_1), (X_2, Y_2)) \quad (3.13)$$

bu ifade bulanık grafdır. Ağırlıklarıyla beraber;

$$G = 0.1 / X_1, Y_1 + 0.2 / X_1, Y_2 + 1 / X_2, Y_1 + 0.7 / X_2, Y_2 \quad (3.14)$$

ifadesi bulanık bağıntıdır. Bu bağıntının üyelik işlevi;

$$\mu_R(x, y) = (0.1, 0.2, 1, 0.7) \quad (3.15)$$

3.1.9 İki Bulanık Bağntının Birleşimi

R_1 -X ve Y, R_2 -Y ve Z arasında bağıntı olsun. X ve Z arasındaki bağıntı,

$$\mu_{R_1 \circ R_2}(x) = \max [\min (\mu_{R_1}(x_1, y_1) \cdot \mu_{R_2}(x_2, y_2))] \quad (3.16)$$

şeklinde olur.

3.1.10 Bulanık Bağntının IF THEN ile ifadesi

İkili mantık kullanılan sistemlerde verilen savlardan bir sonuca varmaya yani çıkarıma bir örnek verilmiştir.

Sav 1: Bebekler konuşamazlar.

Sav 2: Esin bir bebektir.

Çıkarım: Esin konuşamaz.

Görüldüğü üzere, çıkarım ancak savların birbirleriyle tam olarak uyduğu durumlarda mümkündür. Bulanık sistemler ise dilsel değişkenlerden oluşur ve bu girişler üzerinde değerlendirme ve bir sonuca varma EĞER-O HALDE (IF-THEN) türünden kuralların kullanımı ile gerçekleştirilir.

Bilgi: Su çok sıcaksa soğuk su musluğunu çok aç.

Gerçek: Su biraz sıcak.

Çıkarım: Soğuk su musluğunu biraz aç.

Bulanık sistem dinamik davranışı operatör bilgisine dayanan dilsel kurallar setiyle karakterize edilir. Bu kuralların sembolik olarak gösterimi;

IF (Durum seti) THEN (Sonuç seti) şeklindedir. Bu şekil bulanık durum ifadesi olarak adlandırılır.

3.2 Bulanık İlişkiler

Tanım olarak bir bulanık ilişki R , $X \times Y$ kartezyen çarpımı ile gösterilir. Bulanık kümelerde kullanılan kartezyen çarpım ve kompozisyon işlemleri, geleneksel kümelerdeki bağıntılara benzerdir.

3.2.1 Kartezyen Çarpım

A bulanık kümesi X evrensel kümesinin, B bulanık kümesi Y evrensel kümesinin alt kümeleri ise $A \times B$ ile gösterilen A ile B 'nin kartezyen çarpımı R bağıntısı olarak ifade edilir.

$$A \times B = R \subset X \times Y \quad (3.17)$$

ve R bulanık bağıntısının üyelik işlevi;

$$\mu_R(x,y) = \mu_{A \times B}(x,y) = \min \{ \mu_A(x), \mu_B(y) \} \quad (3.18)$$

şeklinde gösterilir.

Bulanık bağıntılar arasındaki özellikler geleneksel bağıntılardaki gibidir.

3.2.2 Bulanık Bağıntılarda Kompozisyon

R , $X \times Y$ kartezyen çarpımının bir bulanık bağıntısı ve S , $Y \times Z$ kartezyen çarpımının bir bulanık bağıntısı ise $X \times Z$ kartezyen çarpımının T bulanık bağıntısı geleneksel bağıntılarda anlatıldığı gibi gösterilebilir.

$$T = R \circ S \quad (3.19)$$

Max-min kompozisyonu;

$$\mu_T(x,z) = \bigvee_{y \in Y} \mu_R(x,y) \wedge \mu_S(y,z) \quad (3.20)$$

veya;

$$\mu_T(x,z) = \max_{y \in Y} \{ \min [\mu_R(x,y), \mu_S(y,z)] \} \quad (3.21)$$

Max-Çarpım kompozisyonu;

$$\mu_T(x,z) = \bigvee_{y \in Y} \mu_R(x,y) \cdot \mu_S(y,z) \quad (3.22)$$

veya;

$$\mu_T(x,z) = \max_{y \in Y} \{ \min [\mu_R(x,y) \cdot \mu_S(y,z)] \} \quad (3.23)$$

3.2.3 Bulanık Çıkarım Kompozisyonu

R, X'den Y'ye bulanık bağıntı, x, X evrensel kümenin bulanık alt kümesi ve y, Y evrensel kümenin bulanık alt kümesi ise;

$$y = x \circ R \quad (3.24)$$

ifadesi çıkarım kompozisyonunu gösterir. Burada $x \circ R$, x ve R'nin max-min kompozisyonudur.

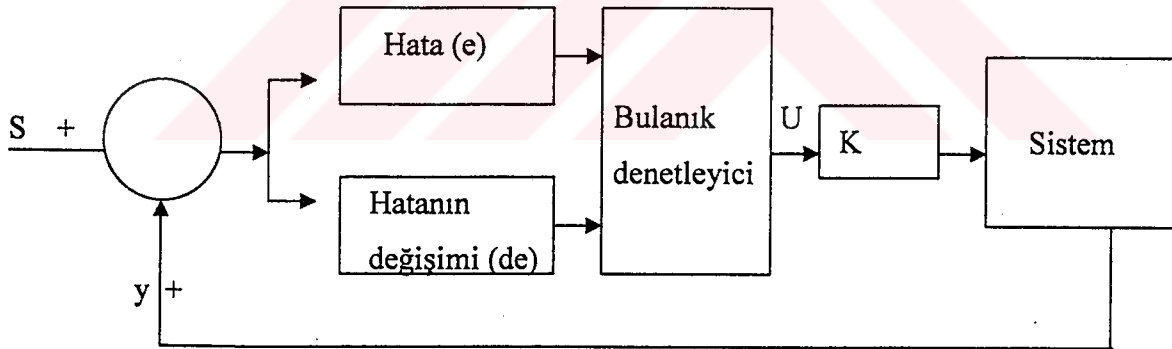
3.3 Bulanık Kontrol Algoritması ve Örnekleri

Şekil 3.4'te bir sistemin bulanık denetleyici ile kontrolü gösterilmektedir. Çıkıştan alınan geri besleme ile;

$$\text{Hata (e)} = \text{İstenen konum (S)} - \text{O andaki konum (y)}$$

$$\text{Hata değişimi (de)} = \text{Şimdiki hata (e}_k) - \text{Önceki hata (e}_{k-1})$$

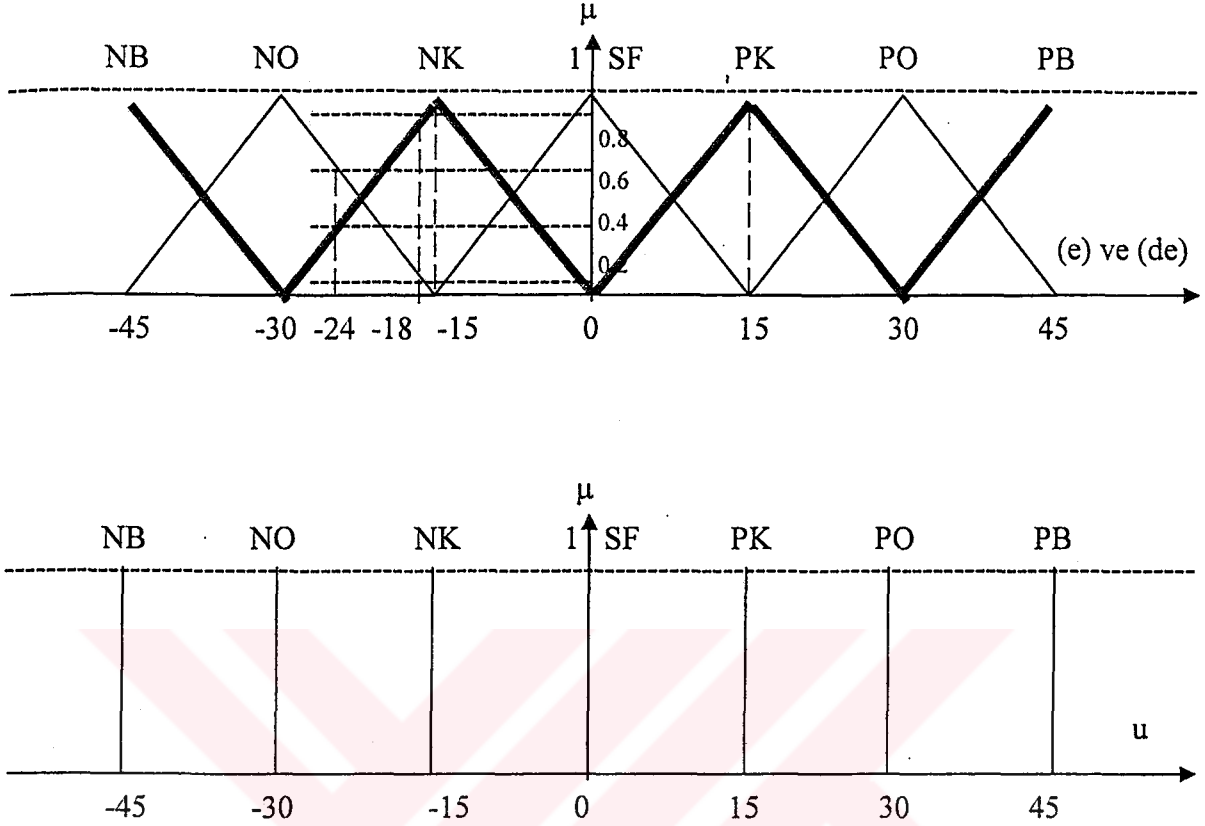
değerleri elde edilir.



Şekil 3.4 Bir Sistemin Bulanık Denetleyici İle Kontrolü

elde edilen bu değerler bulanık denetleyicinin giriş değerleridir. (e) ve (de) değerleri iki ayrı evrensel kümeyi oluştururlar. (Oğuz, 1994)

Bu iki kümeye ait bulanık alt kümeler ve üyelik işlevleri Şekil 3.5'teki gibidir.



Şekil 3.5 (e) ve (de) Değerlerinin Üyelik İşlevleri

Şekildeki etiketler şöyledir;

PB : Pozitif Büyük PO: Pozitif Orta PK: Pozitif Küçük SF: Sıfır

NK: Negatif Küçük NO: Negatif Orta NB: Negatif Büyük

Üyelik işlevleri belirli bir anda hata (e_k) ve hatanın değişimi (de_k) değerine karşılık düşen iki üyelik ağırlığını belirler. Yine bu işlevler, IF-THEN kurallarındaki şart bölümünü oluştururlar.

IF $e = NB$ AND $de = PB$ THEN $u = NB$

IF $e = SF$ AND $de = SF$ THEN $u = SF$

(e) ve (de) ayrı ayrı 7 tane üyelik işlevi olduğu için 49 tane kural yazılabilir. Daha önce belirtildiği gibi önemli olan bu kuralların sistemi bilen ve kontrolünü yapmış olan kişinin kuralları istenen amaca göre çıkarmış olmasıdır. Çizelge 3.3'te bir servo motor için kurallar yazılmıştır. (e) ve (de)'ye karşılık gelen çizelgedeki her kare, bir bulanık çıkış üyelik işlevinin bir etiketini temsil eder.

Çizelge 3.3 Servo Motor İçin Kurallar

	NB	NO	NK	SF	PK	PO	PB
PB	NB	PO	PB	PB	PB	PB	PB
PO	NB	*	PB	PB	PB	PB	PB
PK	NB	*	*	PK	PB	PB	PB
SF	NB	NB	NK	SF	PK	PB	PB
NK	NB	NB	NB	NK	*	*	PB
NO	NB	NB	NB	NB	NB	*	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NB	NB	PB

$e = -24$ ve $de = -18$ için u çıkışını bulmaya çalışalım. $e = -24$ için NO ve NK üyelik işlevi bir ağırlığa sahiptir. $e = -24$ için NO üyelik işlevi ağırlığı $NO = 0.6/-24$ 'tür. NK için ağırlık $0.4/-24$ 'tür. Benzer şekilde $de = -18$ için üyelik işlevi NO ve NK'dir. $NO=0.2/-18$ ve $NK=0.8/-18$ 'dir. Dolayısıyla e ve de arasında 4 kural oluşur ve çıkışta u için 4 sonuç mevcuttur.

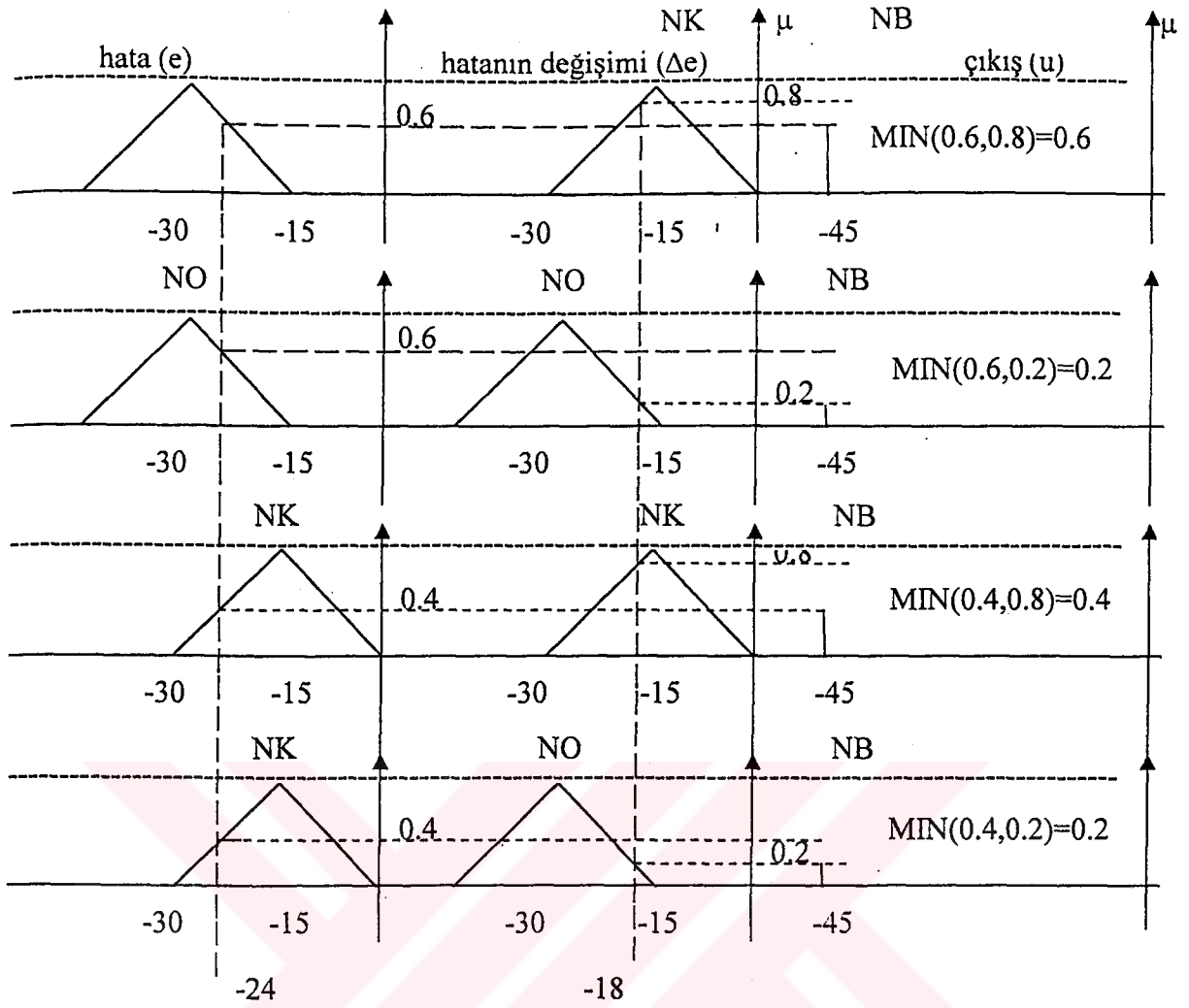
Şekil 3.5'te yapılan işleme bulanıklaştırma denir. Oysaki bize yalnız bir u değeri gereklidir. u değerini bulmak için de aşağıdaki durulaştırma yöntemini kullanmamız yeterlidir. (Ağırlık Merkezini Bulma Yöntemi)

Şekil 3.6'da yapılan işleme durulaştırma denir. Bu şekilde;

Netleştirme yöntemi kullanılmış

ve,

tek bir u değeri elde edilmiştir. (Oğuz, 1994)



Şekil 3.6 Durulaştırma İşlemi (Ağırlık Merkezini Bulma Yöntemi)

3.4 Sonuç

Bu bölümde sunulan bilgiler, bulanık küme teorisine bir giriş oluşturduğu gibi bulanık kümelerin üzerine kurulduğu mantığı tanıtmaktadır. Tanımladığımız küme işlemlerinde kullanılan maksimum ve minimum operatörleri bulanık küme teorisi ilk ortaya atıldığında temel işlemler olarak kabul edilmiştir. Ayrıca kuralların ve üyelik işlevlerinin iyi seçilmesi sistem istenilen konuma ulaşırken oluşan aşırı salınımları belirli bir oranda önleyecektir. (Oğuz, 1994)

4. BULANIK KONTROLÖRÜN YAPISI

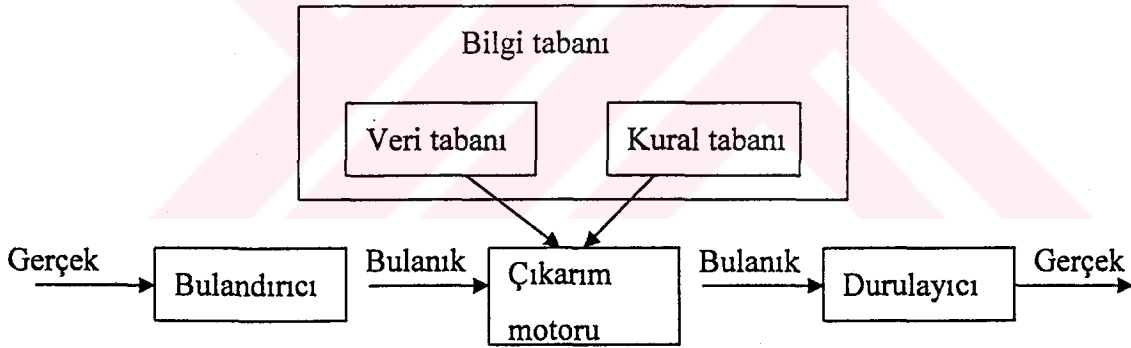
Bulanık kontrolör, diğer kontrolörlerden farklı olarak kontrol edilecek sisteme ait önermelere dayanarak işlem yapan bir yapıya sahiptir. Burada belirtilen önermeler en genel haliyle aşağıdaki biçimde verilebilir.

Eğer.....Ayrıca.....Öyle ise

Bu önermelerin kontrol edilecek sistemin operatöründen elde edilmesi, kontrolörün istenilen yapıda çalışma olanağını arttıracaktır. Operatör tarafından verilen bu önermeler kontrol kurallarını oluşturmaktadır. Bulanık kontrolörler, bu özellikleriyle dilsel önermeleri işleyebilen bir yapıya ulaşmaktadırlar. Bu da kontrol protokolü sözle yazılabilen sistemlerin, otomatik olarak kontrol edilebilme olasılığını ortaya çıkarmaktadır. (Oğuz, 1994)

4.1 Kontrolörün Temel Yapısı

Bu kısımda bir bulanık kontrolör, daha önceki bölümlerde verilen ön bilgilerin ışığında daha ayrıntılı olarak incelenecektir.



Şekil 4.1 Bulanık Kontrolörün Temel Yapısı

Şekildeki konfigürasyon 4 bölüm içermektedir:

Bulandırıcı Arabirim

Bilgi Tabanı

Karar Verici Mantık (Çıkarım Motoru)

Durulandırıcı Arabirim

4.1.1 Bulandırıcı Arabirim

Bu bölüm giriş değişkenlerini (gerçek sayıları) ölçer, onlar üzerinde bir ölçek değişikliği yapar ve bulanık kümelerle dönüştürür. Yani, onlara birer etiket vererek dilsel nicelik kazandırır. Arabirim işleyişi şu şekildedir;

- a) Giriş değişkenlerinin değerini ölçer,
- b) Giriş değişkenlerinin değerlerini ilgili kümelerle transfer eder ve onlar üzerinde ölçek değişikliği yapan haritalama olayını gerçekleştirir.
- c) Giriş verilerini bulanık setin etiketi şeklindeki uygun dilsel değişkenlere çevirir. (Oğuz, 1994)

4.1.2 Bilgi Tabanı

Bilgi tabanı veri tabanı ve dilsel kontrol kural tabanı olmak üzere iki kısımdan oluşur:

- a) Veri tabanı: Çıkarım motoru, kural tabanında kullanılan bulanık mantık kümelerinin üyelik işlevlerini bu bölümden alır. Bulanık Mantık Kontrolörü (Fuzzy Logic Controller) içindeki bulanık veri işlemleri ve dilsel kontrol kuralları için gerekli tanımlamaları sağlar.
- b) Kural tabanı: Denetim amaçlarına uygun dilsel denetim kuralları burada bulunur ve çıkarım motoruna buradan verilir. Yani bir kontrol kural seti kullanarak sistemdeki kontrol amacını ve operatörün sistem kontrol düşüncesini karakterize eder.

