



ÖMÜR DEVRİ YÖNETİMİ İÇİN JENERİK BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ
OLUŞTURULMASI; İNSANSIZ HAVA ARACINDA BİR UYGULAMA

TÜRK HAVA KURUMU ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

AYHAN UÇAN

İŞLETME ANABİLİM DALI
İŞLETME PROGRAMI
DOKTORA TEZİ

EYLÜL 2021

Türk Hava Kurumu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Doktora öğrencisi, “Ayhan UÇAN”, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirerek hazırladığı “Ömür Devri Yönetimi İçin Jenerik Bir Karar Destek Sistemi Oluşturulması; İnsansız Hava Aracında Bir Uygulama” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Dursun BİNGÖL Kabul Red
Türk Hava Kurumu Üniversitesi _____

Jüri Üyeleri : Doç. Dr. G.Arzu AKYÜZ Kabul Red
Türk Hava Kurumu Üniversitesi _____

: Doç. Dr. Dursun BALKAN Kabul Red
Türk Hava Kurumu Üniversitesi _____

: Doç. Dr. Ayşe YILDIZ Kabul Red
Hacı Bayram Veli Üniversitesi _____

: Doç. Dr. Yunus Gökmen Kabul Red
Milli Savunma Üniversitesi _____

Tez Savunma Tarihi: 06 Eylül 2021

ONAY
Dr. Öğretim Üyesi Adnan GÜZEL
Enstitü Müdürü
...../.....2021

Prof. Dr. Dursun BİNGÖL danışmanlığında “Ömür Devri Yönetimi İçin Jenerik Bir Karar Destek Sistemi Oluşturulması; İnsansız Hava Aracında Bir Uygulama” adlı doktora tezindeki bütün bilgilerin akademik kurallara ve etik davranış ilkelerine uygun olarak toplanıp sunulduğunu, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

Tarih :

Adı Soyadı : Ayhan UÇAN

İmza :

ÖZET

ÖMÜR DEVRİ YÖNETİMİ İÇİN JENERİK BİR KARAR DESTEK SİSTEMİ OLUŞTURULMASI; İNSANSIZ HAVA ARACINDA BİR UYGULAMA

UÇAN, Ayhan

Doktora, İşletme Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Dursun BİNGÖL

Eylül 2021, 228 sayfa

Lojistik destek kararlarının alınmasında karar vericiler, ilgili sistemin saha verileri başta olmak üzere sisteme ait operasyon gereksinimleri, çevresel şartları gibi onlarca kritik veriyi göz önünde bulundurmaktadırlar. Bu yönüyle lojistik destek ile ilgili karar verme süreçleri, farklı amaçları olan çok sayıda karar vericiler ve süreç girdileri olan karmaşık bir yapı içermektedir. Bunun yanında sistem çeşitliliğinin ve miktarının da arttığı göz önünde bulundurulduğunda tüm bu verilerin manuel olarak kontrol edilmesi ve karar alınması zorlaşmaktadır. Tüm bu nedenlerle değişik kademelerdeki karar vericiler, lojistik destek problemlerini yönetmek için yetki düzeylerine uygun bir araca ihtiyaç duymaktadırlar.

Bu çalışmada, yukarıda açıklanan zafiyetlerin giderilmesi ve karar vericilere yardımcı olmak amacıyla bulanık mantık yaklaşımı kullanılarak Ömür Devri Karar Destek Sistemi (ÖDKDS) geliştirilmiştir. ÖDKDS'nin oluşturulmasında, sistem ömür devri safhaları bütüncül bir şekilde ele alınmış ve bu süreçlere ait parametreler, değişkenler ve kısıtlar arasında ilişkiler kurulmaya çalışılmıştır. İhtiyaç duyulan veriler, Delphi tekniği kullanılarak alan uzmanlarından toplanmıştır. Geliştirilen ÖDKDS, jenerik olarak oluşturulan ARI-İHA'ların saha verileri kullanılarak Matlab programında uygulanmıştır.

Çalışma sonuçları, bulanık mantık yöntemi kullanılarak geliştirilen ÖDKDS'nin sistem ömür devri ile ilgili kararların alınmasında başarılı olduğunu ve bu alanda güvenle kullanılabileceğini göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında oluşturulan ÖDKDS'nin, literatürdeki bu eksikliği tamamlayacağı ve geliştirilecek bir bilgisayar programı ile lojistik destek alanındaki

paydaşlara önemli derecede destek sağlayacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ömür devri yönetimi, entegre lojistik destek, karar destek modülü, bulanık mantık, ELD, KDS.