4.1.3 Karar Verici Mantık

BMK'nin en önemli kısmıdır. Bu bölümde bulanık kavramlara dayalı olarak insan beyninin düşünüş şeklinin bir benzetimi yapılmaya çalışılır. Ayrıca bu kısım, bulanık mantık içerisindeki çıkarım kurallarını kullanarak bir bulanık kontrol işleyişi oluşturur.

4.1.4 Durulandırıcı Arabirim

Çıkarım motorunun bir veya birden fazla bulanık küme çıkışları üzerinde gerekli ölçek değişikliklerini yapar ve bunları gerçek sayılara dönüştürür. Arabirimin işleyişi;

- a) Çıkış değişkenlerinin değerlerini ilgili kümelerle transfer eden ve bunların üzerinde bir ölçek değişikliği yapan bir haritalama oluşturur.

- b) Bulanık olmayan gerçek sayıları elde etmek için oluşturulan çıkışları durulandırır.

4.2 Bulanık Mantık Adımlarının Açıklaması

4.2.1 Bulanıklaştırma

İlk adım, girdilerin alınarak üyelik işlevleriyle bulanık kümelerle olan üyelik derecelerinin belirlenmesidir. Girdi her zaman belirli sayısal bir değerdir ve çıktı ise niteliksel dilsel kümenin üyelik derecesiyle ifade edilir (Her zaman 0 ile 1 arasındadır.). Girdiler bir çizelge kullanılarak ya da işlev değerlendirmesiyle bulanıklaştırılırlar. Kurallar değerlendirilmeden önce, girdiler her bir dilsel kümeye dayanılarak bulanıklaştırılmalıdırlar.

4.2.2 Bulanık Operatörün Uygulanması

Girdiler bulanıklaştırıldıktan sonra, girdilerin bir önceki durumunun her bir kuralı karşılayan parçalarının derecesini biliyor oluruz. Verilen bir kuralın önceki durumu birden fazla parçaya sahipse, bulanık operatör o kural için önceki durumun sonucunu temsil eden bir sayı elde etmek için uygulanır. Bu sayı daha sonra çıkış işlevine uygulanacaktır. Bulanık operatöre yapılan girdi, bulanıklaştırılmış girdi değişkenlerinin içinden alınan bir ya da daha fazla üyelik değeridir. Çıktı tek bir gerçek değerdir. AND ve OR işlemleri bu durumda kullanılırlar.

4.2.3 Karıştırma Yönteminin Uygulanması

Sonuç, anlamı tam olarak kendisine atfedilen dilbilim karakterleri kadar olan üyelik işleviyle temsil edilmiş bulanık kümedir. Sonuç önceki ile ilişkili bir fonksiyonla yeniden şekillendirilir. Karıştırma işlemi için girdi, önceki durum tarafından verilen tek bir sayı, çıktı ise bulanık kümedir.

4.2.4 Tüm Çıktıların Toplanması

Kararlar bütün kuralların sınanmasına dayandığından, kurallar karar vermek için birbirleriyle bir şekilde bağlı olmalıdır. Toplama işlemi, her kuralın çıktıları temsil eden bulanık kümelerin, tek bir kümeye bağlanması işlemidir. Toplama işlemi her çıktı değişkeni için durulaştırma işleminden önce sadece bir kere oluşur. Durulaştırma işleminin girdisi, her bir kural için karıştırma işlemi tarafından gönderilen kısaltılmış çıktı işlevlerinin listesidir. Toplama işleminin çıktısı, her bir çıktı değişkeni için bir bulanık kümedir.

4.2.5 Durulaştırma

Durulaştırma işleminin girdisi bir bulanık kümedir ve çıktı tek bir sayıdır. Ara kademeler boyunca kuralların değerlendirilmesinde bulanıklaştırma ne kadar çok yardımcı olursa, her bir değişken için istenen çıktı genellikle tek bir sayıdır. Bununla birlikte, bulanık bir kümenin toplamı çıkış değerlerini çevreler ve bu nedenle küme içerisinden tek bir çıktı elde etmek için durulaştırma işlemine tabi tutulmalıdır.

En çok kullanılan durulaştırma yöntemi merkezi yöntemdir. Bu yöntemde çıkış eğrisi altında kalan alanın ağırlık merkezi hesaplanarak sonuç olarak kabul edilir. Maksimum üyelik yöntemi, ağırlık ortalamasını bulma yöntemi, en büyük alan merkezini bulma yöntemi, maksimum üyelikleri ortalama yöntemi, toplamların merkezini bulma yöntemi, ilk veya son maksimum değeri bulma yöntemi olmak üzere 6 adet daha yöntem vardır (Ayazlar, 2000). Ancak kullanacağımız yöntem Merkezi yöntem olacağından bu yöntemler burada incelenmeyecektir.

5. UYGULAMA

5.1 Giriş

Deniz kuvvetlerimiz artık dünya denizlerinde dolaşmaktadır. Sürekli değişen siyasi ve askeri dengeler, Deniz kuvvetlerimizin de politikalarını değiştirmesine neden olmaktadır. Önceleri, sadece Türkiye kıyılarını koruma niyetindeyken bugün artık Amerika kıtasından Uzak Doğu'ya, Cebelitarık'tan Süveyş Kanalı'na kadar operasyon alanı bulan bir donanmaya sahibiz. Bu nedenle sürekli gelişen ve teknolojinin hızına ayak uyduran dinamik bir yapıya sahip olmak gerekliliği ön plana çıkmaktadır.

Deniz kuvvetlerimizin gemi alım ve inşa programları da bu yönde olmaktadır. Bir kısmı Almanya'da bir kısmı Türkiye'de inşa edilen YAVUZ ve BARBAROS Sınıfı Fırkateynler, ABD'den alınan GABYA Sınıfı Fırkateynler ile donanmamız gücüne güç katmakta, MİLGEM ve TF2000 projeleri ile gelişimini dinamik bir şekilde sürdürmeye çalışmaktadır (Yakut, 1998).

Harekat alanı geniş bir deniz kuvvetinin karşılaşacağı tehditler de çok büyük değişiklik göstermektedir. Aynı denizlerde kendi çıkarları doğrultusunda kuvvet bulunduran tüm ülkeler potansiyel bir tehdit olarak görülmek zorundadır. Ayrıca günümüzde oldukça farklı amaçlar uğrunda seslerini duyurmak, sansasyonel eylem yapmak amacı güden çeşitli terörist gruplar da, deniz kuvvetlerimize tehdit oluşturan bir unsur olarak dikkate alınmalıdır.

Açık denizlerde bayrak göstermek, ülkenin menfaatlerini en uzak sularda savunabilmek dışında, donanmanın kendi kıyılarımızı ve boğazlarımızı korumak amacıyla da her türlü tedbiri almış olması gerekmektedir (Yakut, 1998).

Bu tezin amacı, bahse konu tehditlerin tümüne karşı caydırıcılık görevini en iyi şekilde yerine getirebilmek, gerekirse en güçlü şekilde karşı koyabilmek amacıyla deniz kuvvetlerimizin yeni gemi alım ve inşa projelerinin ne yönde sürdürülmesi gerektiğine, nasıl bir gemiye sahip olması gerektiğine bilimsel bir yaklaşımda bulunmaktadır.

5.2 Neden Bulanık Mantık?

Türk Deniz Kuvvetleri'nin amacı, harekat alanları, karşılaçağı tehditler ve bu tehditlere karşı nasıl tedbirler alacağı bellidir. Ancak "Türk Donanması için ne tip bir gemi alımına gidilecek?" sorusu sorulduğunda karar verme aşamalarında karşımıza bir çok etken çıkmaktadır. Bu etkenler aşağıda sıralanmıştır:

- Aynı görevi yapabilecek gemi tiplerinin çokluğu,
- Geminin üzerine yerleştirilecek silahların çok geniş bir yelpaze oluşturması,
- Ülkemizin alınacak gemi için ekonomik altyapısının yeterli olup olmadığı,
- Türk Donanmasının yeni gemi için uygun nitelikte personele sahip olup olmadığı,
- Türk Donanmasının yeni gemi için bakım tutum altyapısının yeterli olup olmadığı,
- Karar vericilerin birden fazla kriter ile karşı karşıya kalması,
- Karar vericilerin görüşlerinin çeşitlilik göstermesi.

Yukarıda sıralanan etkenler sonucunda yeni gemi alımına gidilirken oldukça geniş incelemeler, araştırmalar, gerekiyorsa modernizasyonlar ve yeniden yapılanma işlemleri de değerlendirilmektedir.

Dolayısıyla birbiriyle çakışan, çelişen kararlar, sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Bir karar verilmesi gerektiği zaman, birbiriyle çakışan, çelişen değerlendirmelerin en aza indirgenmesi ve amaca yönelik olarak optimize edilmesi gerekmektedir. Bulanık Mantık'ta amaç belirli ya da niceliksel verileri, uygun bulanık ya da niteliksel verilere dönüştürerek istenen sonuca ulaşmak için mantıksal olarak işleyebilmektir (Liut, 2001).

Bu amaçtan yola çıkarak, dünya üzerindeki uygun savaş gemileri incelenmiş ve uygun niteliklerde elli iki adet geminin tüm özelliklerini içeren bir veritabanı oluşturulmuştur. Elde edilen veritabanı karar vericilere sunulurken, gemilerin belli kriterlerinin puanlanması istenmiştir. Ayrıca verilen puanların o kriter için üç adet aralıktan hangisine gireceğini belirlemek amacıyla, iyi, orta ve kötü aralıklarının belirlenmesi istenmiştir. Böylelikle yukarıda bahsedilen, niceliksel verilerin niteliksel verilere dönüştürülerek sonuca ulaşma işleminin ilk adımı gerçekleştirilmiştir.

5.3 Kriterlerin Belirlenmesi

Bir savaş gemisi seçilirken ya da dizayn edilmeye başlanırken birbiriyle çelişen ya da çakışan bir çok kriter göz önünde bulundurulmaktadır. Örneğin sürat; savaş gemileri için çok önemli bir kriterdir. Ancak çok süratli bir gemi ya daha küçük olmalıdır, ya da daha güçlü makine kullanmalıdır. Küçük bir savaş gemisi ise hem denize daha az dayanıklı olacaktır, hem de denizde daha az kalacaktır. Daha güçlü bir makine kullanılması, genel olarak makinenin daha büyük olmasına ve makine dairesinin de daha büyük olmasına yol açacaktır. Bu ise savaş zamanı makine dairesinden alınacak bir yaranın daha büyük tehlikelere yol açmasına neden olacaktır.

Silah seçimi ve yerleşimi konusunda da oldukça zorlu bir karar verme aşamasından geçilmektedir. Hava savunma, denizaltı savunma, suüstü harbi gibi birbirinden ayrı gözükken fakat günümüzün teknolojisi göz önünde bulundurulduğunda, hareket alanında birbiriyle çakışan ve ortak bir karar verme mekanizması ile yönlendirilmesi gereken konularda tam bir karara varmak ve seçilecek ya da dizayn edilecek geminin hangi silahlarla ne tür hareketlerde görev alacağını belirlemek de başlıbaşına bir problemdir. (Şensoy,1995)

Aynı zamanda seçilecek ya da dizayn edilecek geminin Türk Donanması'na uyumlu olması, yani donanmanın elinde bulunan diğer platformlarla ortak kullanılabilmesi, onarım ve bakım tutum etkinliklerinin daha önce kazanılmış tecrübeler ve oluşturulmuş lojistik destek olanakları ile idame edilebilmesi de oldukça büyük önem kazanmaktadır.

Bunlardan başka, Türk Deniz Kuvvetleri'nin hareket alanlarında kullanılabilir olmak, donanmanın gereksinimlerine cevap verebilmek de çok önemlidir.

Bahsedilen konular ışığında, ihtiyaç duyulan geminin seçilebilmesi için değerlendirilecek kriterler aşağıda belirtilmiştir.

- Teknoloji: Savaş şartlarında, yüksek teknolojinin gereksinimlerine uygun olarak düşmanı daha çabuk tespit eden, daha hızlı davranan sistemler gerekmektedir. Bu da seçilecek savaş gemileri için teknolojinin önemli bir kriter olduğunu göstermektedir.
- Sürat: Gereksinim duyulan gücü daha hızlı olarak bir yerden diğer bir yere nakletmek yine savaş ortamında çok önemlidir. Ayrıca gemiye doğru gelen bir torpido ya da güdümlü mermiden uzaklaşabilmek de hayatta kalma açısından oldukça büyük önem taşımaktadır.
- Makine Sistemi: Makine sistemi, savaş gemisinin manevra gücüne, süratine etki eden bir faktördür. Güvenilir, esnek, az bakım gerektiren bir makine sistemi gemi seçimi ve dizaynında göz önünde bulundurulmalıdır.
- Komuta Kontrol Sistemi: Komuta kontrol sistemi, geminin hareket ortamında elde ettiği tüm verileri toplayan, işleyen ve özellikle personelin karar verme aşamasında büyük önem taşıyan bir unsurdur. Güçlü ve güvenilir bir komuta kontrol sistemi, geminin yönetilmesinde, hedef seçiminde, silahların kullanılmasında en önemli desteği gemi personeline sağlayacaktır. Bu nedenle bu özellik de bir kriter olarak göz önüne alınmıştır.
- Hava Savunma / Denizaltı Savunma / Suüstü Harbi: Bu üç özellik, bir savaş gemisinin en belirgin özelliği olan savaşılabilmek yani düşmanı vurabilmek ve kendisi açısından hayatta

kalabilmesine en büyük etkiyi sağlayan özelliklerdir. Dünya donanmalarında her bir özellik için özel olarak dizayn edilmiş gemiler bulunmakla birlikte, savaş şartlarında yukarıda da bahsedildiği üzere her türlü tehdit ile karşılaşılabilir. Bu nedenle tüm bu özellikler birer kriter olarak kabul edilmiştir.

- **Seyir Sıası:** İkmal yapmadan uzun süre seyir yapabilme, ana karaya bağımlılığı azaltarak geminin hareket alanını genişleten bir unsurdur. Seyir sıası bu nedenle değerlendirilecek kriterler arasında yer almıştır.
- **Helikopter:** Bir savaş gemisinin keşif gözetleme ve harp kabiliyetine önemli bir katkıda bulunur. Güçlü ve güvenilir bir helikopter savaş gemisinin en önemli silahı olabilir.
- **Türk Donanmasına Uyumluluk:** En önemli kriterlerden biridir. Seçilecek geminin Türk Donanması'nda bulunan diğer unsurlarla birlikte hareket yapabileceği göz önüne alınmalıdır. Ayrıca donanmanın gemilerin idamesi için oluşturduğu altyapıya uygun bir geminin seçilmesi de maliyeti düşüren bir unsurdur.
- **Genel Değerlendirme:** Her ne kadar tüm diğer özellikleriyle uygun bir savaş gemisi elde edilmiş olsa da, en önemli seçim kriteri karar vericilerin o gemiyi donanmada görmek isteyip istememeleridir. Bu kriter bir nevi karar vericilerin seçimini yansıtacaktır.

Şimdi karar vericilerin değerlendirmelerine bir göz atalım.

5.4 Karar Vericilerin Değerlendirmeleri

Bu çalışmada toplam dört karar vericinin değerlendirmelerine başvurulmuştur. Karar vericilerin tümü Türk Deniz Kuvvetleri'nin en seçkin gemilerinde görev yapmakta olan kişiler olup, ileride Türk Donanması için inşa edilecek gemilerin seçiminde önemli rol oynayabilecek kariyere sahiptirler.

İlk olarak karar vericilerin her bir kriter için kullanacağı değerlendirme aralıklarının nasıl oluştuğunu görelim:

Çizelge 5.1 Kriter Değerlendirme Çizelgesi

ÖZELLİK	KÖTÜ	ORTA	İYİ
Teknoloji	0-84	85-90	91-100
Sürat	0-74	75-85	86-100
Makina Sistemi	0-74	75-85	86-100
Komuta Kontrol Sistemi	0-84	85-90	91-100
Hava Savunma Harbi	0-84	85-90	91-100
Denizaltı Savunma Harbi	0-59	60-70	71-100
Suüstü Harbi	0-79	80-94	95-100
Seyir Siası	0-84	85-90	91-100
Helikopter	0-84	85-90	91-100
Türk Donanmasına Uyumluluk	0-79	80-94	95-100
Genel Değerlendirme	0-79	80-94	95-100

Yukarıda yer alan çizelge, her bir geminin kriterlere göre aldığı notların değerlendirilmesinde kullanılacaktır. Aşağıda sırasıyla her bir geminin karar vericilerden aldığı notlara yer verilecektir.

Çizelge 5.2 Barroso Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi

ÖZELLİK	1. KV	2. KV	3. KV	4. KV	SONUÇ
Teknoloji	75	90	70	70	76
Sürat	85	90	80	80	84
Makina Sistemi	60	90	65	60	69
Komuta Kontrol Sistemi	60	90	65	50	66
Hava Savunma Harbi	10	40	30	60	35
Denizaltı Savunma Harbi	75	100	75	60	78
Suüstü Harbi	80	100	80	60	80
Seyir Siası	70	80	80	75	76
Helikopter	90	100	90	60	85
Türk Donanmasına Uyumluluk	85	100	85	30	75
Genel Değerlendirme	70	90	70	50	70

Çizelge 5.3 Brunei Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi

ÖZELLİK	1. KV	2. KV	3. KV	4. KV	SONUÇ
Teknoloji	75	90	75	90	83
Sürat	90	90	80	90	88
Makina Sistemi	75	90	75	70	78
Komuta Kontrol Sistemi	70	90	70	80	78
Hava Savunma Harbi	80	90	80	80	83
Denizaltı Savunma Harbi	75	90	78	80	81
Suüstü Harbi	80	90	85	85	85
Seyir Siası	90	70	85	90	84
Helikopter	85	70	80	70	76
Türk Donanmasına Uyumluluk	89	70	80	70	77
Genel Değerlendirme	75	70	70	85	75

Çizelge 5.4 Descubierta Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi

ÖZELLİK	1. KV	2. KV	3. KV	4. KV	SONUÇ
Teknoloji	75	70	65	70	70
Sürat	70	70	65	80	71
Makina Sistemi	75	70	70	85	75
Komuta Kontrol Sistemi	80	60	70	85	74
Hava Savunma Harbi	90	60	60	75	71
Denizaltı Savunma Harbi	75	60	70	90	74
Suüstü Harbi	85	60	80	80	76
Seyir Siası	80	50	75	95	75
Helikopter	0	0	0	0	0
Türk Donanmasına Uyumluluk	80	60	70	50	65
Genel Değerlendirme	78	60	50	85	68

Çizelge 5.5 Eilat (Saar 5) Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi

ÖZELLİK	1. KV	2. KV	3. KV	4. KV	SONUÇ
Teknoloji	85	90	90	95	90
Sürat	95	100	75	98	92
Makina Sistemi	95	100	75	100	93
Komuta Kontrol Sistemi	98	100	80	90	92
Hava Savunma Harbi	85	100	80	95	90
Denizaltı Savunma Harbi	90	100	75	0	66
Suüstü Harbi	95	100	70	90	89
Seyir Siası	75	100	80	90	86
Helikopter	90	90	80	95	89
Türk Donanmasına Uyumluluk	95	90	90	90	91
Genel Değerlendirme	95	90	90	95	93

Çizelge 5.6 K130 Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi

ÖZELLİK	1. KV	2. KV	3. KV	4. KV	SONUÇ
Teknoloji	85	90	90	95	90
Sürat	80	70	70	90	78
Makina Sistemi	85	70	75	90	80
Komuta Kontrol Sistemi	80	80	80	95	84
Hava Savunma Harbi	85	80	80	90	84
Denizaltı Savunma Harbi	0	0	0	90	23
Suüstü Harbi	85	70	80	90	81
Seyir Siası	70	70	75	90	76
Helikopter	60	0	85	0	36
Türk Donanmasına Uyumluluk	90	60	90	90	83
Genel Değerlendirme	82	70	85	95	83

Çizelge 5.7 Visby Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi

ÖZELLİK	1. KV	2. KV	3. KV	4. KV	SONUÇ
Teknoloji	90	90	90	100	93
Sûrat	85	90	80	95	88
Makina Sistemi	85	90	90	95	90
Komuta Kontrol Sistemi	85	80	90	85	85
Hava Savunma Harbi	60	0	15	45	30
Denizaltı Savunma Harbi	95	70	90	100	89
Suüstü Harbi	85	70	80	80	79
Seyir Siası	0	0	0	0	0
Helikopter	80	80	75	80	79
Türk Donanmasına Uyumluluk	80	60	90	85	79
Genel Değerlendirme	82	50	80	90	76

Çizelge 5.8 Alvaro De Bazan Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi

ÖZELLİK	1. KV	2. KV	3. KV	4. KV	SONUÇ
Teknoloji	80	90	90	95	89
Sürat	85	100	80	90	89
Makina Sistemi	85	100	90	100	94
Komuta Kontrol Sistemi	95	100	90	95	95
Hava Savunma Harbi	98	100	85	95	95
Denizaltı Savunma Harbi	95	100	90	90	94
Suüstü Harbi	90	100	80	90	90
Seyir Siası	85	100	90	95	93
Helikopter	95	100	90	100	96
Türk Donanmasına Uyumluluk	90	100	90	90	93
Genel Değerlendirme	95	95	90	95	94

Çizelge 5.9 Barbaros Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi

ÖZELLİK	1. KV	2. KV	3. KV	4. KV	SONUÇ
Teknoloji	85	90	86	90	88
Sürat	90	100	85	95	93
Makina Sistemi	90	100	90	95	94
Komuta Kontrol Sistemi	90	90	90	95	91
Hava Savunma Harbi	85	90	80	95	88
Denizaltı Savunma Harbi	85	100	75	90	88
Suüstü Harbi	85	100	85	95	91
Seyir Siası	85	90	85	90	88
Helikopter	95	90	95	95	94
Türk Donanmasına Uyumluluk	100	100	100	95	99
Genel Değerlendirme	95	90	90	95	93

Çizelge 5.10 Brandenburg Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi

ÖZELLİK	1. KV	2. KV	3. KV	4. KV	SONUÇ
Teknoloji	87	100	90	95	93
Sürat	85	100	80	90	89
Makina Sistemi	96	100	85	100	95
Komuta Kontrol Sistemi	90	100	90	100	95
Hava Savunma Harbi	92	100	95	100	97
Denizaltı Savunma Harbi	82	100	80	95	89
Suüstü Harbi	95	100	90	100	96
Seyir Siası	85	100	89	90	91
Helikopter	95	100	90	95	95
Türk Donanmasına Uyumluluk	85	100	90	95	93
Genel Değerlendirme	92	100	90	95	94

Çizelge 5.11 Bremen Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi

ÖZELLİK	1. KV	2. KV	3. KV	4. KV	SONUÇ
Teknoloji	95	100	60	85	85
Sürat	90	100	75	90	89
Makina Sistemi	90	100	80	90	90
Komuta Kontrol Sistemi	87	100	75	85	87
Hava Savunma Harbi	85	100	70	90	86
Denizaltı Savunma Harbi	92	100	70	90	88
Suüstü Harbi	93	100	75	85	88
Seyir Siası	85	100	80	85	88
Helikopter	95	100	80	95	93
Türk Donanmasına Uyumluluk	85	100	50	90	81
Genel Değerlendirme	92	100	60	90	86

Çizelge 5.12 Broadsword Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi

ÖZELLİK	1. KV	2. KV	3. KV	4. KV	SONUÇ
Teknoloji	88	90	60	80	80
Sürat	90	100	60	80	83
Makina Sistemi	85	70	60	80	74
Komuta Kontrol Sistemi	80	70	55	75	70
Hava Savunma Harbi	82	80	55	85	76
Denizaltı Savunma Harbi	80	90	70	85	81
Suüstü Harbi	85	90	65	80	80
Seyir Siası	80	80	85	75	80
Helikopter	79	100	85	80	86
Türk Donanmasına Uyumluluk	80	90	50	50	68
Genel Değerlendirme	82	90	65	75	78

Çizelge 5.13 Burak Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi

ÖZELLİK	1. KV	2. KV	3. KV	4. KV	SONUÇ
Teknoloji	77	50	50	55	58
Sürat	78	50	60	75	66
Makina Sistemi	80	60	60	75	69
Komuta Kontrol Sistemi	79	50	60	50	60
Hava Savunma Harbi	83	70	75	70	75
Denizaltı Savunma Harbi	80	70	85	85	80
Suüstü Harbi	85	70	75	75	76
Seyir Siası	80	85	90	90	86
Helikopter	0	0	0	0	0
Türk Donanmasına Uyumluluk	85	50	55	50	60
Genel Değerlendirme	82	50	55	40	57

Çizelge 5.14 Duke Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi

ÖZELLİK	1. KV	2. KV	3. KV	4. KV	SONUÇ
Teknoloji	92	100	90	90	93
Sürat	90	100	90	90	93
Makina Sistemi	85	100	90	88	91
Komuta Kontrol Sistemi	85	100	90	86	90
Hava Savunma Harbi	89	100	85	95	92
Denizaltı Savunma Harbi	85	100	80	90	89
Suüstü Harbi	87	100	85	95	92
Seyir Siası	83	100	80	90	88
Helikopter	85	100	80	90	89
Türk Donanmasına Uyumluluk	80	100	75	75	83
Genel Değerlendirme	84	100	75	70	82

Çizelge 5.15 Floreal Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi

ÖZELLİK	1. KV	2. KV	3. KV	4. KV	SONUÇ
Teknoloji	77	90	75	80	81
Sürat	75	90	75	80	80
Makina Sistemi	75	90	70	75	78
Komuta Kontrol Sistemi	80	90	75	85	83
Hava Savunma Harbi	82	90	80	85	84
Denizaltı Savunma Harbi	0	90	50	45	46
Suüstü Harbi	75	90	75	85	81
Seyir Siası	90	90	80	90	88
Helikopter	88	90	80	85	86
Türk Donanmasına Uyumluluk	80	70	65	65	70
Genel Değerlendirme	82	80	65	60	72

Çizelge 5.16 Halifax Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi

ÖZELLİK	1. KV	2. KV	3. KV	4. KV	SONUÇ
Teknoloji	92	100	70	85	87
Sürat	92	100	70	90	88
Makina Sistemi	83	100	75	90	87
Komuta Kontrol Sistemi	85	100	75	85	86
Hava Savunma Harbi	90	100	80	90	90
Denizaltı Savunma Harbi	95	100	80	95	93
Suüstü Harbi	95	100	85	95	94
Seyir Siası	85	100	95	85	91
Helikopter	85	100	80	80	86
Türk Donanmasına Uyumluluk	85	100	45	75	76
Genel Değerlendirme	88	100	60	80	82

Çizelge 5.17 De Zeven Provincien Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi

ÖZELLİK	1. KV	2. KV	3. KV	4. KV	SONUÇ
Teknoloji	95	100	90	100	96
Sürat	85	100	85	95	91
Makina Sistemi	85	100	85	90	90
Komuta Kontrol Sistemi	92	100	90	100	96
Hava Savunma Harbi	95	100	90	100	96
Denizaltı Savunma Harbi	90	100	95	100	96
Suüstü Harbi	85	100	80	100	91
Seyir Siası	85	100	85	95	91
Helikopter	82	100	90	90	91
Türk Donanmasına Uyumluluk	80	70	70	95	79
Genel Değerlendirme	88	100	70	95	88

Çizelge 5.18 Jacob Van Heemskerck Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi

ÖZELLİK	1. KV	2. KV	3. KV	4. KV	SONUÇ
Teknoloji	90	80	60	85	79
Sürat	91	90	55	90	82
Makina Sistemi	85	100	70	85	85
Komuta Kontrol Sistemi	90	100	70	90	88
Hava Savunma Harbi	90	100	75	90	89
Denizaltı Savunma Harbi	95	100	75	95	91
Suüstü Harbi	88	100	75	85	87
Seyir Siası	88	85	60	85	80
Helikopter	0	0	0	0	0
Türk Donanmasına Uyumluluk	80	70	30	70	63
Genel Değerlendirme	92	80	50	70	73

Çizelge 5.19 Mulasame Sınıfı Gemi Değerlendirme Çizelgesi

ÖZELLİK	1. KV	2. KV	3. KV	4. KV	SONUÇ
Teknoloji	80	80	95	80	84
Sürat	85	80	75	85	81
Makina Sistemi	90	80	90	90	88
Komuta Kontrol Sistemi	90	80	95	90	89
Hava Savunma Harbi	85	80	85	85	84
Denizaltı Savunma Harbi	85	80	90	80	84
Suüstü Harbi	85	80	85	80	83
Seyir Siası	85	85	85	85	85
Helikopter	80	80	85	80	81
Türk Donanmasına Uyumluluk	78	60	45	50	58
Genel Değerlendirme	85	80	60	50	69

5.5 Bulanık Çıkarım Sisteminin Oluşturulması

Bu çalışmanın amacını oluşturan uygun gemi seçimi işlemi, Bulanık Çıkarım Sistemi (BÇS) kullanılarak yapılacaktır. BÇS, Bölüm 4'te bahsedilen bulanık kontrolör oluşturularak elde edilecektir.

Alternatifler arasından bulanık mantık ile seçme işlemi yapılırken karşımıza amaçlar ve kısıtlar çıkmaktadır.

$\mu_{G(x)}$ ile tanımlanan G bulanık amaç kümesi

$\mu_{C(x)}$ ile tanımlanan C bulanık kısıt kümesi

A_{alt} alternatifler kümesi ise $x \in A_{alt}$ ve $A_{alt} = \{ x_1, x_2, \dots, x_n \}$ olarak gösterilebilir.

D ise karar olarak kabul edilecektir. Bu nedenle $D = G \cap C$ bizim bulanık karar kümemiz olacaktır. Daha önce sözü edilen kriterler bizim amaçlarımızı ve kısıtlarımızı oluşturmaktadır. Ancak bu kriterler arasında kısıt olarak kullanılabilecek herhangi bir kriter olmadığından, bu çalışmada kısıt kümemiz boş olacaktır.

BÇS oluşturulmadan önce karar vericilerin her bir gemi için kriterlere göre verdikleri notlar toplanarak belirli bir geminin her bir kriter için kaç puan aldığı ortaya çıkarılmıştır. Bu ortalama puanlar BM algoritmasındaki kurallar belirlendikten sonra değerlendirme için kurallara veri olarak kullanılacaktır.

Alınan puanlara göre aşağıdaki çizelge oluşturulmuştur.

Çizelge 5.20 Puanlamaların Toplanması

	<i>T</i>	<i>S</i>	<i>M</i>	<i>KK</i>	<i>HS</i>	<i>DS</i>	<i>SÜ</i>	<i>SS</i>	<i>H</i>	<i>U</i>	<i>G</i>
1	76	84	69	66	35	78	80	76	85	75	70
2	83	88	78	78	83	81	85	84	76	77	75
3	70	71	75	74	71	74	76	75	0	65	68
4	90	92	93	92	90	66	89	86	89	91	93
5	90	78	80	84	84	23	81	76	36	83	83
6	93	88	90	85	30	89	79	0	79	79	76
7	89	89	94	95	95	94	90	93	96	93	94
8	88	93	94	91	88	88	91	88	94	99	93
9	93	89	95	95	97	89	96	91	95	93	94
10	85	89	90	87	86	88	88	88	93	81	86
11	80	83	74	70	76	81	80	80	86	68	78
12	58	66	69	60	75	80	76	86	0	60	57
13	93	93	91	90	92	89	92	88	89	83	82
14	81	80	78	83	84	46	81	88	86	70	72
15	87	88	87	86	90	93	94	91	86	76	82
16	96	91	90	96	96	96	91	91	91	79	88
17	79	82	85	88	89	91	87	80	0	63	73
18	84	81	88	89	84	84	83	85	81	58	69

Şimdi BÇS'nin nasıl oluşturulduğunu görelim.

İlk adım olarak, her bir kriter için kötü, orta ve iyi olarak karar vericiler tarafından belirlenmiş olan üyelik işlevleri oluşturulmuştur. Kriterlerin üyelik işlevlerinin belirlenmesi BM'nin

bulanıklaştırma adımını oluşturmaktadır.

İkinci adım **çıkarım motorunun** oluşturulması adımıdır. Bulanık operatör bu aşamada uygulanmaktadır. Çıkarım motorunun iki ana girdisi mevcuttur. Bunlardan birincisi karar vericilerden elde edilen **veri tabanı**, diğeri ise bu verileri değerlendirecek **kural tabanıdır**. Veri tabanını nasıl elde ettiğimizden az önce bahsetmiştik. Şimdi kural tabanını nasıl oluşturduğumuzu inceleyelim:

Kural tabanı oluşturulurken, bir takım kriterler belirleyici olarak kabul edilmiş olup bu kriterlerden düşük puan alan gemilerin daha kötü olarak değerlendirilmesi sağlanmıştır. Bu amaçla, karar vericilerin geminin donanmada olmasını isteyip istemediklerini gösteren Genel Değerlendirme kriteri ve donanmada yer alan diğer gemiler ve görev yapan personelin kolay uyum sağlayıp sağlayamayacağını gösteren Türk Donanmasına Uyum kriterinin belirleyici kuralları oluşturması sağlanmıştır.

Ayrıca; Teknoloji, Komuta Kontrol Sistemi, Hava Savunma Harbi, Seyir Siası ve Helikopter kriterleri ileri teknoloji ile ilişkili kriterler oldukları için bir grup, Sürat ve Makine Sistemi kriterleri birbirine bağımlı oldukları için bir grup, Denizaltı Savunma Harbi ve Suüstü Harbi kriterleri bir grup olarak kabul edilmiştir.

Aşağıdaki çizelge örnek olarak önemli iki kriter grubunun aldığı değerlere göre vereceği sonuçların ne olması gerektiğinin belirlendiği çizelgedir. Teknoloji kriterinin bulunduğu grup ile Genel Değerlendirme kriterinin bulunduğu grup arasında uygulanacak kurallar aşağıdaki çizelge ile belirlenmiştir. İki grup arasındaki kurallar belirlenirken Sürat kriterinin bulunduğu grubun ve DSH kriterinin iyi olduğu kabul edilmiştir.

Çizelge 5.21 Kurallar Matrisi 1

$S, M = \text{İYİ}$		T, KK, HSH, SS, H	T, KK, HSH, SS, H	T, KK, HSH, SS, H
$DSH, SÜH = \text{İYİ}$		KÖTÜ	ORTA	İYİ
G, U	KÖTÜ	ORTA	ORTA ÜSTÜ	İYİ YAKIN
G, U	ORTA	ORTA ÜSTÜ	İYİ YAKIN	İYİ
G, U	İYİ	İYİ YAKIN	İYİ	ÇOK İYİ

Bulanık Mantık ile çıkarım işlemi yapılırken kuralların belirlenmesi en önemli adımdır. Ayrıca Mamdani ve Sugeno olmak üzere iki adet çıkarım yöntemi mevcuttur. Bu nedenle bu iki yöntemden bize uygun olanını seçmek de önemlidir. Bu çalışmada çoğunlukla tercih edilen **Mamdani** yöntemi seçilmiştir.

Mamdani yöntemi ile Sugeno yönteminde ilk iki aşama, yani bulanıklaştırma ve bulanık operatörün uygulanması adımları tamamen aynıdır. Aralarındaki esas fark, Sugeno yönteminde çıktı üyelik işlevleri ya doğrusal ya da değişmezdir. Mamdani yönteminde ise çıktı üyelik işlevlerinin bulanık küme olması istenir. Toplama işleminden sonra elde edilen çıktı değişkeni durulaştırma işlemi uygulanmasını gerektirir. Mamdani yöntemi genellikle tercih edilen yöntem olduğundan dolayı bu çalışmada da bu yöntem kullanılarak sonuçlar elde edilecektir.

Bulanık mantıkta bütün çıkarımlar bizim koyduğumuz kurallara göre elde edilmektedir. Bu nedenle kuralların belirlenmesinde çok dikkatli olunmalı ve yukarıdaki matris her zaman oluşturulmalıdır. Her kriter bir diğer kriter ile ilişkilendirilirken Bölüm 3'te anlatılan bağıntılar kullanılmalıdır. Bulanık Mantık ile kriterlerin birbirleriyle ilişkilendirilmeleri sırasında bu çalışmada amaçlanan sonuca ulaşabilmek için kriterler arasında **OR** işleyicisi kullanılmıştır. Bundan amaç kriterlerin birleşimini elde etmektir. Böylelikle girdi olarak kullanılan kriterlerin üyelik işlevi en yüksek olanı ele alınarak kural uygulanacak ve çıktı kümesinde o kurala karşılık gelen üyelik işlevi bu girdi üyelik işlevine uygun olarak ele alınmış olacaktır. Aşağıda gemi seçimi için kullanılacak olan kuralların belirlendiği matrisler sunulmuştur.

Çizelge 5.22 Kurallar Matrisi 2

$S, M = \text{İYİ}$		T, KK, HSH, SS, H	T, KK, HSH, SS, H	T, KK, HSH, SS, H
$DSH, SÜH = \text{ORTA}$		KÖTÜ	ORTA	İYİ
G, U	KÖTÜ	<u>ORTA YAKIN</u>	<u>ORTA</u>	<u>ORTA ÜSTÜ</u>
G, U	ORTA	<u>ORTA</u>	<u>ORTA ÜSTÜ</u>	<u>İYİ YAKIN</u>
G, U	İYİ	<u>ORTA ÜSTÜ</u>	<u>İYİ YAKIN</u>	<u>İYİ</u>

Çizelge 5.23 Kurallar Matrisi 3

<i>S,M=ORTA</i>		<i>T, KK, HSH, SS, H</i>	<i>T, KK, HSH, SS, H</i>	<i>T, KK, HSH, SS, H</i>
<i>DSH, SÜH=ORTA</i>		KÖTÜ	ORTA	İYİ
<i>G, U</i>	KÖTÜ	<u>ORTA ALTI</u>	<u>ORTA YAKIN</u>	<u>ORTA</u>
<i>G, U</i>	ORTA	<u>ORTA YAKIN</u>	<u>ORTA</u>	<u>ORTA ÜSTÜ</u>
<i>G, U</i>	İYİ	<u>ORTA</u>	<u>ORTA ÜSTÜ</u>	<u>İYİ YAKIN</u>

Çizelge 5.24 Kurallar Matrisi 4

<i>S,M=ORTA</i>		<i>T, KK, HSH, SS, H</i>	<i>T, KK, HSH, SS, H</i>	<i>T, KK, HSH, SS, H</i>
<i>DSH, SÜH=KÖTÜ</i>		KÖTÜ	ORTA	İYİ
<i>G, U</i>	KÖTÜ	<u>KÖTÜ</u>	<u>ORTA ALTI</u>	<u>ORTA YAKIN</u>
<i>G, U</i>	ORTA	<u>ORTA ALTI</u>	<u>ORTA YAKIN</u>	<u>ORTA</u>
<i>G, U</i>	İYİ	<u>ORTA</u>	<u>ORTA</u>	<u>ORTA ÜSTÜ</u>

Çizelge 5.25 Kurallar Matrisi 5

<i>S,M=KÖTÜ</i>		<i>T, KK, HSH, SS, H</i>	<i>T, KK, HSH, SS, H</i>	<i>T, KK, HSH, SS, H</i>
<i>DSH, SÜH=KÖTÜ</i>		KÖTÜ	ORTA	İYİ
<i>G, U</i>	KÖTÜ	<u>ÇOK KÖTÜ</u>	<u>KÖTÜ</u>	<u>ORTA ALTI</u>
<i>G, U</i>	ORTA	<u>KÖTÜ</u>	<u>ORTA ALTI</u>	<u>ORTA YAKIN</u>
<i>G, U</i>	İYİ	<u>ORTA ALTI</u>	<u>ORTA YAKIN</u>	<u>ORTA</u>

Çizelge 5.26 Kurallar Matrisi 6

<i>S,M=KÖTÜ</i>		<i>T,KK, HSH,SS,H</i>	<i>T,KK, HSH,SS,H</i>	<i>T,KK, HSH,SS,H</i>
<i>DSH,SÜH=ORTA</i>		KÖTÜ	ORTA	İYİ
<i>G,U</i>	KÖTÜ	<u>KÖTÜ</u>	<u>ORTA ALTI</u>	<u>ORTA YAKIN</u>
<i>G,U</i>	ORTA	<u>ORTA ALTI</u>	<u>ORTA YAKIN</u>	<u>ORTA</u>
<i>G,U</i>	İYİ	<u>ORTA YAKIN</u>	<u>ORTA</u>	<u>ORTA ÜSTÜ</u>

Çizelge 5.27 Kurallar Matrisi 7

<i>S,M=KÖTÜ</i>		<i>T,KK, HSH,SS,H</i>	<i>T,KK, HSH,SS,H</i>	<i>T,KK, HSH,SS,H</i>
<i>DSH,SÜH=İYİ</i>		KÖTÜ	ORTA	İYİ
<i>G,U</i>	KÖTÜ	<u>ORTA ALTI</u>	<u>ORTA YAKIN</u>	<u>ORTA</u>
<i>G,U</i>	ORTA	<u>ORTA YAKIN</u>	<u>ORTA</u>	<u>ORTA ÜSTÜ</u>
<i>G,U</i>	İYİ	<u>ORTA ÜSTÜ</u>	<u>İYİ YAKIN</u>	<u>İYİ</u>

Yukarıda yer alan matrislerde oluşturulan kurallar BÇS’de aşağıda yer alan örnekte olduğu gibi ele alınmaktadır:

“**EĞER** Sürat iyi **ya da** Makine Sistemi iyi **ya da** DSH iyi **ya da** Teknoloji iyi **ya da** Komuta Kontrol Sistemi iyi **ya da** Hava Savunma Harbi iyi **ya da** Seyir Siası iyi **ya da** Helikopter iyi **ya da** Türk Donanmasına Uyum iyi **ya da** Genel Değerlendirme iyi ise **O ZAMAN** gemi puanı iyi.”