ABSTRACT

DEVELOPING A GENERIC DECISION SUPPORT SYSTEM FOR LIFE CYCLE MANAGEMENT; AN APPLICATION IN UNMANNED AERIAL VEHICLE.

UÇAN, Ayhan

Ph. D., Department of Management

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Dursun BİNGÖL

Eylül 2021, 228 pages

In making logistics support decisions, decision makers consider dozens of critical data such as the operational requirements of the system, environmental conditions, especially the field data of the relevant system. In this respect, decision-making processes related to logistics support include a complex structure with many decision makers different objectives and process inputs. In addition, considering that the diversity and amount of systems have increased, it becomes difficult to manually control all these data and make decisions. For all these reasons, decision makers at different levels need a tool suitable for their level of authority to manage logistics support problems.

In this study, a Life Cycle Decision Support System (LCDSS) was developed by using fuzzy logic approach in order to eliminate the vulnerabilities explained above and to assist decision makers. In creation of the LCDSS, system life cycle phases were handled holistically and relationships were established between parameters, variables and constraints of these processes. The required data were collected from field experts using the Delphi technique. The developed LCDSS was implemented in the Matlab program using the field data of the generically created ARI-UAVs.

The results of the study show that the LCDSS developed using fuzzy logic method, is quite successful in taking decisions about the system life cycle and can be used safely in this area.

It is foreseen that the LCDSS created within the scope of this study will fill the gap in the literature and will provide significant support to the stakeholders in the field of logistics support with a computer program to be developed.

Keywords: Life cycle management, integrated logistics support, decision support system, fuzzy logic, ILS, DSS.



İTHAF

Çalışmamın her aşamasında desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Dursun BİNGÖL'e, yönlendirici bilgilerinden dolayı Doç.Dr. Arzu AKYÜZ ve Doç.Dr.Yunus GÖKMEN'e teşekkür ederim.

Ayrıca, tez çalışmam süresince hoşgörü ve anlayışını esirgemeyen sevgili can yoldaşım Meral UÇAN'a ve çocuklarım Kutay ve Berkay'a şükranlarımı sunarım.

AYHAN UÇAN

ÖNSÖZ

Teknolojik altyapısı ve mali değeri çok yüksek, stratejik öneme haiz araç, silah gibi sistemlerin ömür devri devamlılığının sağlanmasında ve operasyonel başarılarının arttırılmasında lojistik destek kararlarının etkisi büyüktür. Lojistik destek kararları, sisteme ait saha verileri başta olmak üzere operasyonel gereksinimler, çevresel şartlar, tasarım verileri gibi bir çok faktörler göz önünde bulundurularak alınmaktadır. Envanterdeki sistem çeşitliliğinin ve miktarının artması, tüm bu verilerin manuel olarak kontrol edilmesini ve uygun kararların alınmasını zorlaştırmaktadır. Yetersiz ve hatalı lojistik destek kararları, sistem üzerinde ve dolayısıyla operasyonların başarısında telafisi mümkün olmayan sıkıntılar çıkartabilmektedir.

Bu çalışmada, yukarıda açıklanan zafiyetleri gidermek ve sistem ömür devri yönetimi ile ilgili taktik ve stratejik seviye lojistik destek faaliyetlerinin yönetilmesine katkı sağlamak amacıyla bulanık mantık tabanlı Ömür Devri Karar Destek Sistemi (ÖDKDS) geliştirilmiştir. İhtiyaç duyulan veriler, Delphi tekniği kullanılarak alan uzmanlarından toplanmıştır. Oluşturulan ÖDKDS, jenerik olarak oluşturulan ARI-İHA'ların saha verileri kullanılarak Matlab programında çalıştırılmıştır.

Oluşturulan ÖDKDS'nin, sistem ömür devri sürecinin daha kolay yönetilmesine ve etkin lojistik destek kararlarının alınmasına yönelik altyapı oluşturacağı ve geliştirilecek bir bilgisayar programı ile karar vericilere önemli derecede destek sağlayacağı öngörülmektedir.