“**IF** Sürat iyi **OR** Makine Sistemi iyi **OR** DSH iyi **OR** Teknoloji iyi **OR** Komuta Kontrol Sistemi iyi **OR** Hava Savunma Harbi iyi **OR** Seyir Siası iyi **OR** Helikopter iyi **OR** Türk Donanmasına Uyum iyi **OR** Genel Değerlendirme iyi ise **THEN** gemi puanı iyi.”

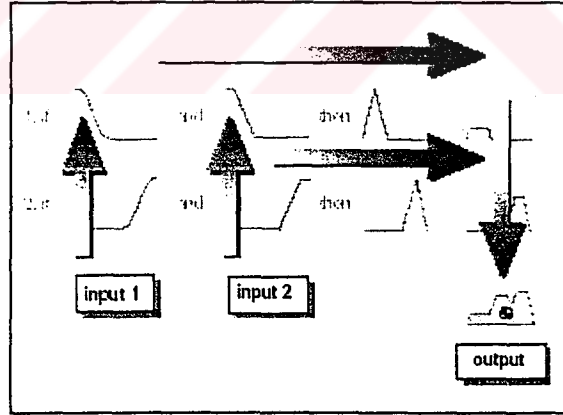
Görüldüğü gibi bizim koyduğumuz kurallar tamamen sözsel ifadeler olarak oluşturulmaktadır. Sözsel olarak ifade edilen bu kurallar BM sayesinde matematiksel olarak işlenebilmekte ve sonuç elde edilebilmektedir.

Kuralların belirlenmesinden sonra değerlendirme amacıyla karıştırma yani **çıkartım** işlemi uygulanmaktadır. Bu işlem ile tüm kuralların kriterlere uygulanması sonucunda çıktı kümesinden her bir kurala uygun üyelik işlevi elde edilmektedir. Bu çalışmada çıkartım işlemi olarak **MIN** işleyicisi kullanılmıştır. Bundan amaç, çıktı olarak elde edilen üyelik işlevinin, bir önceki adımda en yüksek olarak seçilmiş olan üyelik işlevine uygun olarak değerlendirilmesini sağlamaktır. Yani girdi olarak kullanılan bir kriterle ait değerlendirme puanı o kriterle ait üyelik işlevlerinden herhangi birisine ne kadar denk geliyorsa çıktı işlevi de aynı yüzde ile kesilmekte ve kalan kısmı alınmaktadır.

Elde edilen çıkartımların **toplanması** bir sonraki aşamadır. Çıktıların toplanması işleminde ise **MAX** işleyicisi kullanılmıştır. Bu şekilde elde edilen eğri altında kalan alan bizim bulanık çıkartım kümemizi oluşturmaktadır.

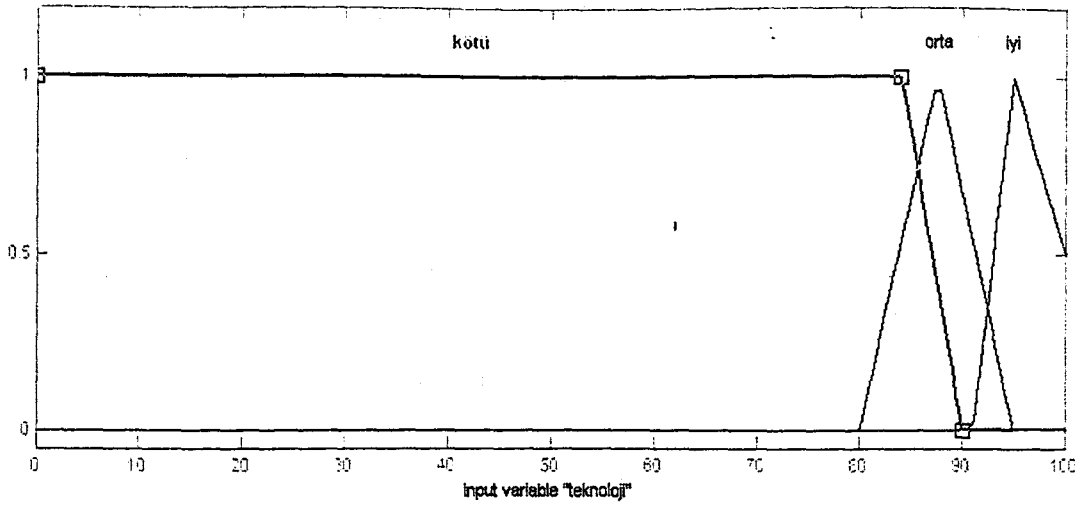
Son olarak sonuç elde etme işlemi yani **durulaştırma** işlemi yapılmaktadır. Bu çalışmada genel kabul görmüş olan ortalama değer belirleme yöntemi **Merkezi Yöntem** kullanılmıştır. Elde edilen sonuç eğrisinin altında kalan alanın merkezi bizim istediğimiz sonucu vermektedir.

Aşağıdaki şekilde BÇS'nin genel olarak nasıl çalıştığı gösterilmiştir.

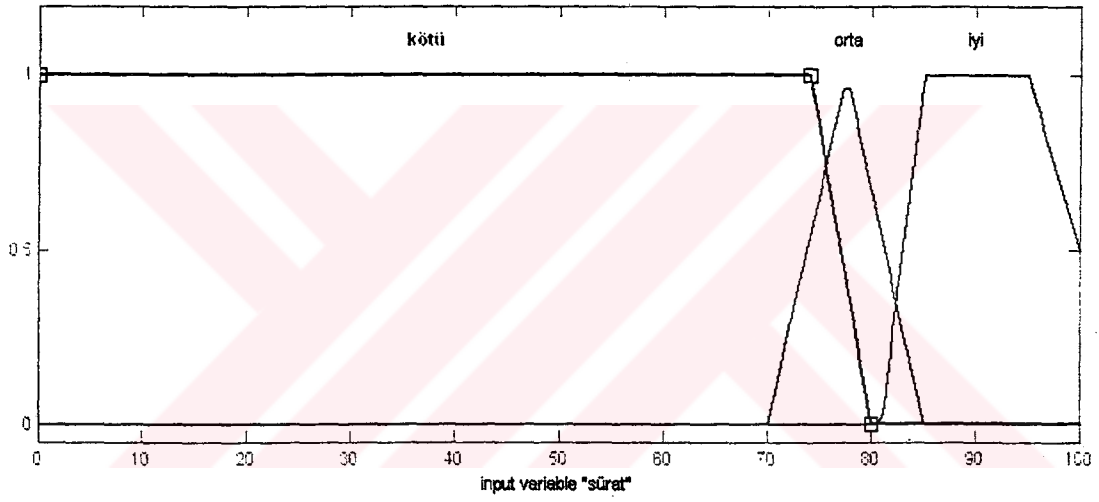


Şekil 5.1 Bulanık Çıkartım Sistemi

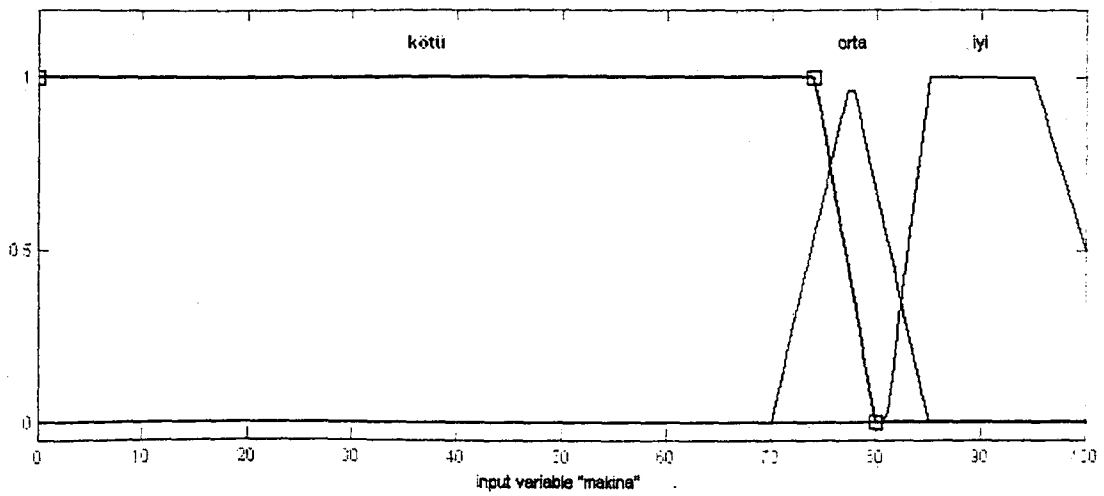
Bu çalışmada kurallar ve üyelik işlevleri belirlendikten sonra MATLAB programında yer alan Fuzzy Toolbox'ı kullanılarak sonuçlar elde edilmiştir. Fuzzy Toolbox'ı kullanılarak oluşturulan üyelik işlevleri ve kuralların uygulanması aşağıda sunulmuştur.



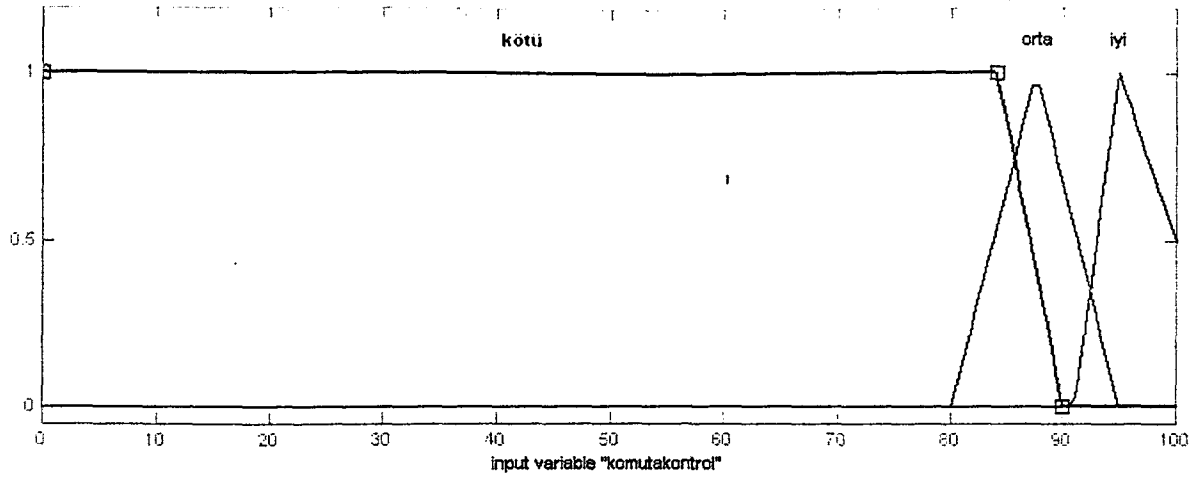
Şekil 5.2 Teknoloji Kriteri Üyelik İşlevleri



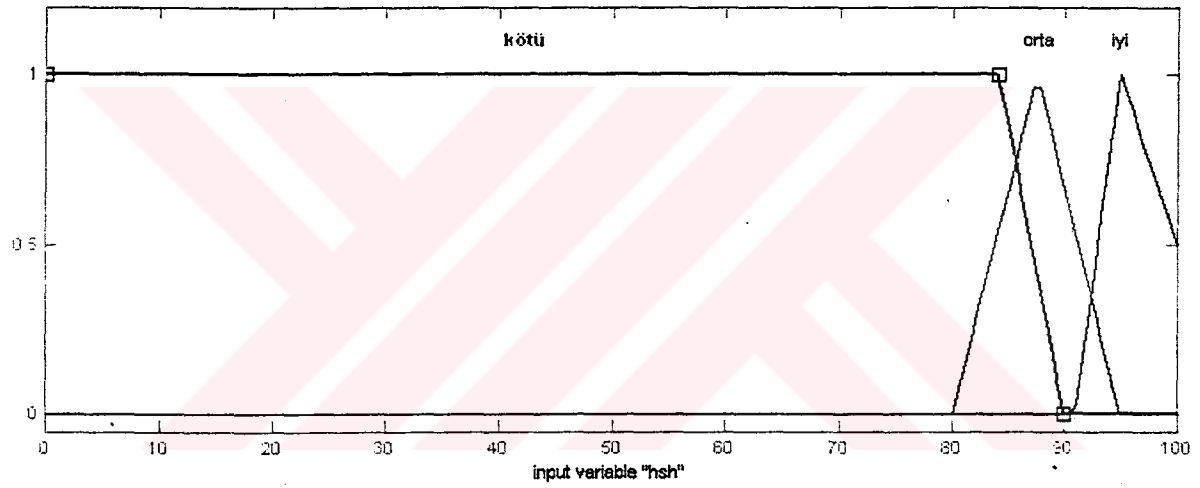
Şekil 5.3 Sürat Kriteri Üyelik İşlevleri



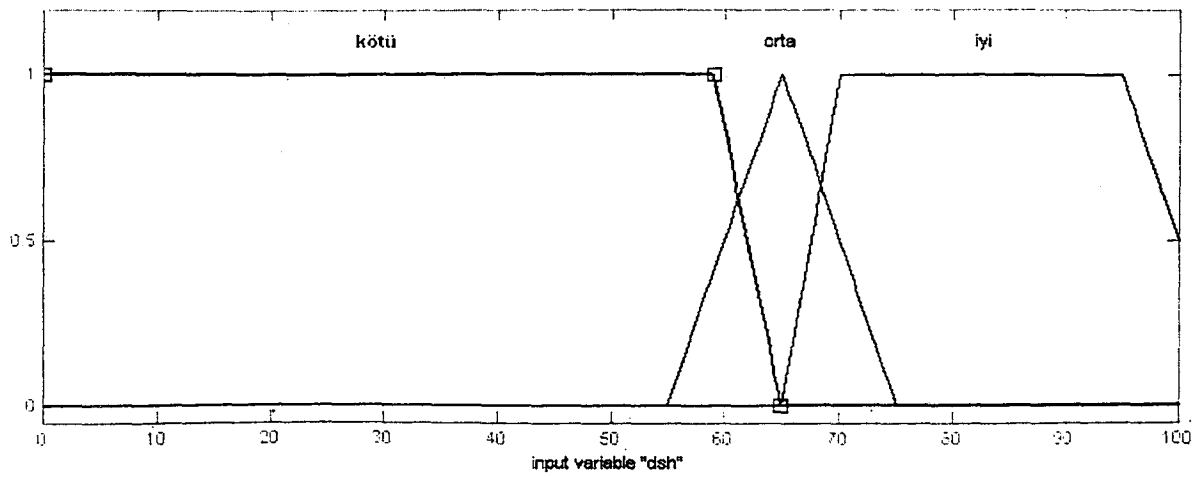
Şekil 5.4 Makine Sistemi Kriteri Üyelik İşlevleri



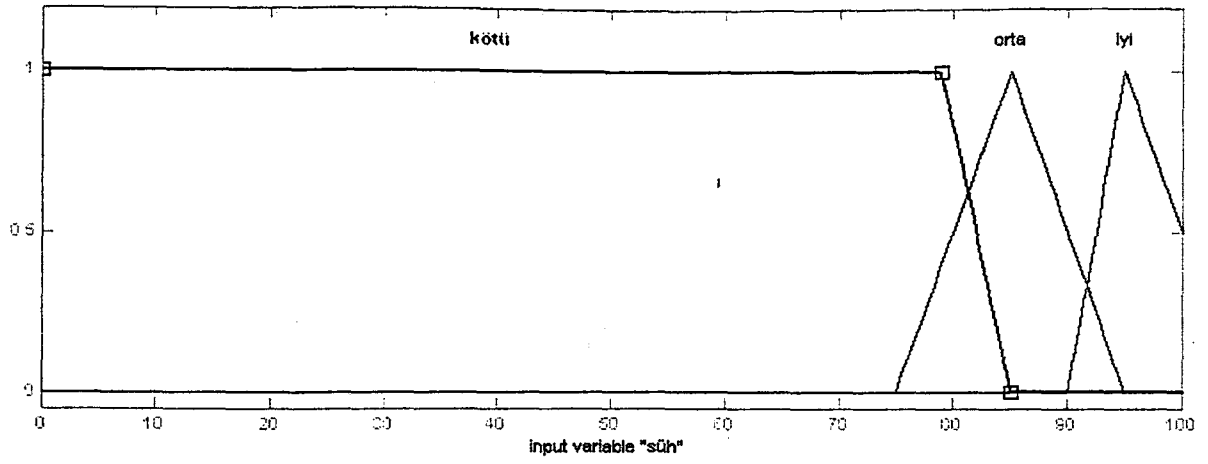
Şekil 5.5 Komuta Kontrol Sistemi Kriteri Üyelik İşlevleri



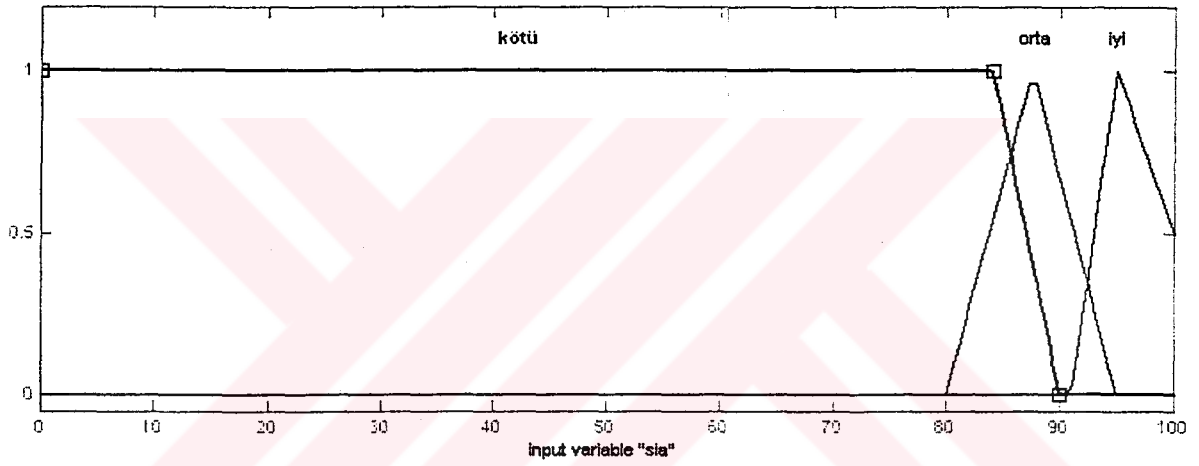
Şekil 5.6 Hava Savunma Harbi Kriteri Üyelik İşlevleri



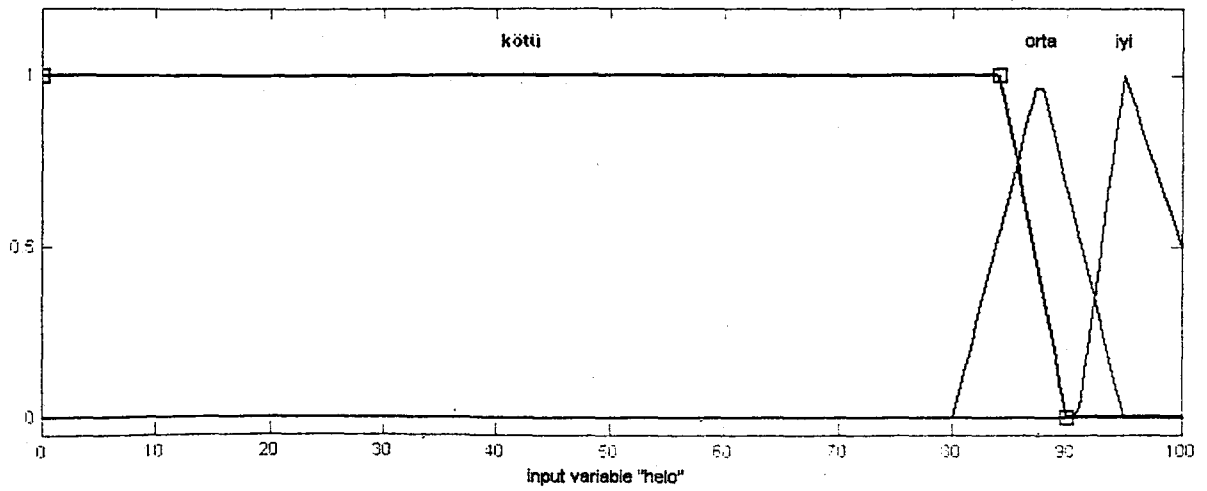
Şekil 5.7 Denizaltı Savunma Harbi Kriteri Üyelik İşlevleri



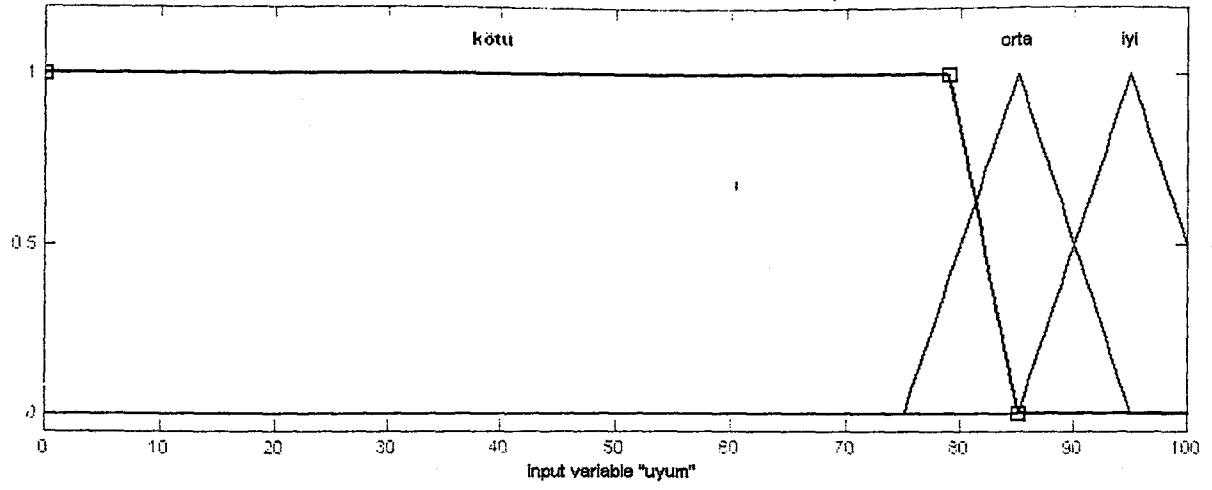
Şekil 5.8 Suüstü Harbi Kriteri Üyelik İşlevleri



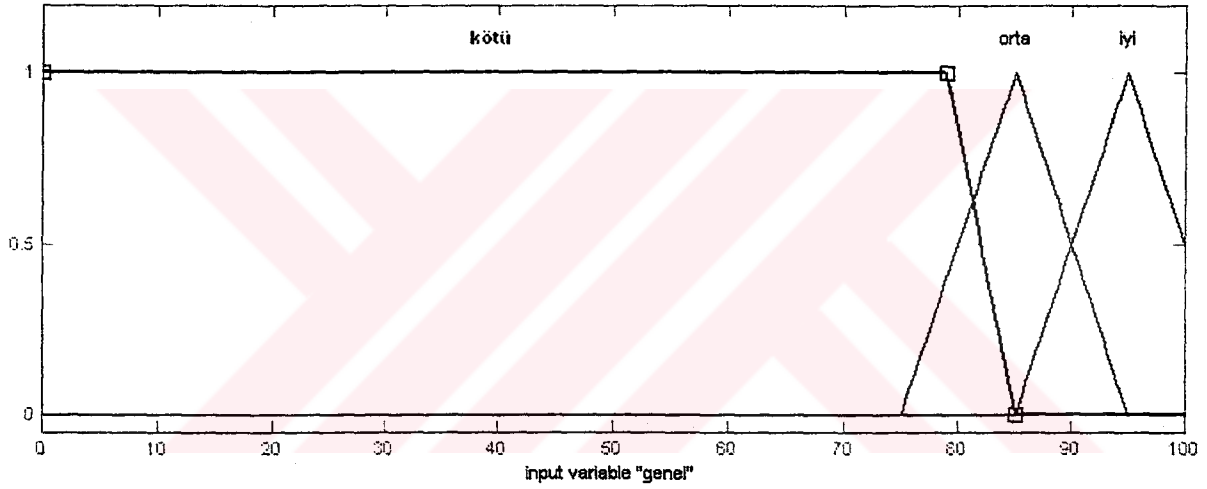
Şekil 5.9 Seyir Siası Kriteri Üyelik İşlevleri



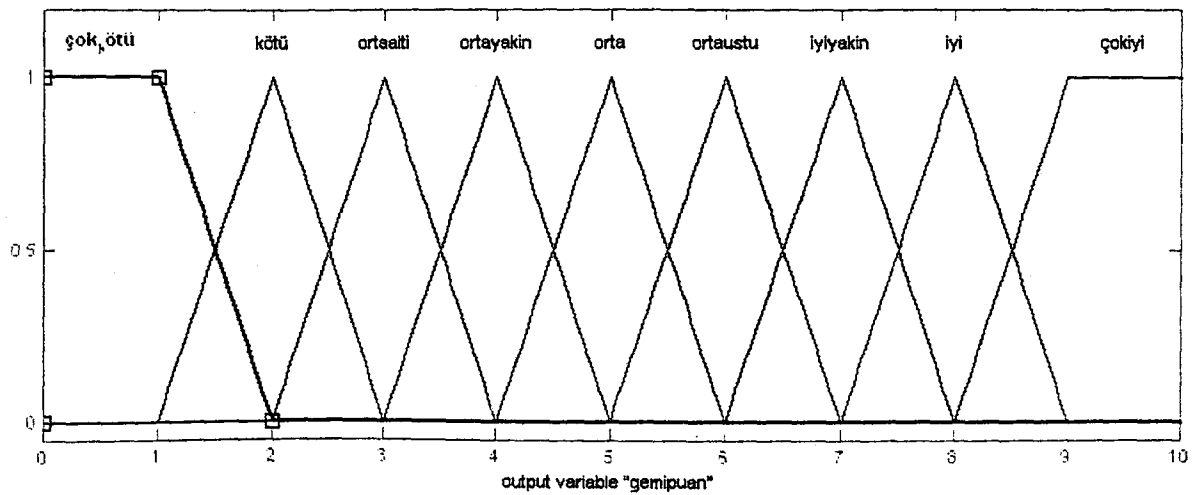
Şekil 5.10 Helikopter Kriteri Üyelik İşlevleri



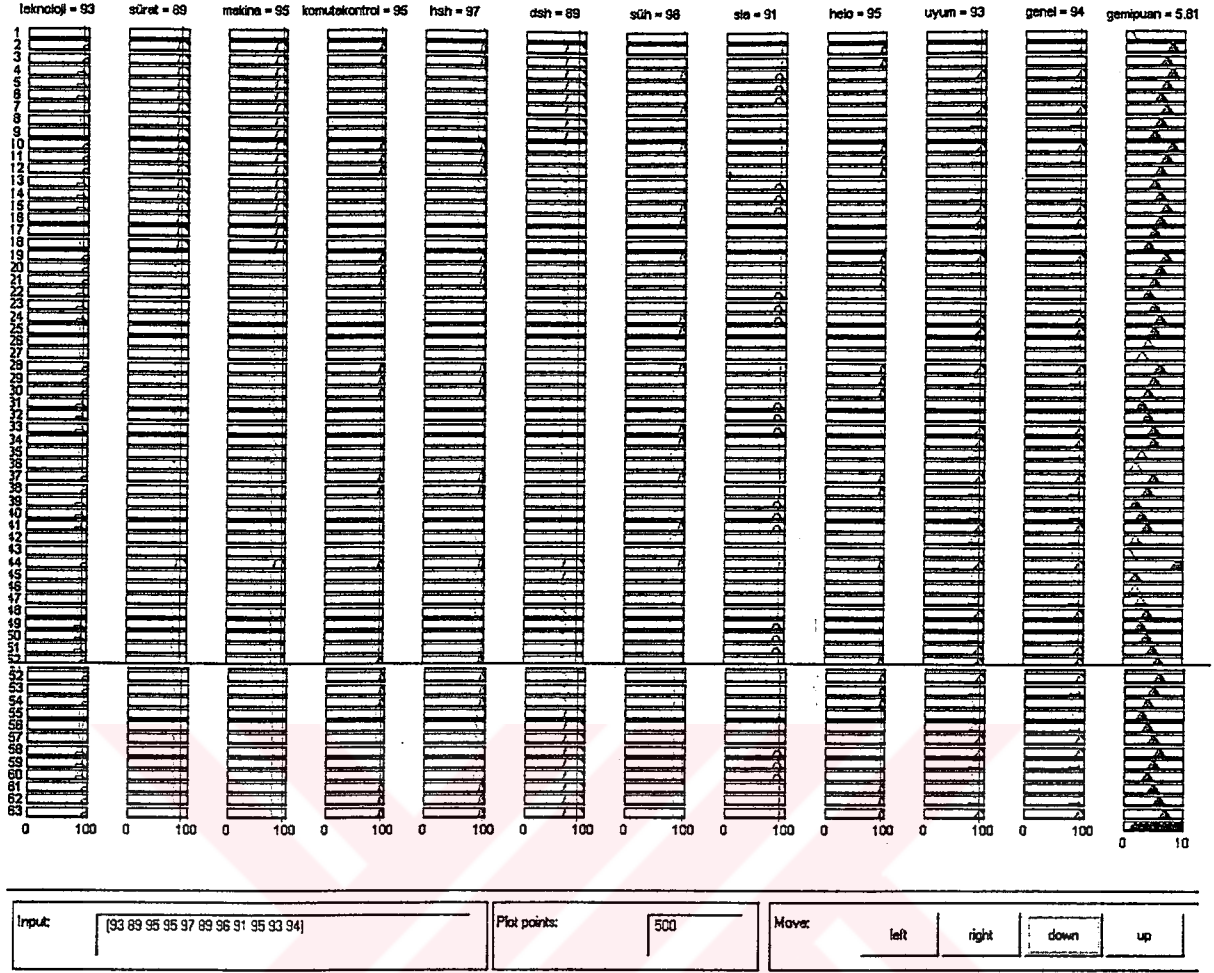
Şekil 5.11 Türk Donanmasına Uyum Kriteri Üyelik İşlevleri



Şekil 5.12 Genel Değerlendirme Kriteri Üyelik İşlevleri



Şekil 5.13 Çıktı Üyelik İşlevleri



Şekil 5.14 Kuralların Uygulanması

Şekil 5.14'te sütunlar kriterleri, satırlar ise daha önce çizelgeler ile sunulmuş olan kuralları göstermektedir. En sağda bulunan sütun, her bir kuralın uygulanması sonucunda elde edilen çıktı üyelik işlevini göstermektedir. Bu sütunun en altında bulunan eğri ise sonuç olarak elde edilen bulanık çıkarımı göstermektedir. Merkezi Yöntem kullanılarak elde edilen sonuç ise bu eğri üzerinde yer alan kırmızı çizgi ile temsil edilmektedir.

MATLAB Fuzzy Toolbox'ı kullanılarak elde edilen BÇS'ye ait yazılım Ek 3'te sunulmuştur.

En uygun geminin seçilmesi amacıyla oluşturduğumuz BÇS yukarıda anlatılmıştır. Peki BÇS amacımıza nasıl hizmet etmektedir, şimdi de onu görelim:

Çizelge 5.28 Gemilerin Değerlendirme Puanları

GEMİ SINIFI	SONUÇ PUANI	GEMİ SINIFI	SONUÇ PUANI
Barroso	5.00	Bremen	5.10
Brunei	5.00	Broadsword	5.00
Descubierta	5.00	Burak	5.00
Eilat (Saar 5)	5.23	Duke	5.37
K130	4.16	Floreal	4.18
Visby	5.00	Halifax	5.00
Alvaro de Bazan	5.68	De Zeven Provinciën	5.00
Barbaros	5.53	Jacob Van Heemskerck	5.00
Brandenburg	5.81	Murasame	5.00

Yukarıdaki tablodan da anlaşılacağı üzere her bir gemi için kriterlerin puanlamaları, oluşturduğumuz kurallar için veri olarak kabul edilmiştir. Her geminin aldığı puanlar, oluşturduğumuz Bulanık Mantık çıkarım algoritmasına uygulanarak her gemi için bir ortalama not elde edilmiştir. Bu notlar karşılaştırılarak en yüksek notu alan gemi Türk Deniz Kuvvetleri için **en uygun gemi** olarak seçilmiştir. Bu gemiye ait özellikler aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 5.29 Brandenburg Sınıfı Gemi Özellikleri

GEMİ SINIFI	BRANDENBURG CLASS (TYPE 123) (FFG)
TİPİ	FIRKATEYN
ÜLKE	Almanya
İNŞA EDEN ÜLKE	Almanya
YIL	1994-1996
PROGRAM	BİTTİ
GEMİ SAYISI	4
DEPLASMAN	4,900 tam yük
BOYUTLAR	138.9; 126.9 × 16.7 × 6.8 m
MAKİNA SİSTEMİ	CODOG; 2 GE 7LM2500SA-ML gaz türbini; 51,000 hp (38 MW) ; 2 MTU 20V 956 TB92 dizel; 11,070 hp(m) (8.14 MW); 2 şaft; piç kontrollü pervane
SÜRAT	29; 18 dizel
SEYİR SİASİ	4,000 18 kts
PERSONEL	199 (27 subay) + 19 uçuş personeli
ASKERİ YÜK	
SLM	
SSM	4 Aerospatiale MM 38 Exocet (2 2li); menzil 42 km.
SAM	Martin Marietta VLS Mk 41 Mod 3, 16 NATO Sea Sparrow 2 RAM 21 hücreli Mk 49 lançer; menzil 9.6 km ; 32 G/M
DENİZALTI SİLAHI	4-324 mm Mk 32 Mod 9 (2 2li) tüp; Honeywell Mk 46 Mod 2; menzil 11 km. Eurotorp Mu 90 Impact ile değiştirilecek.
TOPLAR	1 OTO Melara 3 in (76 mm)/62 Mk 75; 85 adet/dk 2 Rheinmetall 20 mm Rh 202, Mauser 27 mm ile değiştirilecek.
KARŞI TEDBİRLER ALDATICILAR	2 Breda SCLAR. Çaf ve IR aldatici.
ED CİHAZI	TST FL 1800S Stage II; kestirici ve kanştıncı.
ET CİHAZI	TST FL 1800S Stage II; kestirici ve kanştıncı.
KOMUTA KONTROL SİSTEMİ	Atlas Elektronik/Paramax SATIR hareket veri otomasyonu ile Unisys UYK 43 bilgisayar; Link 11. Matra Marconi SCOT 3 SATCOM
SİLAH KONTROL SİSTEMİ	Signaal MWCS. 2 optik. STN Atlas Elektronik WBA optronik sensör.
ATİŞ KONTROL SİSTEMİ	2 Signaal STIR 180 aydınlatma radarı.
TACAN / IFF CİHAZLARI	
HAVA VE HAVA/SUÜSTÜ RADARLARI	Signaal LW08; D-band.
SUÜSTÜ RADARI	Signaal SMART; 3D; F-band.
SEYİR RADARI	2 Raytheon Raypath; I-band.
SONAR	Atlas Elektronik DSQS-23BZ; tekneye monteli, aktif arama ve hücum, orta frekans. Towed array; aktif, düşük frekans.
HELİKOPTER	2 Westland Sea Lynx Mk 88 ya da 88A.
UÇAK	
MALİYET	
BELİRGİN ÖZELLİKLER	Fin stabilizer var.

6. SONUÇ

Bu çalışmada Bulanık Mantık kullanılarak, dünya üzerinde halihazırda inşa edilmiş ya da edilmekte olan gemilerden Türk Deniz Kuvvetleri için en uygun olanın seçilmesi amaçlanmıştır. Bulanık Mantık'ın sözsel olarak veri girdisine uygun olması, kuralların yine sözsel olarak koyulabilmesi bu çalışmanın başlangıç noktasını oluşturmuştur.

Çok çeşitli verilerin, farklı düşüncelere sahip karar vericilerin ve değerlendirmeye tabi tutulacak birbirinden farklı bir çok kriterin bulunması Bulanık Mantık ile böyle bir gemi seçimine gidebileceğimiz fikrine bizi yaklaştırmıştır. Bunun sonucunda da daha önceki bölümlerde işlemiş olduğumuz üzere bir Bulanık Çıkarım Sistemi oluşturularak veri tabanında yer alan toplam on sekiz adet savaş gemisine ait bilgilerin dört adet karar verici tarafından belli kriterler uyarınca değerlendirilmesi sonucunda elde edilen girdiler bu BÇS yardımıyla işlenmiş ve en uygun geminin hangisi olduğuna karar verilmiştir.

Uygun olarak seçilen gemi incelendiğinde, karar vericilerin Denizaltı Savunma Harbi kabiliyeti gelişmiş, Türk Donanması'nda benzeri bulunan (Barbaros Sınıfı Gemiler), personelimizin alışkın olduğu sistemlere sahip ve ileri teknoloji ile inşa edilmiş bir gemi sınıfına yüksek puan verdikleri görülmektedir. Sonuç olarak, Türk Deniz Kuvvetleri'ne en uygun gemi sınıfının Alman Brandenburg Sınıfı gemiler olduğu ortaya çıkmıştır. Bahse konu gemiler fırkateyn olarak değerlendirilmekte olup, halihazırda kendilerini kanıtlamış sistemlere sahip, açık denizlerde görev yapabilecek, modüler dizayn teknikleri ile inşa edilmiş gemilerdir.

Karar vericilerle yapılan görüşmelerde, böyle bir seçim işlemi ile oldukça verimli sonuçlar elde edilebileceğini düşündükleri anlaşılmıştır. Ancak hepsinin bir diğer ortak görüşü şudur ki, Türk Deniz Kuvvetleri artık kendi gemisini Türkiye'de ve Türkiye'nin kendi öz kaynakları ile inşa etmelidir. Elde mevcut ya da başka ülkelerin halihazırda inşa etmekte oldukları gemileri satın almak artık iyi bir düşünce ve çözüm değildir.

Bu nedenle, bu çalışmada elde edilen sonuçlar Türk Donanması için sadece bir ön hazırlık aşaması olarak değerlendirilebilir. Türk Donanması için uygun özelliklere sahip geminin nasıl olması gerektiği bu çalışma ile elde edilmiştir. Ortaya konulan uygun gemi baz alınarak yeni gemi inşa projelerine ilk adım atılabilir. Böylelikle gemi inşacıların en büyük sıkıntılarından birisi olan nereden başlamalı ya da inşa edilecek geminin yaklaşık ağırlığı ne olacak, boyu kaç metre olacak vb sorulara en başında cevap verilmiş olunacaktır.

KAYNAKLAR

- Ayazlar, A.T., (2000), "A Study on Fuzzy Logic And DC Motor Control Using Fuzzy Controller", Bitirme Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Fang, M.C. ve Chiou, S.C., (2001), "A Hydrodynamic Model for Simulating Swath Ship Motions with Fuzzy Control", Int. Shipbuild. Progr., 48. no. 4. pp. 277-303.
- "Jane's Fighting Ships", (2003).
- Karaer, Ç., Yakut, E.Ö., Aygün, A.ve Ispartalı, Z., (1998), "Korvet Ön Dizaynı", Bitirme Tezi, Deniz Harp Okulu, İstanbul.
- Liut, D.A., Hughes, O.F. ve Mook, D.T., (2001), "Control of Rolling in Ships by Means of Active Fins Governed by a Fuzzy Logic Controller", Journal of Ship Research. Vol. 45. No.4, Dec.2001, pp. 279-288.
- Michael, G.P., David, J.S., (2000), "A Fuzzy Logic Agent for Design Team Communications and Negotiation", Proceedings of the 1st International EuroConference on Computer Applications and Information Technology in the Marine Industries (COMPIT'2000), Potsdam, Germany.
- Oğuz, F., (1994), "Bulanık Mantık ve Genetik Algoritmalar", Bitirme Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Şensoy, B.K., (1995), "Savaş Gemileri Dizayn Parametreleri", Bitirme Tezi, Deniz Harp Okulu, İstanbul.

INTERNET KAYNAKLARI

- [1]www.mathworks.com, Fuzzy Logic Toolbox User's Guide, Mathworks Homepage

EKLER

- Ek 1 Türk Deniz Kuvvetleri'nin Gereksinimine Uygun Geminin Seçilmesi Çalışması
Ek 2 Tezin yazım kılavuzuna uygun olarak hazırlanmasında dikkat edilmesi gereken diğer önemli bilgiler



Ek 1 Türk Deniz Kuvvetleri'nin Gereksinimine Uygun Geminin Seçilmesi Çalışması

Bu tezin amacı, Türk Deniz Kuvvetleri'nin hareket alanlarında karşılaşılabileceği tehditlere yönelik olarak yeni gemi inşa ve alım projelerine bir dayanak teşkil etmek üzere bir gemi tipi seçimi yapmaktır. Bu amaçla, Dünya çapında tüm deniz kuvvetlerinin envanterlerinde bulunan ya da envanterlerine almak üzere çalışma yaptığı gemilerden oluşan bir veritabanı oluşturulmuştur. Bu veritabanında gemilerin tüm özellikleri yer almaktadır.