AYHAN UÇAN

İÇİNDEKİLER

ÖZET	v
ABSTRACT	vii
İTHAF	ix
ÖNSÖZ	x
İÇİNDEKİLER	xi
TABLO LİSTESİ	xiv
KISALTMALAR	xx
BÖLÜM 1	1
1. GİRİŞ	1
2 KAVRAMSAL ÇERÇEVE	9
2.1 Sistem Ömür Devri Yönetimi	9
2.2 Entegre Lojistik Destek	15
2.2.1 ELD Elemanları	20
2.2.2 Sistem Ömür Devri Safhalarında İcra Edilen ELD Faaliyetleri	23
2.2.3 Lojistik Destek Analizi	27
2.2.4 Lojistik Destek Analizinin Tarihçesi ve Gelişimi	31
2.2.5 LDA Stratejisi	34
2.2.6 LDA Program Planı	35
2.2.7 LDA ile Tasarım İlişkisi	36
2.2.8 LDA Aktiviteleri ve Temel LDA Süreci	37
2.2.9 Güvenilirlik Analizi	38
2.2.10 Hazır Olma (Availability) Analizi	41
2.2.11 Ömür Devri Maliyet Analizi	46
2.3 İnsansız Hava Aracı (İHA)	48
2.3.1 İHA Tanımı ve Tarihi Gelişimi	48
2.3.2 İHA'ların Sınıflandırılması	50
2.4 Karar Destek Sistemi	52
2.4.1 Bilgi Sistemleri	52
2.4.2 Karar Destek Sistemi	53
2.4.3 KDS'nin Özellikleri	54

2.4.4	KDS'nin Kullanım Alanları	54
2.4.5	KDS'nin Faydaları	55
2.4.6	KDS'nin Zafiyetleri.....	55
2.4.7	KDS Türleri.....	56
2.4.8	KDS Bileşenleri.....	57
2.4.9	KDS Model Tabanının Oluşturulmasında Kullanılan Teknikler	58
2.4.10	Bulanık Mantık Modelleme.....	59
2.4.11	Bulanık Sistem Oluşturma.....	62
2.4.12	Girdi.....	62
2.4.13	Bulanıklaştırıcı	62
2.4.14	Bulanık Çıkarım Motoru / Mekanizması.....	67
2.4.15	Durulaştırma.....	71
3	LİTERATÜR TARAMASI.....	75
3.1	Ömür Devri Yönetimi ve ELD ile İlgili Yapılan Çalışmalar	79
3.2	İnsansız Hava Aracı ile İlgili Yapılan Çalışmalar	97
3.3	Karar Destek Sistemi ile İlgili Yapılan Çalışmalar	104
4	YÖNTEM.....	131
4.1	Araştırmanın Modeli	131
4.2	Araştırmanın Varsayımları ve Sınırlılıkları.....	147
4.2.1	Çalışmanın Varsayımları	147
4.2.2	Çalışmanın Sınırlılıkları	148
4.3	Veri Toplama Teknik ve Araçları.....	149
4.4	Verilerin Analizi.....	152
4.5	Veri Tutarlılığının Sağlanması	156
4.6	ÖDKDS'nin Doğrulanması	156
5	ÖDKDS OLUŞTURMA VE İHA UYGULAMASI	159
5.1	Jenerik İHA Tasarımı	159
5.1.1.	ARI İnsansız Hava Aracı (İHA) Tanıtımı	159
5.1.2	ARI İHA'ların Görev Profili	161
5.1.3	ARI İHA Tasarım Verileri	162
5.1.4	ARI İHA Lojistik Destek Konsepti	163
5.1.5	ARI İHA Lojistik Destek Saha Verileri	164

5.2 İHA Uygulama Veri Setlerinin Oluşturulması.....	165
5.2.1. KDS Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Bulanıklaştırılması	167
5.2.2. Bulanık Mantık Algoritmalarının ve Kuralların Oluşturulması.....	179
5.3 ÖDKDS’de İHA Uygulaması	187
5.4 ÖDKDS’nin Doğrulanması.....	194
BÖLÜM 6	199
6 SONUÇ VE ÖNERİLER	199
6.1 Sonuç.....	199
6.2 Öneriler	202
KAYNAKLAR	203
EKLER.....	225
Ek-A: Anket	225

TABLO LİSTESİ

TABLO

Tablo 1.1: Çalışmada cevaplanan araştırma soruları.	3
Tablo 2.1: Sistem ömür devri safhaları.	10
Tablo 2.2: Sistem ömür devri safhalarında yapılan faaliyetler.	11
Tablo 2.3: ELD tanımları.	17
Tablo 2.4: ELD elemanları.	21
Tablo 2.5: Sistem ömür devri safhalarında icra edilen ELD faaliyetleri.	24
Tablo 2.6: Geliştirme safhasında icra edilen LDA listesi.	31
Tablo 2.7: Lojistik destek analizleri süreçlerinde kullanılan standartlar.	32
Tablo 2.8: LDA'ları çıktılarının kullanım alanları.	34
Tablo 2.9: Arıza dağılımları ile ilgili fonksiyonlar.	39
Tablo 2.10: Sistem hazır olmama durumları.	43
Tablo 2.11: Sistem/ürün ömür devri maliyet detayı.	46
Tablo 2.12: İHA Sistemlerin askeri ve sivil kullanım alanları.	49
Tablo 2.13: İHA'ların performans özelliklerine ve motor yapısına göre sınıflandırılması.	51
Tablo 2.14: Türkiye'de geliştirilen İHA'ların bazı teknik özellikleri.	52
Tablo 2.15: Karar destek modelleri.	56
Tablo 2.16: Karar destek sistemi model tabanının oluşturulmasında kullanılan teknikler.	59
Tablo 2.17: Üyelik fonksiyon türleri.	65
Tablo 2.18: Bulanık küme işlemleri.	68
Tablo 2.19: Bulanık sayılarda cebirsel işlemler.	69
Tablo 2.20: Çıkarım yöntemleri.	70
Tablo 2.21: Durulaştırma yöntemleri.	72
Tablo 3.1: Literatür inceleme özeti.	75
Tablo 3.2: İncelenen lisansüstü tezlerin özet tablosu.	78
Tablo 3.3: Ömür devri yönetimi ve ELD ile ilgili taksonomik literatür tarama tablosu.	82