Tüm gemiler için bir puanlama çizelgesi hazırlanmış olup bu çizelge doldurulduktan sonra, ankete katılan diğer karar vericilerin puanlamalarıyla birlikte Bulanık Mantık Algoritmasına sokulacak ve Türk Deniz Kuvvetleri'nin ilgilenmesi gereken gemi tipi ortaya çıkarılacaktır.

Çizelge Ek 1.1 Gemi Değerlendirme Çizelgesi

ÖZELLİK	NOT (0-100)
Teknoloji	
Sürat	
Makina Sistemi	
Komuta Kontrol Sistemi	
Hava Savunma Harbi	
Denizaltı Savunma Harbi	
Suüstü Harbi	
Seyir Siası	
Helikopter	
Türk Donanmasına Uyumluluk	
Genel Değerlendirme	

Çalışma tamamen matematiksel bir tabana dayanmakta olup, karar vericilerin değerlendirmelerine bağlı göreceli bir yaklaşım ortaya çıkarmaktadır. Bu seçim bilimsel bir karar verme yöntemi olarak kullanılan Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) kullanılarak yapılacaktır.

Yukarıda yer alan özelliklerin Bulanık Mantık Algoritması ile değerlendirilebilmeleri için

aşağıda yer alan çizelge yardımıyla, bu özelliklere verilen puanların KÖTÜ, ORTA ya da İYİ olarak da değerlendirilmeleri gerekmektedir. Bu nedenle aşağıda yer alan çizelge kullanılarak her bir özelliğe karşılık gelen KÖTÜ, ORTA ve İYİ şartları da 0-100 puan aralığında bir konuma yerleştirilecektir. Aşağıdaki çizelge sadece bir kez doldurulacaktır. Gemilerin sizden aldığı puanlar bu çizelge yardımıyla bir değerlendirmeye tabi tutulacaktır.

Çizelge Ek 1.2 Özellik Değerlendirme Çizelgesi

ÖZELLİK	KÖTÜ	ORTA	İYİ
Teknoloji			
Sürat			
Makina Sistemi			
Komuta Kontrol Sistemi			
Hava Savunma Harbi			
Denizaltı Savunma Harbi			
Suüstü Harbi			
Seyir Siası			
Helikopter			
Türk Donanmasına Uyumluluk			
Genel Değerlendirme			

Ek 2 Değerlendirilecek Gemilere Ait Veritabanı

Türk Deniz Kuvvetleri'ne uygun gemi tipinin seçimi için değerlendirmeye tabi tutulacak gemiler Jane's Fighting Ships veritabanından alınmıştır. Değerlendirmede esas alınacak özellikleri ayrıştırılarak Türkçe'ye çevrilmiş ve ardından karar vericilerin incelemesine sunulmak üzere düzenlenmiştir.

Değerlendirmeye tabi tutulan gemiler aşağıda sunulmuştur.



Çizelge Ek 2.1 Barroso Sınıfı Gemi Özellikleri

GEMİ SINIFI	BARROSO CLASS (FSG)
TİPİ	KORVET
ÜLKE	Brezilya
İNŞA EDEN ÜLKE	Brezilya
YIL	2006
PROGRAM	DEVAM EDİYOR
GEMİ SAYISI	1
DEPLASMAN	1,785 standart; 2,350 tam yük
BOYUTLAR	100 × 11.4 × 3.7; 5.3 m
MAKİNA SİSTEMİ	CODOG; 1 GE LM 2500 gaz türbini; 27,500 hp (20.52 MW) ; 2 MTU 20V 1163 TB83 dizel; 11,780 hp(m) (8.67 MW) ; 2 şaft; Kamewa piç kontrollü pervane
SÜRAT	29
SEYİR SİASİ	4,000 15 kts
PERSONEL	160 (15 subay)
ASKERİ YÜK	
SLM	
SSM	4 Aerospatiale MM 40 Exocet ; menzil 70 km
SAM	
DENİZALTI SİLAHI	6-324 mm Mk 32 (2 3lü) tüp; Mk 46 Mod 5; menzil 11 km
TOPLAR	1 Vickers 4.5 in (115 mm) Mk 8 ; 25 adet/dk; menzil 22 km 1 Bofors SAK Sea Trinity CIWS 40 mm/70 Mk 3 ; 330 adet/dk; menzil 4km 2-12.7 mm MG
KARŞI TEDBİRLER ALDATICILAR	2 IPqM çaf lançeri
ED CİHAZI	IPqM/Elebra ET/SLQ-1A ; radar uyarı
ET CİHAZI	IPqM/Elebra ET/SLQ-2 ; karıştırıcı
KOMUTA KONTROL SİSTEMİ	IPqM/Esca Siconda Mk II , Link YB.
SİLAH KONTROL SİSTEMİ	Saab/Combitech EOS-400 FCS optronik dayrektörü; iki OFDLSE optik dayrektör
ATIŞ KONTROL SİSTEMİ	AESN RTN-30-X ; I/J-band (Albatros ve silahlar için)
TACAN / IFF CİHAZLARI	
HAVA VE HAVA/SUÜSTÜ RADARLARI	
SUÜSTÜ RADARI	AESN RAN-20S ; D-band.
SEYİR RADARI	Racal Decca TM 1226C ya da Terma Scanter; I-band.
SONAR	DO 997(F); tekneye monteli, aktif, orta frekans.
HELİKOPTER	1 AH-11A Westland Super Lynx
UÇAK	
MALİYET	
BELİRGİN ÖZELLİKLER	Fin stabilizer var. Stealth özelliği artırılmış.

Çizelge Ek 2.2 Brunei Sınıfı Gemi Özellikleri

GEMİ SINIFI	BRUNEI CLASS (FSG)
TIPI	KORVET
ÜLKE	Brunei
İNŞA EDEN ÜLKE	İngiltere
YIL	2003-2005
PROGRAM	DEVAM EDİYOR
GEMİ SAYISI	3
DEPLASMAN	1,940 tam yük
BOYUTLAR	95; 89.9 × 12.8 × 3.6 m
MAKİNA SİSTEMİ	4 MAN 20 RK270 dizel; 2 şaft
SÜRAT	30
SEYİR SİASI	5,000 12 kts
PERSONEL	79 + 24 yedek
ASKERİ YÜK	
SLM	
SSM	8 Exocet MM 40 Block II
SAM	BAe 18 cell VLS . BAe Sea Wolf. 16 G/M
DENİZALTI SİLAHI	6 Marconi 324 mm (2 310) tüp
TOPLAR	Otobreda 76 mm Super Rapid 2 MSI 30 mm/75. 650 adet/dk; menzil 10 km
KARŞI TEDBİRLER ALDATICILAR	2 Super Barricade çaf lançeri
ED CİHAZI	Thales Scorpion; karıştırıcı
ET CİHAZI	Thales Cutlass 242; kestirici
KOMUTA KONTROL SİSTEMİ	Nautis Mk 2 , Link Y.
SİLAH KONTROL SİSTEMİ	Radamec 2500 optronik dayrektör
ATİŞ KONTROL SİSTEMİ	2 Marconi 1802; I/J-band.
TACAN / IFF CİHAZLARI	
HAVA VE HAVA/SUÜSTÜ RADARLARI	Hava/Suüstü: Plessey AWS 9 ; E/F-band.
SUÜSTÜ RADARI	Kelvin Hughes 1007 ; I-band.
SEYİR RADARI	
SONAR	Thomson Marconi 4130C1; tekneye monteli
HELİKOPTER	Orta büyüklükte 1 adet Helo için platform
UÇAK	
MALİYET	
BELİRGİN ÖZELLİKLER	

Çizelge Ek 2.3 Descubierta Sınıfı Gemi Özellikleri

GEMİ SINIFI	DESCUBIERTA CLASS (FFG/FSG/PG/MCS)
TİPİ	KORVET
ÜLKE	İspanya
İNŞA EDEN ÜLKE	İspanya
YIL	1978-1983
PROGRAM	BITTI
GEMİ SAYISI	6
DEPLASMAN	1,233 standart; 1,666 tam yük
BOYUTLAR	88,8 × 10,4 × 3,8 m
MAKİNA SİSTEMİ	4 MTU-Bazán 16V 956 TB91 dizel; 15,000 hp(m) (11 MW) ; 2 şaft; piç kontrollü pervane
SÜRAT	25
SEYİR SİSİ	4,000 18 kts; 7,500 12 kts
PERSONEL	118 (10 subay) +30 deniz piyadesi
ASKERİ YÜK	
SLM	
SSM	8 McDonnell Douglas Harpoon (2 40) lançer ; menzil 130 km
SAM	Selenia Albatros 8li lançer; 24 Raytheon Sea Sparrow/Selenia Aspide; menzil 14,6 km
DENİZALTI SİLAHI	6-324 mm US Mk 32 (2 310) tüp (F 33-F 36). Honeywell/Alliant Mk 46 Mod 5; menzil 11 km A/S havan: 1 Bofors 375 mm 2 namlulu (F 33-F 36); menzil 3,600 m.
TOPLAR	1 OTO Melara 3 in (76 mm)/82 ; 85 adet/dk; menzil 16 km 1 ya da 2 Bofors 40 mm/70 (F 33-F 36); 300 adet/dk ; menzil 12,5 km 2 Oerlikon 20 mm (P 75 ve M 11)
KARŞI TEDBİRLER ALDATICILAR	4 Loral Hycor SRBOC 6 namlulu Mk 36 çaf ve IR flare (F 33-F 36). Akustik aldaticılar
ED CİHAZI	Elsag Mk 1000 ; ya da Mk 1600; kestirme
ET CİHAZI	Ceselsa Canopus; ya da Mk 1900; karıştırıcı.
KOMUTA KONTROL SİSTEMİ	Tritan IV; Link 11 (F 33-F 36). Saturn SATCOM
SİLAH KONTROL SİSTEMİ	Signaal WM25; GM 101
ATIŞ KONTROL SİSTEMİ	Signaal WM22/41 ya da WM25 sistem (F 33-F 36); I/J-band; menzil 46 km
TACAN / IFF CİHAZLARI	
HAVA VE HAVA/SUÜSTÜ RADARLARI	Hava/Suüstü: Signaal DA05/2 (F 33-F 36); E/F-band; menzil 137 km
SUÜSTÜ RADARI	Signaal ZW06 (F 33-F 36); I-band.
SEYİR RADARI	2 Furuno ; I-band.
SONAR	Raytheon 1160B (F 33-F 36); tekneye monteli; aktif arama ve hücum; orta frekans.
HELİKOPTER	
UÇAK	
MALİYET	
BELİRGİN ÖZELLİKLER	Denizaltı aramasında kullanılmak üzere, üst güverteye yerleştirilmiş yardımcı gaz türbini jeneratör , masker, fin stabilizer var.

Çizelge Ek 2.4 Eilat Sınıfı Gemi Özellikleri

GEMİ SINIFI	EILAT (SAAR 5) CLASS (FSGHM)
TİPİ	KORVET
ÜLKE	İsrail
İNŞA EDEN ÜLKE	ABD
YIL	1994-2004
PROGRAM	DEVAM EDİYOR
GEMİ SAYISI	8
DEPLASMAN	1,075 standart; 1,227 tam yük
BOYUTLAR	86.4; 76.6 × 11.9 × 3.2 m
MAKİNA SİSTEMİ	CODOG; 1 GE LM 2500 gaz türbini; 30,000 hp (22.38 MW) ; 2 MTU 12V 1163 TB82 dizel; 6,600 hp(m) (4.86 MW) ; 2 şaft; Kamewa iç kontrollü pervane
SÜRAT	33 gaz türbini; 20 dizel
SEYİR SİASI	3,500 17 kts
PERSONEL	64 (16 subay) + 10 (4 subay) uçuş personeli
ASKERİ YÜK	
SLM	
SSM	8 McDonnell Douglas Harpoon (2 4lü) lançer; menzil 130 km
SAM	2 İsrail Industries Barak 1 (dikey lançer) [Ref 2]; 2 × 32 hücre; menzil 10 km
DENİZALTİ SİLAHI	6-324 mm Mk 32 (2 3lü) tüp. Honeywell Mk 48; menzil 11 km
TOPLAR	OTO Melara 3 in (76 mm)/62 ; 85 adet/dk ; menzil 16 km Ana batarya topu Bofors 57 mm ya da Vulcan Phalanx CIWS ile değiştirilebilir. 2 Sea Vulcan 20 mm CIWS; menzil 1 km.
KARŞI TEDBİRLER ALDATICILAR	3 Elbit/Deseaver 72 namlulu çaf ve IR lançer; Rafael ATC-1 yedeklenen torpido aldatici.
ED CİHAZI	Elisra NS 9003; kestirici. Tadiran NATACS.
ET CİHAZI	2 Rafael 1010; Elisra NS 9005; karıştırıcı
KOMUTA KONTROL SİSTEMİ	Elbit NTCCS sistemi Elita EL/S-9000 bilgisayar kullanır. Reshet veriyolu.
SİLAH KONTROL SİSTEMİ	2 Elop MSIS optronik dayrektör.
ATİŞ KONTROL SİSTEMİ	3 Elita EL/M-2221 GM STGR; I/K/J-band.
TACAN / IFF CİHAZLARI	
HAVA VE HAVA/SUÜSTÜ RADARLARI	Hava: Elita EL/M-2218S; E/F-band.
SUÜSTÜ RADARI	Cardion SPS-55; I-band.
SEYİR RADARI	I-band.
SONAR	EDO Type 796 Mod 1; tekneye monteli, arama ve hücum, orta frekans. Rafael towed array (yeri hazır)
HELİKOPTER	1 Dauphin SA 366G ya da Sea Panther taşıyabilir.
UÇAK	
MALİYET	
BELİRGİN ÖZELLİKLER	Alüminyum üstyapı, NBC savunma sistemi, dış yıkama, Prairie masker, yedek SHM, 20 gün denizde kalır. Stealth özelliği gelişmiş, bacalar soğutma sistemine sahip. Radar absorbe edici materyalle kaplı.

Çizelge Ek 2.5 K130 Sınıfı Gemi Özellikleri

GEMİ SINIFI	K130 CLASS (FSG)
TİPİ	KORVET
ÜLKE	Almanya
İNŞA EDEN ÜLKE	Almanya
YIL	
PROGRAM	İNŞA AŞAMASINDA
GEMİ SAYISI	5
DEPLASMAN	1,662 tam yük
BOYUTLAR	88.3 × 12.7 × 4.8 m
MAKİNA SİSTEMİ	2 gaz türbini; 2 dizel; toplam 19.850 hp(m) (14.8 MW); 2 şaft
SÜRAT	26
SEYİR SİASİ	2,500 15 kts
PERSONEL	50 + 15 yedek
ASKERİ YÜK	
SLM	
SSM	4 Saab RBS-15 Mk 3; menzil 200 km
SAM	8 Polyphem. 2 RAM 21 hücreli Mk 49 lançer
DENİZALTI SİLAHI	
TOPLAR	1 Otobreda 76 mm/62 ; 2 Mauser 27 mm.
KARŞI TEDBİRLER ALDATICILAR	2 çaf lançeri
ED CİHAZI	EADS SPS-N-5000; kestirici
ET CİHAZI	DASA SPN/KJS 5000; karıştırıcı
KOMUTA KONTROL SİSTEMİ	SEWACO; Link 11/16
SİLAH KONTROL SİSTEMİ	Signal Mirador optronik dayrektör
ATIŞ KONTROL SİSTEMİ	I/J-band.
TACAN / IFF CİHAZLARI	
HAVA VE HAVA/SUÜSTÜ RADARLARI	Hava/Suüstü: DASA TRS-3D; C-band.
SUÜSTÜ RADARI	E/F-band.
SEYİR RADARI	
SONAR	
HELİKOPTER	2 VTOL drones.
UÇAK	
MALİYET	
BELİRGİN ÖZELLİKLER	

Çizelge Ek 2.6 Visby Sınıfı Gemi Özellikleri

GEMİ SINIFI	VISBY CLASS (FSG)
TIPI	KORVET
ÜLKE	İsveç
İNŞA EDEN ÜLKE	İsveç
YIL	2001-2008
PROGRAM	DEVAM EDİYOR
GEMİ SAYISI	5
DEPLASMAN	620 tam yük
BOYUTLAR	72 × 10.4 × 2.5 m
MAKİNA SİSTEMİ	CODOG; 4 AlliedSignal TF 50A gaz türbini; 21,760 hp(m) (16 MW); 2 MTU 16V N90 dizel; 3,536 hp(m) (2.6 MW); 2 Kamewa 125 su jeti; bow thruster
SÜRAT	35; 15 (dizel)
SEYİR SİASİ	
PERSONEL	43 (6 subay)
ASKERİ YÜK	
SLM	
SSM	8 RBS 15 Mk II (Batch 2); menzil 110 km
SAM	
DENİZALTI SİLAHI	4 sabit 400 mm tüp. Tip 43/45. A/S havan: Saab Alecto 601 127 mm roketli bomba; menzil 1,200 m.
TOPLAR	1 Bofors 57 mm/70 SAK Mk 3. 220 adet/dk; menzil 17 km
KARŞI TEDBİRLER	Çaf lançer. Aldatıcılar DSH havanı ile atılabilir.
ALDATICILAR	MCMV: STN Atlas Seafox Combat (C) sonar/TV sensor; menzil 500 m 6 kts.
ED CİHAZI	Condor Systems CS 701; kestirici ve karıştırıcı.
ET CİHAZI	Condor Systems CS 701; kestirici ve karıştırıcı.
KOMUTA KONTROL SİSTEMİ	CelsiusTech 9LV Mk 3E CETRIS ile Link sistemi.
SİLAH KONTROL SİSTEMİ	Optronik dayrektör
ATIŞ KONTROL SİSTEMİ	CEROS 200 Mk 3; I/J-band.
TACAN / IFF CİHAZLARI	
HAVA VE HAVA/SUÜSTÜ RADARLARI	Hava/Suüstü: Ericsson Sea Giraffe 3D ; C-band.
SUÜSTÜ RADARI	CelsiusTech Pilot; I-band.
SEYİR RADARI	
SONAR	Computing Devices Canada (CDC) Hydra; pruvaya monteli aktif yüksek frekanslı + pasif towed array + aktif VDS.
HELİKOPTER	1 Agusta A 109M
UÇAK	
MALİYET	
BELİRGİN ÖZELLİKLER	FRP tekne, mayın taşıyabilir. Radar absorbe edici materyalle kaplı üst binaya sahip.

Çizelge Ek 2.7 Alvaro de Bazan Sınıfı Gemi Özellikleri

GEMİ SINIFI	ALVARO DE BAZÁN CLASS (FFG)
TIPI	FIRKATEYN
ÜLKE	İspanya
İNŞA EDEN ÜLKE	İspanya
YIL	2002-2006
PROGRAM	DEVAM EDİYOR
GEMİ SAYISI	4
DEPLASMAN	5,853 tam yük
BOYUTLAR	146.7; 133.2 x 18.6 x 4.9 m
MAKİNA SİSTEMİ	CODOG; 2 GE LM 2500 gaz türbini; 47,328 hp(m) (34.8 MW); 2 Bazán/Caterpillar dizel; 12,240 hp(m) (9 MW) ; 2 şaft; acbLIPS piç kontrollü pervane
SÜRAT	28
SEYİR SİASI	4,500 18 kts
PERSONEL	250 (35 subay)
ASKERİ YÜK	
SLM	
SSM	8 Harpoon Block II
SAM	Mk 41 VLS 32 GDC Standard SM-2MR (Block IIIA); menzil 187 km. 64 Evolved Sea Sparrow (ESSM) 16 Mk 41 hücrelerinde
DENİZALTI SİLAHI	4-323 mm (2 2li) Mk 32 Mod 5 sabit lançer. 24 torpido. Mk 46 Mod 5. A/S havan: 2 ABCAS/SSTDs lançer
TOPLAR	1 FMC 5 in (127 mm)/54 Mk 45 Mod 2. 1 Bazán 20 mm/120 Meroka 2B. 2 Oerlikon 20 mm.
KARŞI TEDBİRLER	4 SRBOC Mk 36 Mod 2 çaf lançeri.
ALDATICILAR	SLQ-25A Nixie torpido aldatici.
ED CİHAZI	Ceselsa Elnath; kestirici.
ET CİHAZI	Ceselsa Aldebaran; kanştırıcı
KOMUTA KONTROL SİSTEMİ	Lockheed Aegis Baseline 5 Phase III (DANCS); Link 11/16. SATCOM. MCCIS.
SİLAH KONTROL SİSTEMİ	Sirius optronik dayrektör; FABA Dorna GFCS. Sainsel DLT 309 TFCS. SQR-4 helo veriyolu.
ATIŞ KONTROL SİSTEMİ	2 Raytheon SPG-62 Mk 99 (SAM için)
TACAN / IFF CİHAZLARI	
HAVA VE HAVA/SUÜSTÜ RADARLARI	Hava/Suüstü: Aegis SPY-1D.
SUÜSTÜ RADARI	DRS SPS-67 (RAN 12S)
SEYİR RADARI	
SONAR	Raytheon DE 1180 LF; tekneye monteli, aktif arama ve hücum, orta frekans. Muhtemel ATAS aktif yedeklenen sonar.
HELİKOPTER	1 SH-60B Seahawk Lamps III
UÇAK	
MALİYET	
BELİRGİN ÖZELLİKLER	Helikopter çekme sistemi var. Stealth özelliği gelişmiş.

Çizelge Ek 2.8 Barbaros Sınıfı Gemi Özellikleri

GEMİ SINIFI	BARBAROS CLASS (MODIFIED MEKO 200 TYPE) (FFGHM)
TIPI	FIRKATEYN
ÜLKE	Türkiye
İNŞA EDEN ÜLKE	Türkiye
YIL	1995-2000
PROGRAM	BİTTİ
GEMİ SAYISI	4
DEPLASMAN	3,600 tam yük
BOYUTLAR	118 × 14,8 × 4,3; 8,4 m
MAKİNA SİSTEMİ	CODOG; 2 GE LM 2500 gaz türbini; 80,000 hp (44.76 MW) ; 2 MTU 16V 1163 TB83 dizel; 11,780 hp(m) (8.67 MW); 2 şaft; piç kontrollü pervane.
SÜRAT	32.
SEYİR SİASİ	4,100 18 kts
PERSONEL	187 (22 subay) + 9 uçuş personeli + 8 yedek
ASKERİ YÜK	
SLM	
SSM	8 McDonnell Douglas Harpoon (2 4lÜ) lançer; menzil 130 km.
SAM	Raytheon Sea Sparrow RIM-7M Mk 29 Mod 1 8li lançer (F 244 ve F 245) ve VLS Mk 41 Mod 8 (F 246 ve F 247); 16 Evolved Sea Sparrow (ESSM); menzil 13 km.
DENİZALTİ SİLAHI	6-324 mm Mk 32 Mod 5 (2 3lÜ) tûp. Honeywell Mk 46 Mod 5; menzil 11 km.
TOPLAR	1 FMC 5 in (127 mm)/54 Mk 45 Mod 1/2 ; 20 adet/dk; menzil 23 km. 3 Oerlikon-Contraves 25 mm Sea Zenith ; 4 namlulu; 3,200 adet/dk; menzil 2 km.
KARŞI TEDBİRLER ALDATICILAR	2 Loral Hycor 6 tüplü sabit Mk 38 Mod 1 SRBOC; IR ve çaf; menzil 4 km. Nixie SLQ-25; yedeklenen torpido aldatici..
ED CİHAZI	Racal Cutlass/Scorpion;kestirici ve karıştırıcı.
ET CİHAZI	Racal Cutlass/Scorpion;kestirici ve karıştırıcı.
KOMUTA KONTROL SİSTEMİ	Thomson-CSF/Signaal STACOS Mod 3; Link 11. WSC 3V(7) SATCOMs. Marisat.
SİLAH KONTROL SİSTEMİ	2 Siemens Albis optronik dayrektör. Harpoon için SWG-1A
ATIŞ KONTROL SİSTEMİ	1 ya da 2 (F 246-247) Signaal STIR; I/J/K-band (SAM için); menzil 140 km. Contraves TMKu (F 244-245); I/J-band (SSM ve 127 mm top için). 2 Contraves Seaguard; I/J-band (25 mm toplar için).
TACAN / IFF CİHAZLARI	Tacan: URN 25. IFF Mk XII Mod 4.
HAVA VE HAVA/SUÜSTÜ RADARLARI	Siemens/Plessey AWS 9 (Type 996) ; 3D; E/F-band.
SUÜSTÜ RADARI	Plessey/BAe AWS 6 Dolphin; G-band.
SEYİR RADARI	Racal Decca 2690 BT ARPA; I-band
SONAR	Raytheon SQS-56 (DE 1160); tekneye monteli, aktif arama ve hücum, orta frekans
HELİKOPTER	1 AB 212ASW ya da S-70B Seahawk.
UÇAK	
MALİYET	
BELİRGİN ÖZELLİKLER	Sitadel sistemi, dış yıkama ve helikopter çekme sistemi var.

Çizelge Ek 2.9 Brandenburg Sınıfı Gemi Özellikleri

GEMİ SINIFI	BRANDENBURG CLASS (TYPE 123) (FFG)
TİPİ	FIRKATEYN
ÜLKE	Almanya
İNŞA EDEN ÜLKE	Almanya
YIL	1994-1996
PROGRAM	BİTTİ
GEMİ SAYISI	4
DEPLASMAN	4,900 tam yük
BOYUTLAR	138.9; 126.9 × 16.7 × 6.8 m
MAKİNA SİSTEMİ	CODOG; 2 GE 7LM2500SA-ML gaz türbini; 51,000 hp (38 MW) ; 2 MTU 20V 956 TB92 dizel; 11,070 hp(m) (8.14 MW); 2 şaft; piç kontrollü pervane
SÜRAT	29; 18 dizel
SEYİR SİASI	4,000 18 kts
PERSONEL	199 (27 subay) + 19 uçuş personeli
ASKERİ YÜK	
SLM	
SSM	4 Aerospatiale MM 38 Exocet (2 2li); menzil 42 km.
SAM	Martin Marietta VLS Mk 41 Mod 3, 16 NATO Sea Sparrow 2 RAM 21 hücreli Mk 49 lançer; menzil 9.6 km ; 32 G/M
DENİZALTI SİLAHI	4-324 mm Mk 32 Mod 9 (2 2li) tüp; Honeywell Mk 46 Mod 2; menzil 11 km. Eurotorp Mu 90 Impact ile değiştirilecek.
TOPLAR	1 OTO Melara 3 in (76 mm)/62 Mk 75; 85 adet/dk 2 Rheinmetall 20 mm Rh 202, Mauser 27 mm ile değiştirilecek.
KARŞI TEDBİRLER ALDATICILAR	2 Breda SCLAR. Çaf ve IR aldatıcı.
ED CİHAZI	TST FL 1800S Stage II; kestirici ve karıştırıcı.
ET CİHAZI	TST FL 1800S Stage II; kestirici ve karıştırıcı.
KOMUTA KONTROL SİSTEMİ	Atlas Elektronik/Paramax SATIR hareket veri otomasyonu ile Unisys UYK 43 bilgisayar; Link 11. Matra Marconi SCOT 3 SATCOM
SİLAH KONTROL SİSTEMİ	Signaal MWCS. 2 optik. STN Atlas Elektronik WBA optronik sensör.
ATIŞ KONTROL SİSTEMİ	2 Signaal STIR 180 aydınlatma radarı.
TACAN / IFF CİHAZLARI	
HAVA VE HAVA/SUÜSTÜ RADARLARI	Signaal LW08; D-band.
SUÜSTÜ RADARI	Signaal SMART; 3D; F-band.
SEYİR RADARI	2 Raytheon Raypath; I-band.
SONAR	Atlas Elektronik DSQS-23BZ; tekneye monteli, aktif arama ve hücum, orta frekans. Towed array; aktif, düşük frekans.
HELİKOPTER	2 Westland Sea Lynx Mk 88 ya da 88A.
UÇAK	
MALİYET	
BELİRGİN ÖZELLİKLER	Fin stabilizer var.

Çizelge Ek 2.10 Bremen Sınıfı Gemi Özellikleri

GEMİ SINIFI	BREMEN CLASS (TYPE 122) (FFG)
TİPİ	FIRKATEYN
ÜLKE	Almanya
İNŞA EDEN ÜLKE	Almanya
YIL	1982-1990
PROGRAM	BITTI
GEMİ SAYISI	8
DEPLASMAN	3,680 tam yük
BOYUTLAR	130 × 14.5 × 6.5 m
MAKİNA SİSTEMİ	CODOG; 2 GE LM 2500 gaz türbini; 51,000 hp (38 MW) ; 2 MTU 20V 956 TB92 dizel; 11,070 hp(m) (8.14 MW); 2 şaft; piç kontrollü pervane.
SÜRAT	30; 20 dizel
SEYİR SİASİ	4,000 18 kts
PERSONEL	219 (26 subay)
ASKERİ YÜK	
SLM	
SSM	8 McDonnell Douglas Harpoon (2 40) lançer; menzil 130 km.
SAM	16 Raytheon NATO Sea Sparrow RIM-7M; Mk 29 8li lançer; menzil 14.6 km. 2 GDC RAM 21 hücreli ; menzil 9.6 km.
DENİZALTI SİLAHI	4-324 mm Mk 32 (2 2li) tüp. 8 Honeywell Mk 46 Mod 2; menzil 11 km. Eurotorp Mu 90 ile değiştirilecek.
TOPLAR	1 OTO Melara 3 in (76 mm)/62 Mk 75; 85 adet/dk; menzil 16 km. 2 Rheinmetall 20 mm Rh 202, Mauser 27 mm ile değiştirilecek.
KARŞI TEDBİRLER	4 Loral Hycor SRBOC 6 namlulu sabit Mk 36; çaf ve IR aldatıcı; menzil 4 km.
ALDATICILAR	SLQ-25 Nixie; yedeklenen torpido aldatıcı. Prairie kabarcıklı ses düşürücü.
ED CİHAZI	TST FL 1800 Stage II ; kestirici ve karıştırıcı.
ET CİHAZI	TST FL 1800 Stage II ; kestirici ve karıştırıcı.
KOMUTA KONTROL SİSTEMİ	SATIR hareket veri otomasyonu; Link 11; Matra Marconi SCOT 1A SATCOM (3 set).
SİLAH KONTROL SİSTEMİ	Signaal WM25/STIR. STN Atlas Elektronik WBA optronik sensör.
ATIŞ KONTROL SİSTEMİ	Signaal WM25; I/J-band Signaal STIR ; I/J/K-band; menzil 140 km.
TACAN / IFF CİHAZLARI	
HAVA VE HAVA/SUÜSTÜ	Hava/Suüstü: DASA TRS-3D/32 ; C-band.
RADARLARI	
SUÜSTÜ RADARI	
SEYİR RADARI	SMA 3 RM 20; I-band.
SONAR	Atlas Elektronik DSQS-21BZ (BO); tekneye monteli, aktif arama ve hücum, orta frekans.
HELİKOPTER	2 Westland Sea Lynx Mk 88 ya da 88A.
UÇAK	
MALİYET	
BELÜRGİN ÖZELLİKLER	

Çizelge Ek 2.11 Broadsword Sınıfı Gemi Özellikleri

GEMİ SINIFI	BROADSWORD CLASS (TYPE 22 BATCHES 2 AND 3) (FFG)
TİPİ	FIRKATEYN
ÜLKE	İngiltere
İNŞA EDEN ÜLKE	İngiltere
YIL	1988-1990
PROGRAM	BİTTİ
GEMİ SAYISI	5
DEPLASMAN	4,100 (F 96), 4,200 standart; 4,800 (F 96), 4,900 tam yük
BOYUTLAR	146,5 (F 96); 148,1 × 14,8 × 6,4 m
MAKİNA SİSTEMİ	COGOG; 2 RR Spey SM1A gaz türbini; 29,500 hp (22 MW); 2 RR Olympus TM3B gaz türbini; 50,000 hp (37,3 MW) (F 96); 2 RR Tyne RM3C gaz türbini; 10,680 hp (8 MW); 2 şaft; acbLIPS piç kontrollü pervane.
SÜRAT	30; 18 Tynes
SEYİR SİASİ	4,500 18 kts Tynes
PERSONEL	250 (31 subay) (301 kişilik yer) 273 (30 subay) + 23 yedek (F 96)
ASKERİ YÜK	
SLM	
SSM	8 McDonnell Douglas Harpoon Block 1C (2 4lü) lançer; menzil 130 km.
SAM	2 British Aerospace Seawolf GWS 25 Mod 3 ; menzil 5 km.
DENİZALTI SİLAHI	6-324 mm Plessey STWS Mk 2 (2 3lü) tüp. Marconi Stingray; menzil 11 km.
TOPLAR	1 Vickers 4.5 in (114 mm)/55 Mk 8; 25 adet/dk 1 Signaal/General Electric 30 mm 7 namlulu Goalkeeper; 4,200 adet/dk 2 DES/MSI DS 30B 30 mm/75; 650 adet/dk
KARŞI TEDBİRLER	DCH; 4 Sea Gnat 8 namlulu 130 mm/102 mm sabit lançer.
ALDATICILAR	Graseby Type 182 ya da SLQ-25A; yedeklenen torpido aldatici.
ED CİHAZI	Racal Thorn UAT 1; kestirici. CoBLU; kestirici.
ET CİHAZI	Type 675(2); karıştırıcı. Type 670; karıştırıcı (F 96).
KOMUTA KONTROL SİSTEMİ	CACS 5 hareket veri otomasyonu; Link 11 and 14. 2 Matra Marconi SCOT 1C SATCOM. ICS-3 entegre haberleşme sistemi. Marisat. JMICS monte ediliyor.
SİLAH KONTROL SİSTEMİ	TV ve IR görüntülü lazer mesafe bulucuya sahip (F 96 hariç) 2 adet BAe GSA 8B GPEOD Sea Archer optronik dayrektör. GWS 25 Mod 3 (SAM için). GWS 60 (F 96 hariç).
ATIŞ KONTROL SİSTEMİ	2 Marconi Type 911; V/Ku-band (Seawolf için).
TACAN / IFF CİHAZLARI	
HAVA VE HAVA/SUÜSTÜ RADARLARI	Hava/Suüstü: Marconi Type 967/968; D/E-band.
SUÜSTÜ RADARI	Racal Decca Type 2008; E/F-band; monte ediliyor.
SEYİR RADARI	Kelvin Hughes Type 1008; I-band.
SONAR	Ferranti/Thomson Sintra Type 2050; tekneye monteli, aktif arama ve hücum. Dowty Type 2031; towed array; pasif arama; çok düşük frekans.
HELİKOPTER	2 Westland Lynx HMA 3/8; ya da 1 Westland Sea King HAS 5.
UÇAK	
MALİYET	
BELİRGİN ÖZELLİKLER	

Çizelge Ek 2.12 Burak Sınıfı Gemi Özellikleri

GEMİ SINIFI	BURAK (TYPE A 69) CLASS (FFGHM)
TİPİ	FIRKATEYN
ÜLKE	Türkiye
İNŞA EDEN ÜLKE	Fransa
YIL	1978-1979
PROGRAM	BİTTİ
GEMİ SAYISI	8
DEPLASMAN	1,175 standart; 1,330 tam yük
BOYUTLAR	80,5 × 10,3 × 5,5 m
MAKİNA SİSTEMİ	2 SEMT-Pielstick 12 PC2 V 400 dizel; 12,000 hp(m) (8.82 MW); 2 şaft; LIPS piç kontrollü pervane.
SÜRAT	23
SEYİR SİASİ	4,500 15 kts
PERSONEL	104 (10 subay)
ASKERİ YÜK	
SLM	
SSM	2 Aerospatiale MM 38 Exocet
SAM	Matra Simbad 2li lançer Mistral için; menzil 4 km. Stinger ile değiştirilebilir.
DENİZALTI SİLAHI	4 sabit tüp. ECAN L5; iki amaçlı; menzil 9.5 km. 1 Creusot-Loire 375 mm Mk 54 6 tüplü lançer; menzil 1,600 m
TOPLAR	1 DCN/Creusot-Loire 3.9 in (100 mm)/55 Mod 68 CADAM otomatik; 80 adet/dk; menzil 17 km 2 Giat 20 mm; 720 adet/dk; menzil 10 km 4-12.7 mm MG.
KARŞI TEDBİRLER	2 CSEE Dagaie 10 namlulu lançer; çaf ve IR aldatıcı; H- J-band.
ALDATICILAR	Nixie torpido aldatıcı.
ED CİHAZI	ARBR 16; radar uyarı.
ET CİHAZI	
KOMUTA KONTROL SİSTEMİ	
SİLAH KONTROL SİSTEMİ	Thomson-CSF Vega sistem; CSEE Panda optik ikinci dayrektör.
ATIŞ KONTROL SİSTEMİ	Thomson-CSF DRBC 32E; I-band.
TACAN / IFF CİHAZLARI	
HAVA VE HAVA/SUÜSTÜ RADARLARI	Hava/Suüstü: Thomson-CSF DRBV 51A; G-band.
SUÜSTÜ RADARI	
SEYİR RADARI	Racal Decca 1226; I-band.
SONAR	Thomson Sintra DUBA 25; tekneye monteli, arama ve hücum, orta frekans.
HELİKOPTER	
UÇAK	
MALİYET	
BELİRGİN ÖZELLİKLER	

Çizelge Ek 2.13 Duke Sınıfı Gemi Özellikleri

GEMİ SINIFI	DUKE CLASS (TYPE 23) (FFG)
TİPİ	FIRKATEYN
ÜLKE	İngiltere
İNŞA EDEN ÜLKE	İngiltere
YIL	1990-2002
PROGRAM	BİTTI
GEMİ SAYISI	16
DEPLASMAN	3,500 standart; 4,200 tam yük
BOYUTLAR	133 x 18.1 x 5.5; 7.3 m
MAKİNA SİSTEMİ	CODLAG; 2 RR Spey SM1A (F 229-F 236) ya da SM1C (F 237 sonrası) gaz türbini; 31,100 hp (23.2 MW); 4 Paxman 12CM dizel; 8,100 hp (6 MW); 2 GEC motor; 4,000 hp (3 MW); 2 şaft
SÜRAT	28; 15 dizel elektrik.
SEYİR SİASİ	7,800 15 kts
PERSONEL	181 (13 subay)
ASKERİ YÜK	
SLM	
SSM	8 McDonnell Douglas Harpoon (2 4lÜ) lançer; menzil 130 km
SAM	British Aerospace Seawolf GWS 26 Mod 1 VLS; menzil 8 km; 32 adet.
DENİZALTİ SİLAHI	4 Cray Marine 324 mm sabit (2 2li) tûp. Marconi Stingray; menzil 11 km.
TOPLAR	1 Vickers 4.5 in (114 mm)/55 Mk 8; 25 adet/dk; menzil 22 km. 2 DES/MSI DS 30B 30 mm/75; 650 adet/dk; menzil 10 km.
KARŞI TEDBİRLER ALDATICILAR	DLB; 4 Sea Gnat 6 namlulu 130 mm/102 mm lançer. DLF 2/3 aldatıcı. Tip 2070 (SLQ-25A); yedeklenen torpido aldatıcı.
ED CİHAZI	Racal Thorn UAT ; kestirici.
ET CİHAZI	Tip 875(2) ya da Racal Scorpion; karıştırıcı.
KOMUTA KONTROL SİSTEMİ	BAeSEMA Surface Ship Command System (DNA); Links 11, 14 ve JTIDS 16. Matra Marconi SCOT 1D SATCOM.
SİLAH KONTROL SİSTEMİ	BAe GSA 8B/GPEOD optronik dayrektör. GWS 60 (SSM için). GWS 26 (SAM için)
ATIŞ KONTROL SİSTEMİ	2 Marconi Tip 911; I/Ku-band.
TACAN / IFF CİHAZLARI	IFF:1010/1011.
HAVA VE HAVA/SUÜSTÜ RADARLARI	Hava/Suüstü: Plessey Tip 996(I); 3D; E/F-band.
SUÜSTÜ RADARI	Racal Decca Tip 1008; E/F-band.
SEYİR RADARI	Kelvin Hughes Tip 1007; I-band.
SONAR	Ferranti/Thomson Sintra Tip 2050; pruvaya monteli, aktif arama ve hücum. Towed array.
HELİKOPTER	1 Westland Lynx HMA 3/8 ya da 1 Merlin HM 1 (F 233)
UÇAK	
MALİYET	
BELİRGİN ÖZELLİKLER	Tekne kabarcık sistemi (gürültüyü azaltmak için), helikopter çekme sistemi var. Stealth özelliği gelişmiş.

Çizelge Ek 2.14 Floreal Sınıfı Gemi Özellikleri

GEMİ SINIFI	FLORÉAL CLASS (FFG)
TIPI	FIRKATEYN
ÜLKE	Fransa
İNŞA EDEN ÜLKE	Fransa
YIL	1992-1994
PROGRAM	BITTI
GEMİ SAYISI	6
DEPLASMAN	2,600 standart; 2,950 tam yük
BOYUTLAR	93.5 × 14 × 4.3 m
MAKİNA SİSTEMİ	CODAD; 4 SEMT-Pielstick 6 PA6 L 280 dizel; 8,820 hp(m) (6.5 MW); 2 şaft; acbLIPS piç kontrollü pervane; bow thruster; 340 hp(m) (250 kW)
SÜRAT	20
SEYİR SİASI	10,000 15 kts
PERSONEL	86 (10 subay) (uçuş personeli dahil) + 24 deniz piyadesi + 13 yedek.
ASKERİ YÜK	
SLM	
SSM	2 Aerospatiale MM 38 Exocet; menzil 42 km.
SAM	1 ya da 2 Matra Simbad 2li lançer, 20 mm top ya da Dagaie lançer ile değiştirilebilir.
DENİZALTI SİLAHI	
TOPLAR	1 DCN 3.9 in (100 mm)/55 Mod 68 CADAM; 80 adet/dk; menzil 17 km. 2 Giat 20 F2 20 mm; 720 adet/dk; menzil 10 km.
KARŞI TEDBİRLER ALDATICILAR	1 ya da 2 CSEE Dagaie Mk II; 10 namlulu lançer; çaf ya da IR aldatıcı.
ED CİHAZI	Thomson-CSF ARBR 17; radar kestirici. ARBG 1 Saigon; haberleşme kestirici.
ET CİHAZI	
KOMUTA KONTROL SİSTEMİ	
SİLAH KONTROL SİSTEMİ	CSEE Najir optronik dayrektör. Syracuse 2 SATCOM.
ATIŞ KONTROL SİSTEMİ	
TACAN / IFF CİHAZLARI	
HAVA VE HAVA/SUÜSTÜ RADARLARI	Hava/Suüstü: Thomson-CSF Mars DRBV 21A; D-band.
SUÜSTÜ RADARI	
SEYİR RADARI	2 Racal Decca 1229 (DRBN 34A); I-band (1 adedi helikopter kontrol için).
SONAR	
HELİKOPTER	1 AS 565 MA Panther ya da 1 AS 332F Super Puma için platform.
UÇAK	
MALİYET	
BELİRGİN ÖZELLİKLER	50 gün denizde kalabilir, fin stabilizer var, deniz durumu 5in üstünde iken helikopter hareketi yapabilir.