Tablo 3.4: İnsansız hava araçları ile ilgili taksonomik literatür tarama tablosu.	98
Tablo 3.5: Lojistik alanındaki KDS ile ilgili taksonomik literatür tarama tablosu.	106
Tablo 4.1: ÖDKDS oluşturulmasına ait akış şeması.	133
Tablo 4.2: Bulanık kural tabanlı karar destek sistemi seçimleri.....	137
Tablo 4.3: ÖDKDS girdi değişkenlerini etkileyen lojistik destek faktörleri.	138
Tablo 4.4: Kritiklik seviyeleri listesi.	141
Tablo 4.5: Çıktı değişkenleri ve kritiklik seviyesine göre alınabilecek kararlar.	142
Tablo 4.6: Girdi ve çıktı değişkenleri üyelik fonksiyonlarına ait sayısal değerler.....	144
Tablo 4.7: Örnek çalışma için kurallar ve algoritma dizilimi.....	145
Tablo 4.8: Araştırma grubu belirleme kriterleri.	149
Tablo 4.9: Delphi yöntemi kullanarak veri toplama süreci detayları.	152
Tablo 4.10: Girdi değişkenleri üyelik fonksiyonlarının dilsel ve sayısal örnek gösterimi.....	153
Tablo 4.11: Çıktı değişkeni üyelik fonksiyonlarının dilsel ve sayısal örnek gösterimi.....	153
Tablo 4.12: Kural tabanı dizilimleri ve kritiklik değerleri örnek gösterimi.	154
Tablo 5.1: ARI İHA'nın teknik özellikleri.	160
Tablo 5.2: ARI İHA alt parça listesi.....	161
Tablo 5.3: ARI İHA tasarım verileri.....	163
Tablo 5.4: ARI İHA'ların 2019 yılı LDA sonuçları.	164
Tablo 5.5: Katılımcılara ilişkin frekanslar.....	165
Tablo 5.6: Girdi değişkenleri üyelik fonksiyonlarının sayısal değerleri ile ilgili uzman görüşleri.	168
Tablo 5.7: Çıktı değişkenleri üyelik fonksiyonlarının sayısal değerleri ile ilgili uzman görüşleri.	170
Tablo 5.8: KDS girdi değişkenleri kriter tablosu.....	171
Tablo 5.9: KDS çıktı değişkeni (kritiklik seviyesi) kriter tablosu.....	171
Tablo 5.10: Güvenilirlik değişkeni kriter detayları.	173

Tablo 5.11: Hazır olma değişkeni kriter detayları.	174
Tablo 5.12: Ömür devri süresi değişkeni kriter detayları.	175
Tablo 5.13: Yıllık mr devri maliyeti değişkeni kriter detayları.	177
Tablo 5.14: ıktı değişkeni (kritiklik seviyesi) kriter detayları.	178
Tablo 5.15: Kural dizinlerinin SPSS program ıktıları.	180
Tablo 5.16: Kurallar ve algoritma dizilimi ile ilgili uzman görüşleri.	181
Tablo 5.17: Algoritma dizilimi ve kurallar ile ilgili uzman personel görüşlerinin zeti.	184
Tablo 5.18: Girdi değişkenlerine karşılık gelen çıktı değerinin üç boyutlu grafikleri.	186
Tablo 5.19: ARI İHA'ların DKDS girdileri ve sonuçları.	187
Tablo 5.20: Alan uzman cevaplarının SPSS program ıktıları.	195
Tablo 5.21: DKDS geçerlilik değerlendirme tablosu.	196
Tablo A.1: Girdi Değişkenlerine ait üyelik fonksiyonlarının sayısal değerleri.	226
Tablo A.2: ıktı değişkenlerine ait üyelik fonksiyonlarının sayısal değerleri.	226
Tablo A.3: Kural dizinlerinin kritiklik seviyeleri.	227