Çizelge Ek 2.15 Halifax Sınıfı Gemi Özellikleri

GEMİ SINIFI	HALIFAX CLASS (FFH/FFG)
TİPİ	FIRKATEYN
ÜLKE	Kanada
İNŞA EDEN ÜLKE	Kanada
YIL	1992-1996
PROGRAM	BİTTİ
GEMİ SAYISI	12
DEPLASMAN	4,770 tam yük
BOYUTLAR	134,7; 124,5 × 16,4 × 5; 7,1 m
MAKİNA SİSTEMİ	CODOG; 2 GE LM 2500 gaz türbini; 47,494 hp (35,43 MW); 1 SEMT-Pielstick 20 PA6 V 280 dizel; 8,800 hp(m) (6,48 MW); 2 şaft; piç kontrollü pervane.
SÜRAT	29
SEYİR SİASI	9,500 13 kts (dizel); 3,930 18 kts (gaz türbini)
PERSONEL	198 (17 subay) + 17 (8 subay) uçuş personeli.
ASKERİ YÜK	
SLM	
SSM	8 McDonnell Douglas Harpoon Block 1C (2 4IQ) lançer; menzil 130 km.
SAM	2 Raytheon Sea Sparrow RIM-7P Mk 48 8li dikey lançer; menzil 14,6 km.
DENİZALTI SİLAHI	4-324 mm Mk 32 Mod 9 (2 2li) tüp. 24 Honeywell Mk 46 Mod 5; menzil 11 km.
TOPLAR	1 Bofors 57 mm/70 Mk 2; 220 adet/dk; menzil 17 km. 1 GE/GDC 20 mm Vulcan Phalanx Mk 15 Mod 1; 3,000 adet/dk (6 namlu); menzil 1,5 km. 8-12,7 mm MG.
KARŞI TEDBİRLER	4 Plessey Shield Mk 2 aldatıcı lançeri; 6li; P8 çaf ve P6 IR aldatıcı.
ALDATICILAR	Nixie SLQ-25; yedeklenen torpido aldatıcı.
ED CİHAZI	MEL/Lockheed Canews SLQ-501; radar kestirici; (0,5-18 GHz). SRD 502; kestirici.
ET CİHAZI	MEL/Lockheed Ramses SLQ-503; karıştırıcı.
KOMUTA KONTROL SİSTEMİ	UYQ-504 ve UYK-505 ya da 507 işlemcili UYC-501 SHINPADS hareket veri otomasyonu. Link 11 ve 14.
SİLAH KONTROL SİSTEMİ	Harpoon için AHWCS. CDC UYS-503(V); sonobuoy işleme sistemi.
ATIŞ KONTROL SİSTEMİ	İki Signaal SPG-503 (STIR 1.8); K/I-band; menzil 66 km.
TACAN / IFF CİHAZLARI	Tacan: URN 25. IFF Mk XII.
HAVA VE HAVA/SUÜSTÜ RADARLARI	Hava: Raytheon SPS-49(V)5; C/D-band; menzil 457 km. Hava/Suüstü: Ericsson Sea Giraffe HC 150; G/H-band; menzil 100 km.
SUÜSTÜ RADARI	
SEYİR RADARI	Sperry Mk 340, Kelvin Hughes 1007 ile değiştirilecek; I-band.
SONAR	Westinghouse SQS-510; tekneye monteli, aktif arama ve hücum, orta frekans. CDC SQR-501 CANTASS towed array (Martin Marietta SQR-19 TACTASS ait parçalar ile çalışır).
HELİKOPTER	1 CH-124A ASW ya da 1 CH-124B Helitas Sea King
UÇAK	
MALİYET	
BELİRGİN ÖZELLİKLER	Helikopter çekme sistemi. Stealth özelliği gelişmiş.

Çizelge Ek 2.16 Jacob van Heemskerck Sınıfı Gemi Özellikleri

GEMİ SINIFI	JACOB VAN HEEMSKERCK CLASS (FFG)
TİPİ	FIRKATEYN
ÜLKE	Hollanda
İNŞA EDEN ÜLKE	Hollanda
YIL	1986
PROGRAM	BITTİ
GEMİ SAYISI	2
DEPLASMAN	3,750 tam yük yaklaşık
BOYUTLAR	130.5 × 14.6 × 4.3 (6.2) m
MAKİNA SİSTEMİ	COGOG; 2 RR Olympus TM3B gaz türbini; 50,880 hp (37.9 MW); 2 RR Tyne RM1C gaz türbini; 9,900 hp (7.4 MW); 2 şaft; acbLIPS piç kontrollü pervane.
SÜRAT	30
SEYİR SİASI	4,700 16 kts Tynes
PERSONEL	197 (23 subay)
ASKERİ YÜK	
SLM	
SSM	8 McDonnell Douglas Harpoon (2 4lü) lançer; menzil 130 km .
SAM	40 GDC Pomona Standard SM-1MR; Block IV; Mk 13 Mod 1 lançer; menzil 46 km. Raytheon Sea Sparrow Mk 29 8li lançer; menzil 14,6 km.
DENİZALTI SİLAHI	4-324 mm US Mk 32 (2 2li) tüp. Honeywell Mk 46 Mod 5; menzil 11 km.
TOPLAR	1 Signaal SGE-30 Goalkeeper General Electric 30 mm 7 namlulu; 4,200 adet/dk; menzil 2 km. 2 Oerlikon 20 mm.
KARŞI TEDBİRLER ALDATICILAR	2 Loral Hycor Mk 36 SRBOC 6 tüplü sabit 4lü lançer; IR ve çaf aldatıcı; menzil 4 Km.
ED CİHAZI	Ramses; kestirici ve karıştırıcı.
ET CİHAZI	Ramses; kestirici ve karıştırıcı.
KOMUTA KONTROL SİSTEMİ	Signaal SEWACO VI hareket veri otomasyonu; Link 11. SHF SATCOM. JMCIS.
SİLAH KONTROL SİSTEMİ	
ATIŞ KONTROL SİSTEMİ	2 Signaal STIR 240; I/J/K-band; menzil 140 km. Signaal STIR 180; I/J/K-band.
TACAN / IFF CİHAZLARI	
HAVA VE HAVA/SÜÜSTÜ RADARLARI	Hava: Signaal LW08; D-band; menzil 264 km. Hava/Süüstü: Signaal Smart; 3D; F-band.
SÜÜSTÜ RADARI	Signaal Scout; I-band.
SEYİR RADARI	
SONAR	Westinghouse SQS-509; tekneye monteli, aktif arama ve hücum, orta frekans.
HELİKOPTER	
UÇAK	
MALİYET	
BELİRGİN ÖZELLİKLER	

Çizelge Ek 2.17 De Zeven Provinciën Sınıfı Gemi Özellikleri

GEMİ SINIFI	DE ZEVEN PROVINCIE CLASS (DDG)
TIPI	MUHRİP
ÜLKE	Hollanda
İNŞA EDEN ÜLKE	Hollanda
YIL	2002-2205
PROGRAM	DEVAM EDİYOR
GEMİ SAYISI	4
DEPLASMAN	6,048 ton yük
BOYUTLAR	144.2; 130.7 x 18.8 x 5.2 m
MAKİNA SİSTEMİ	CODOG; 2 RR SM1C Spey gaz türbini; 52,300 hp (39 MW) , 2 Stork-Wärtsilä 16V 26 ST dizel; 13,600 hp(m) (10 MW); 2 şaft; acbLIPS piç kontrollü pervane.
SÜRAT	28
SEYİR SİASİ	5,000 18 kts
PERSONEL	204 (32 subay) karargah dahil
ASKERİ YÜK	
SLM	
SSM	8 Harpoon
SAM	Mk 41 VLS (40 hücre); Standard SM2-MR Block IIIA; Evolved Sea Sparrow (4lü)
DENİZALTI SİLAHI	4-323 mm (2 2li) Mk 32 Mod 9 sabit lançer. Mk 46 Mod 5 torpidosu.
TOPLAR	1 Otobreda 5 in (127 mm)/54. 2 Signaal Goalkeeper 30 mm. 2 Oerlikon 20 mm
KARŞI TEDBİRLER ALDATICILAR	4 SRBOC Mk 36 çaf lançeri; Nixie torpido aldatici.
ED CİHAZI	Racal Sabre; kestirici ve karıştırıcı.
ET CİHAZI	Racal Sabre; kestirici ve karıştırıcı.
KOMUTA KONTROL SİSTEMİ	Signaal SEWACO XI; Link 11/16; SATCOM.
SİLAH KONTROL SİSTEMİ	SiriusIRST optronik dayrektör.
ATİŞ KONTROL SİSTEMİ	Signaal APAR
TACAN / IFF CİHAZLARI	IFF: Mk XII.
HAVA VE HAVA/SUÜSTÜ RADARLARI	Hava: Signaal SMART L; 3D; D-band. Hava/Suüstü/Atış kontrol: Signaal APAR.
SUÜSTÜ RADARI	Signaal Scout; I-band.
SEYİR RADARI	
SONAR	STN Atlas DSQS 24C; pruvaya monteli, aktif arama ve hücum, orta frekans.
HELİKOPTER	1 NFH 90/Lynx
UÇAK	
MALİYET	
BELİRGİN ÖZELLİKLER	NBC savunma sistemi, helikopter çekme sistemi. Stealth özelliği gelişmiş.

Çizelge Ek 2.18 Mulasame Sınıfı Gemi Özellikleri

GEMİ SINIFI	MURASAME CLASS (DDG/DD)
TIPI	MUHRIP
ÜLKE	Japonya
İNŞA EDEN ÜLKE	Japonya
YIL	1996-2002
PROGRAM	BİTTİ
GEMİ SAYISI	9
DEPLASMAN	4,550 standart; 5,100 tam yük
BOYUTLAR	151 × 17.4 × 5.2 m
MAKİNA SİSTEMİ	COGAG; 2 RR Spey SM1C gaz türbini; 41,630 hp (31 MW) , 2 GE LM 2500 gaz türbini; 43,000 hp (32.08 MW) ; 2 şaft;
SÜRAT	30
SEYİR SİASİ	
PERSONEL	165
ASKERİ YÜK	
SLM	
SSM	8 SSM-1B (Harpoon); menzil 130 km.
SAM	Raytheon Mk 48 VLS 16 hücre Sea Sparrow RIM-7M; menzil 14.6 km.
DENİZALTI SİLAHI	6-324 mm Type 68 (2 310) tüp. Honeywell Mk 46 Mod 5 Neartip; menzil 11 km. A/S: Mk 41 VL ASROC 16 hücre. Toplam 29 roket taşıyabilir.
TOPLAR	1 OTO Melara 3 in (76 mm)/62; 85 adet/dk; menzil 16 km. 2 General Electric/General Dynamics 20 mm Phalanx Mk 15 CIWS; 6 namlulu; 3,000 adet/dk; menzil 1.5 km.
KARŞI TEDBİRLER	4 Mk 36 SRBOC namlulu çaf lançeri.
ALDATICILAR	SLQ-25 Nixie yedeklenen torpido aldatıcı.
ED CİHAZI	Nec NOLQ 2/3; kestirici ve karıştırıcı.
ET CİHAZI	Nec NOLQ 2/3; kestirici ve karıştırıcı.
KOMUTA KONTROL SİSTEMİ	OYQ-7 ile Link 11. SQQ-28 helikopter veriyolu.
SİLAH KONTROL SİSTEMİ	Hitachi OYQ-103 DSH kontrol sistemi.
ATİŞ KONTROL SİSTEMİ	İki Type 2-31
TACAN / IFF CİHAZLARI	
HAVA VE HAVA/SUÜSTÜ RADARLARI	Hava: Melco OPS-24; 3D; D-band
SUÜSTÜ RADARI	JRC OPS-28D; G-band.
SEYİR RADARI	OPS-20; I-band
SONAR	Mitsubishi OQS-5; tekneye monteli, aktif arama ve hücum, düşük frekans. OQR-1 towed array; pasif arama; çok düşük frekans.
HELIKOPTER	1 SH-60J Seahawk
UÇAK	
MALİYET	
BELİRGİN ÖZELLİKLER	Helikopter çekme sistemi. Stealth özelliği gelişmiş.

Ek 3 MATLAB Fuzzy Toolbox'ı kullanılarak elde edilen sisteme ait yazılım

[System]

Name='tez2'

Type='mamdani'

Version=2.0

NumInputs=1 1

NumOutputs=1

NumRules=63

AndMethod='min'

OrMethod='max'

ImpMethod='min'

AggMethod='max'

DefuzzMethod='centroid'

[Input1]

Name='teknoloji'

Range=[0 100]

NumMFs=3

MF1='kötü': 'trapmf', [-6 0 84 90]

MF2='orta': 'trimf', [80 87.5 95]

MF3='iyi': 'trimf', [91 95 105]

[Input2]

Name='sürat'

Range=[0 100]

NumMFs=3

MF1='kötü': 'trapmf', [-6 0 74 80]

MF2='orta': 'trimf', [70 77.5 85]

MF3='iyi': 'trapmf', [81 85 95 105]

[Input3]

Name='makina'

Range=[0 100]

NumMFs=3

MF1='kötü': 'trapmf', [-6 0 74 80]

MF2='orta': 'trimf', [70 77.5 85]

MF3='iyi': 'trapmf', [81 85 95 105]

[Input4]

Name='komutakontrol'

Range=[0 100]

NumMFs=3

MF1='kötü': 'trapmf', [-6 0 84 90]

MF2='orta': 'trimf', [80 87.5 95]

MF3='iyi': 'trimf', [91 95 105]

[Input5]

Name='hsh'

Range=[0 100]

NumMFs=3

MF1='kötü':trapmf,[-6 0 84 90]

MF2='orta':trimf,[80 87.5 95]

MF3='iyi':trimf,[91 95 105]

[Input6]

Name='dsh'

Range=[0 100]

NumMFs=3

MF1='kötü':trapmf,[-6 0 59 65]

MF2='orta':trimf,[55 65 75]

MF3='iyi':trapmf,[65 70 95 105]

[Input7]

Name='süh'

Range=[0 100]

NumMFs=3

MF1='kötü':trapmf,[-6 0 79 85]

MF2='orta':trimf,[75 85 95]

MF3='iyi':trimf,[90 95 105]

[Input8]

Name='sia'

Range=[0 100]

NumMFs=3

MF1='kötü': 'trapmf', [-6 0 84 90]

MF2='orta': 'trimf', [80 87.5 95]

MF3='iyi': 'trimf', [91 95 105]

[Input9]

Name='helo'

Range=[0 100]

NumMFs=3

MF1='kötü': 'trapmf', [-6 0 84 90]

MF2='orta': 'trimf', [80 87.5 95]

MF3='iyi': 'trimf', [91 95 105]

[Input10]

Name='uyum'

Range=[0 100]

NumMFs=3

MF1='kötü': 'trapmf', [-6 0 79 85]

MF2='orta': 'trimf', [75 85 95]

MF3='iyi': 'trimf', [85 95 105]

[Input11]

Name='genel'

Range=[0 100]

NumMFs=3

MF1='kötü': 'trapmf', [-6 0 79 85]

MF2='orta': 'trimf', [75 85 95]

MF3='iyi': 'trimf', [85 95 105]

[Output1]

Name='gemipuan'

Range=[0 10]

NumMFs=9

MF1='çok_kötü': 'trapmf', [0 0 1 2]

MF2='kötü': 'trimf', [1 2 3]

MF3='ortaaltı': 'trimf', [2 3 4]

MF4='ortayakin': 'trimf', [3 4 5]

MF5='orta': 'trimf', [4 5 6]

MF6='ortaustu': 'trimf', [5 6 7]

MF7='iyyakin': 'trimf', [6 7 8]

MF8='iyi': 'trimf', [7 8 9]

MF9='çokiyi': 'trapmf', [8 9 10 10]

[Rules]

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1, 1 (1) : 2

3 3 3 3 3 3 2 3 3 2 2, 8 (1) : 2

3 3 3 3 3 3 1 3 3 1 1, 7 (1) : 2

23322332233, 8(1):2
 23322322222, 7(1):2
 23322312211, 6(1):2
 13311331133, 7(1):2
 13311321122, 6(1):2
 13311311111, 5(1):2
 33333233333, 8(1):2
 33333223322, 7(1):2
 33333213311, 6(1):2
 23322212211, 5(1):2
 23322222222, 6(1):2
 23322232233, 7(1):2
 13311231133, 6(1):2
 13311221122, 5(1):2
 13311211111, 4(1):2
 32233233333, 7(1):2
 32233223322, 6(1):2
 32233213311, 5(1):2
 22222212211, 4(1):2
 22222222222, 5(1):2
 22222232233, 6(1):2
 12211231133, 5(1):2
 12211221122, 4(1):2
 12211211111, 3(1):2

3 2 2 3 3 1 3 3 3 3, 6 (1): 2

3 2 2 3 3 1 2 3 3 2 2, 5 (1): 2

3 2 2 3 3 1 1 3 3 1 1, 4 (1): 2

2 2 2 2 2 1 1 2 2 1 1, 3 (1): 2

2 2 2 2 2 1 2 2 2 2, 4 (1): 2

2 2 2 2 2 1 3 2 2 3 3, 5 (1): 2

1 2 2 1 1 1 3 1 1 3 3, 5 (1): 2

1 2 2 1 1 1 2 1 1 2 2, 3 (1): 2

1 2 2 1 1 1 1 1 1 1, 2 (1): 2

3 1 1 3 3 1 3 3 3 3, 5 (1): 2

3 1 1 3 3 1 2 3 3 2 2, 4 (1): 2

2 1 1 2 2 1 1 2 2 1 1, 2 (1): 2

2 1 1 2 2 1 2 2 2 2, 3 (1): 2

2 1 1 2 2 1 3 2 2 3 3, 4 (1): 2

1 1 1 1 1 1 2 1 1 2 2, 2 (1): 2

1 1 1 1 1 1 1 1 1 1, 1 (1): 2

3 3 3 3 3 3 3 3 3 3, 9 (1): 2

1 1 1 1 1 3 1 1 1 1, 2 (1): 2

1 1 1 1 1 2 1 1 1 1, 2 (1): 2

1 1 1 1 1 2 1 1 1 2, 3 (1): 2

1 1 1 1 1 2 1 1 1 3, 4 (1): 2

2 1 1 2 2 2 1 2 2 1 1, 3 (1): 2

2 1 1 2 2 2 1 2 2 2, 4 (1): 2

2 1 1 2 2 2 1 2 2 3 3, 5 (1): 2

3 1 1 3 3 2 1 3 3 3 3, 6(1): 2

3 1 1 3 3 2 1 3 3 2 2, 5(1): 2

3 1 1 3 3 2 1 3 3 1 1, 4(1): 2

1 1 1 1 1 3 1 1 1 1 1, 3(1): 2

1 1 1 1 1 3 1 1 1 2 2, 4(1): 2

1 1 1 1 1 3 1 1 1 3 3, 5(1): 2

2 1 1 2 2 3 1 2 2 3 3, 6(1): 2

2 1 1 2 2 3 1 2 2 2 2, 5(1): 2

2 1 1 2 2 3 1 2 2 1 1, 4(1): 2

3 1 1 3 3 3 1 3 3 1 1, 5(1): 2

3 1 1 3 3 3 1 3 3 2 2, 6(1): 2

3 1 1 3 3 3 1 3 3 3 3, 7(1): 2

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi 20.02.1977

Lise 1990-1994 Deniz Lisesi

Lisans 1994-1998 Deniz Harp Okulu

Gemi İnş. ve Gemi Mak. Müh. Bölümü

Yüksek Lisans 2000-2004 Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Gemi İnşaatı Mühendisliği Anabilim Dalı

Çalıştığı Yerler

1998-2003 TCG BARBAROS Komutanlığı

2003- TCG KEMALREİS Komutanlığı