ŞEKİL LİSTESİ

ŞEKİL

Şekil 1.1: Sistem ömür devri, ELD ve İHA arasındaki ilişki.....	5
Şekil 1.2: Oluşturulan ÖDKDS'nin genel yapısı.....	5
Şekil 2.1: Sistem ömür devri safhaları.....	11
Şekil 2.2: Sistem ömür devri safhaları ve süreleri.....	13
Şekil 2.3: Sistem Ömür Devri Maliyetinin Buz Dağı Modeli.....	14
Şekil 2.4: Ömür devri sürecinde alınan kararların gerçekleşen maliyet üzerindeki etkisi.....	14
Şekil 2.5: Ömür devri safhalarına göre ömür devri maliyetleri.....	16
Şekil 2.6: ELD yaklaşımları.....	19
Şekil 2.7: Sistem ömür devri ve ELD ilişkisi.....	20
Şekil 2.8: LDA'nın sistem tasarım ve ELD elemanları ilişkisi.....	29
Şekil 2.9: Ömür devri safhalarında yapılan ELD ve LDA faaliyetleri.....	30
Şekil 2.10: ELD veri tabanının oluşturulması.....	34
Şekil 2.11: Hata fonksiyonunun zamana göre değişimi.....	39
Şekil 2.12: Sistem güvenilirliği modelleme teknikleri.....	41
Şekil 2.13: Sistem hazır olma kısıtları.....	42
Şekil 2.14: Sistem hazır olma durumu.....	42
Şekil 2.15: Kullanıcı gereksinimlerinin etkileri.....	45
Şekil 2.16: Maliyet etkinlik ile sistem performansı ilişkisi.....	47
Şekil 2.17: KDS bileşenleri.....	57
Şekil 2.18: Klasik küme gösterimi.....	61
Şekil 2.19: Bulanık küme gösterimi.....	61
Şekil 2.20: Karar destek sistemi ve bulanık mantık yapısı.....	62
Şekil 2.21: Üyelik fonksiyonu gösterimi.....	63
Şekil 2.22: Bulanık küme özellikleri.....	64
Şekil 3.1: İncelenen çalışmaların alanlara göre sayısal ve oransal dağılımı.....	77
Şekil 3.2: İncelenen çalışmaların alanlara ve türüne göre sayısal dağılımı.....	77
Şekil 3.3: İncelenen çalışmaların türüne göre sayısal ve oransal dağılımı.....	78
Şekil 3.4: Lisansüstü tezlerin doktora ve yüksek lisans seviyelerine göre dağılımları.....	79
Şekil 3.5: Lisansüstü tezlerin çalışma alanlarına göre dağılımları.....	79

Şekil 3.6: ÖDY ile ilgili taksonomik literatür tarama tablosuna eklenen çalışmaların dağılımı.....	80
Şekil 3.7: ÖDY, ELD ve Lojistik alanlarında yapılan lisansüstü tezlerin konularına göre dağılımı.....	80
Şekil 3.8: Lisansüstü tezlerin çalışma alanlarına göre oransal dağılımı.....	81
Şekil 3.9: İHA ile ilgili taksonomik literatür tablosuna eklenen çalışmaların dağılımı.....	97
Şekil 3.10: KDS ile ilgili taksonometrik literatür tablosuna eklenen çalışmaların dağılımı.....	104
Şekil 3.11: KDS alanında yapılan çalışmaların lisansüstü seviyelerine göre dağılımı.....	105
Şekil 3.12: KDS alanında yapılan tezlerin çalışma alanlarına göre dağılımı.....	127
Şekil 3.13: Bulanık mantık kullanılan çalışmaların lisansüstü seviyelerine göre dağılımı.....	127
Şekil 3.14: Bulanık mantık ile ilgili lisansüstü tezlerin çalışma alanlarına göre dağılımı.....	128
Şekil 4.1: İHA, ELD ve sistem ömür devri ilişkisi.....	131
Şekil 4.2: Çalışmanın modeli ve ÖDKDS çalışma akış diyagramı.....	135
Şekil 4.3: Lojistik destek analiz süreci.....	135
Şekil 4.4: ÖDKDS girdi ve çıktı değişkenleri.....	136
Şekil 4.5: ÖDKDS girdi değişkenlerinin birbirleri ile etkileşimi.....	140
Şekil 4.6: Girdi ve çıktı değişkenlerinin bulanıklaştırılması.....	145
Şekil 4.7: Girdi değişkenlerine karşılık gelen çıktı değerinin üç boyutlu grafiği.....	146
Şekil 4.8: MATLAB fuzzy logic toolbox modülünün rule viewer penceresi.....	146
Şekil 4.9: Kritiklik seviyesinin, çıktı değişkeni grafiği üzerinde gösterimi.....	147
Şekil 4.10: Delphi tekniği uygulama adımları.....	150
Şekil 4.11: Kritiklik seviyesinin belirlenmesine yönelik örnek analiz istatistik çıktısı.....	155
Şekil 4.12: Kritiklik seviyesinin belirlenmesine yönelik örnek analiz grafik çıktısı.....	155
Şekil 5.1: ARI İHA ve parçalarının görüntüsü.....	160
Şekil 5.2: Katılımcıların çalışma alanlarına göre sayısal ve oransal dağılım grafikleri.....	166
Şekil 5.3: Katılımcıların çalışma yılları ile ilgili sayısal ve oransal dağılım grafikleri.....	166
Şekil 5.4: Mamdani modeli bulanık çıkarım sistemi gösterimi.....	172

Şekil 5.5: Güvenilirlik değişkeni üyelik fonksiyonu gösterimi.	173
Şekil 5.6: Hazır olma değişkeni üyelik fonksiyonu gösterimi.	174
Şekil 5.7: Ömür devri süresi değişkeni üyelik fonksiyonu gösterimi.	175
Şekil 5.8: Sistem ömür devri safhaları ve süreleri.	176
Şekil 5.9: Yıllık ömür devri maliyeti değişkeni üyelik fonksiyonu gösterimi.	177
Şekil 5.10: Çıktı değişkeni (kritiklik seviyesi) üyelik fonksiyonu gösterimi.	178
Şekil 5.11: Kritiklik seviyesi seçimlerinin sayısal ve oransal dağılımı.	183
Şekil 5.12: ÖDKDS kural tabanının MATLAB fuzzy logic toolbox gösterimi.	185
Şekil 5.13: MATLAB fuzzy logic toolbox veri giriş ekran gösterimi.	187
Şekil 5.14: ARI İHA-1'in çıktı değerine göre kritiklik seviyesinin tespit edilmesi.	188
Şekil 5.15: ARI İHA-5'in Matlab Fuzzy Logic Toolbox Rule Viewer görüntüsü.	189
Şekil 5.16: ARI İHA-3'ün çıktı değerine göre kritiklik seviyesinin tespit edilmesi.	190
Şekil 5.17: ARI İHA-3'ün Matlab Fuzzy Logic Toolbox Rule Viewer görüntüsü.	190
Şekil 5.18: ARI İHA-5'in çıktı değerine göre kritiklik seviyesinin tespit edilmesi.	191
Şekil 5.19: ARI İHA-5'in Matlab Fuzzy Logic Toolbox Rule Viewer görüntüsü.	192
Şekil 5.20: ARI İHA-5'in çıktı değerine göre kritiklik seviyesinin tespit edilmesi.	193
Şekil 5.21: ARI İHA-12'nin Matlab Fuzzy Logic Toolbox Rule Viewer görüntüsü.	193
Şekil 5.22: Geliştirilmesi öngörülen ÖDKDS programının taslak kullanıcı arayüzü.	194

KISALTMALAR

Türkçesi	İngilizcesi	Açıklaması
AAOS	MTBF	Arızalar Arası Ortalama Süre
AIA	AIA	Aerospace Industry Association of America
ASD	ASD	Aerospace and Defence Industries Association of Europe
	COPRAS	Karmaşık Nisbi Değerlendirme (COMplex PROportional ASsesment)
	DEMATEL	The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
ELD	ILS	Entegre Lojistik Destek
ELDP	ILSP	Entegre Lojistik Destek Planı
EÜE	IPT	Entegre Ürün Ekibi
	FRACAS	Arıza Raporlama, Analiz ve Düzeltici İşlem Sistemi
HTEA	FMEA	Hata Türleri Etkileri Analizi
HTEKA	FMECA	Hata Türleri Etkileri ve Kritiklik Analizi
İHA	UAV	İnsansız Hava Aracı
SİHA	AUAV	Silahlı İnsansız Hava Aracı
LDA	LSA	Lojistik Destek Analizi
LDAP	LSAP	Lojistik Destek Analizi Planı
OSA	LORA	Onarım Seviyesi Analizi
	RAM&T	Güvenilirlik, Hazır Olma, Bakım Yapılabilirlik, Test Edilebilirlik
	MTBF	İki Hata Arasındaki Ortalama Süre
NATO	NATO	North Atlantic Treaty Organization
OOS	MTTR	Ortalama Onarım Süresi
ÖDM	LCC	Ömür Devri Maliyetleri
ÖDKDS	LCDSS	Ömür Devri Karar Destek Sistemi
PEDU	PHS&T	Paketleme Elleçleme Dağıtım Ulaştırma
	TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
	TODIM	Tomada de Decisão Interativa e Multicritério
	VIKOR	Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm

BÖLÜM 1

1. GİRİŞ

Savunma, havacılık ve uzay sektörlerinde kullanılan araç, silah ve malzeme maliyetlerindeki artış, yüksek görev performansı ve uzun kullanım ömür beklentisi, son zamanlarda Ömür Devri Yönetimi (ÖDY) ve Entegre Lojistik Destek (ELD) kavramlarını ön plana çıkartmıştır. Özellikle NATO ve NASA gibi kuruluşlar, sistem ömür devri süresini uzatmaya, sistem performansını arttırmaya ve aynı zamanda ömür devri maliyetini düşürmeye yönelik önemli çalışmalar yaptığı görülmektedir (NASA, 2007; NATO Logistics Handbook, 2012; NATO/AAP-48, 2013; NATO/AAP-20, 2015).

Ömür devri, ihtiyaç duyulan bir yeteneğin fikren ortaya atılması ile başlayan ve ürün haline dönüştürülerek envantere alınması ile devam eden ve kullanılmasından sonra envanter dışına çıkarılması ile sonuçlanan süreçtir. Sistem ömür devri yönetiminin temel amacı; performans, maliyet, takvim, kalite, operasyonel çevre, entegre lojistik destek ve demodelik gibi faktörleri göz önünde bulundurarak ömür devri boyunca sistem kabiliyetlerinin optimizasyonunu sağlamaktır (NATO/AAP-20, 2012:5-9; NATO/AAP-48, 2013:7-9).

Ömür devri süresince, sistemlerin görevlerini hedeflenen performanslarda ve planlanan maliyet çerçevesinde başarabilmesi, etkin bir lojistik destek stratejisi ile mümkün olabilmektedir. Sistemlerin idamesi için ihtiyaç duyulan bu lojistik desteğin; ömür devrinin ilk safhalarından itibaren tasarlanıp geliştirilmesi, tedariği, konuşlandırılması, işletilmesi, desteklenmesi ve kullanımının sonlandırılması gibi süreçler ELD kapsamında planlanıp uygulanmaktadır (NATO/ALP-10, 2011). Bu açıdan bakıldığında; ELD uygulaması ile sistem ömür devri süresi, sistem performansı ve ömür devri maliyeti arasında doğru yönlü bir ilişki bulunmaktadır. ELD'nin başarı ile uygulandığı NATO, NASA, TSK gibi kurum ve kuruluşlarda, envanterlerindeki sistemlerin kullanım ömürlerinin arttığı, görev performanslarının yükseldiği, lojistik

destek ihtiyaçlarının azaldığı ve dolayısıyla sahip olma maliyetlerinin önemli derecede düştüğü gözlemlenmektedir.

Ömür devri kapsamında oluşturulan veri tabanlarına, sistemlere ait tasarım, performans, kullanım, bakım, tedarik gibi bir çok ELD verileri kaydedilmektedir. Tüm bu veriler sistemlere dönük detay bilgiler sağlamaktadır. Karar vericiler, manuel olarak tüm bu veriler arasında neden sonuç ilişkisi kurarak, sistemin zaafiyetlerini belirlemeye ve sistemin iyileştirilmesine yönelik çözüm alternatifleri geliştirmeye çalışmaktadırlar. Sistem çeşitliliğinin ve miktarının da arttığı göz önünde bulundurulduğunda tüm bu verilerin manuel olarak kontrol edilmesi ve karar alınması zorlaşmaktadır. Ayrıca lojistik destek ile ilgili karar verme süreçleri, farklı amaçları olan çok sayıda karar vericiler ve süreç girdileri olan karmaşık bir yapı içermektedir. Karar vericiler, birçok teknik girdiler hakkında yeterli bilgi sahibi olmayabilirler yada bunları analiz yapmaya ve modellemeye yeterli zamanları bulunmayabilirler.

Tüm bu şartlar altında alınacak yetersiz ve hatalı lojistik destek kararları, sistem üzerinde ve dolayısıyla operasyonların başarısında telafisi mümkün olmayan sıkıntılar çıkartabilmektedir.

Yukarıda sıralanan zaafiyetleri giderecek ve değişik kademelerdeki karar vericilere yetki düzeylerine göre destek sağlayacak bir araca ihtiyaç duyulmaktadır.

Yapılan literatür taramasında, tedarik zinciri, ulaştırma, araç rotalama, filo yönetimi, bakım yönetimi gibi lojistik alanların optimizasyonu konularında karar destek sistemlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar görülmüştür. Ancak bahse konu ELD verileri arasında neden sonuç ilişkisi kurarak, sistemin zaafiyetlerini ortaya koyacak ve sistemin iyileştirilmesine yönelik çözüm alternatifleri sunabilecek bir karar destek sistemini doğrudan konu alan bir araştırmaya ulaşılammıştır. Bu açıdan bu tezin özgün bir çalışma olduğu değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada cevaplanan araştırma soruları her bölüme göre Tablo 1.1'de verilmiştir.

Tablo 1.1: Çalışmada cevaplanan araştırma soruları

Bölüm Nu.	Bölümün Adı	Cevaplanan Sorular
	Giriş	<ul style="list-style-type: none"> - Çalışmada çözümlenmesi planlanan problemler nelerdir? - Çalışmanın amacı ve önemi nelerdir? - Çalışmanın literatür ve ilgili paydaşlara katkıları neler olacaktır?
Bölüm-1	Kavramsal Tasarım	<ul style="list-style-type: none"> 1.1 Ömür devri yönetimi ne demektir ve kapsamı nelerdir? 1.2 ELD ne demektir ve kapsamı nelerdir? Ömür devri yönetimi ile ELD arasındaki ilişki nedir? 1.3 İHA nedir, kullanım alanları ve çeşitleri nelerdir? 1.4 KDS nedir ve KDS çeşitleri nelerdir, KDS nasıl oluşturulur?
Bölüm-2	Literatür Taraması	<ul style="list-style-type: none"> 2. ÖDY ve ELD ile ilgili literatürdeki çalışmalar nelerdir? Bu çalışmalarda kullanılan yaklaşımlar ve modeller nelerdir? 2.2 İHA ile ilgili literatürdeki çalışmalar nelerdir? Bu çalışmalarda kullanılan yaklaşımlar ve modeller nelerdir? 3.3 KDS ile ilgili literatürdeki çalışmalar nelerdir? Bu çalışmalarda kullanılan yaklaşımlar ve modeller nelerdir?
Bölüm-3	Yöntem	<ul style="list-style-type: none"> 3.1 ÖDKDS oluşturulmasında kullanılan model nedir ve model nasıl geliştirilmiştir? 3.2 Çalışmanın varsayımları ve sınırlılıkları nelerdir? 3.3 Verilerin toplanmasında hangi veri toplama aracı kullanılmıştır ve veriler nasıl toplanmıştır? 3.4 Toplanan verilerin tutarlılığını arttırmak için neler yapılmıştır. 3.5 ÖDKDS'nin doğrulanması nasıl yapılmıştır?
Bölüm-4	ÖDKDS Oluşturma ve Uygulama	<ul style="list-style-type: none"> 4.1 Çalışmada kullanılan jenerik ARI İHA ve bu İHA'ların saha verileri nasıl oluşturulmuştur. 4.2 Alan uzmanlarından toplanan veriler nelerdir? 4.3 Bulantik mantık model tabanı nasıl oluşturulmuştur? 4.4 Oluşturulan ÖDKDS uygulama sonuçları nelerdir?
Bölüm-5	Sonuç ve Öneriler	<ul style="list-style-type: none"> 5.1 Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar nelerdir? 5.2 Müttekip çalışmalar için öneriler nelerdir?

Bu çalışmanın amacı, yukarıda açıklanan zaafiyetlerin giderilmesine, literatürdeki bu boşluğun doldurulmasına ve ilişkili tüm paydaşlara operasyonel ve lojistik destek kararlarının alınmasında yardımcı olmaya yönelik bir Karar Destek Sistemi geliştirmektir.

Bu çalışma, literatürdeki bu boşluğu doldurması ve benzeri çalışmalara örnek teşkil etmesi açısından önem arz etmektedir. İlişkili tüm paydaşlara ömür devri yönetimi ile ilgili konularda karar destek hizmeti sunulabileceği değerlendirilmektedir. ÖDKDS kullanılarak;

- Operasyonel kararların daha doğru ve kolay alınabileceği,
- Sistem ömür devri süresinin uzayacağı ve ömür devri maliyetinin azalacağı,
- Sistem güvenilirlik ve hazır olma oranlarının yükseleceği,
- Sistemin operasyonel/kullanım etkinliğinin artacağı,
- Can ve mal kayıplarının azalacağı,
- Alınan çözüm kararlarının, sistem ömür devrine etkilerinin kolaylıkla kontrol edilebileceği öngörülmektedir.

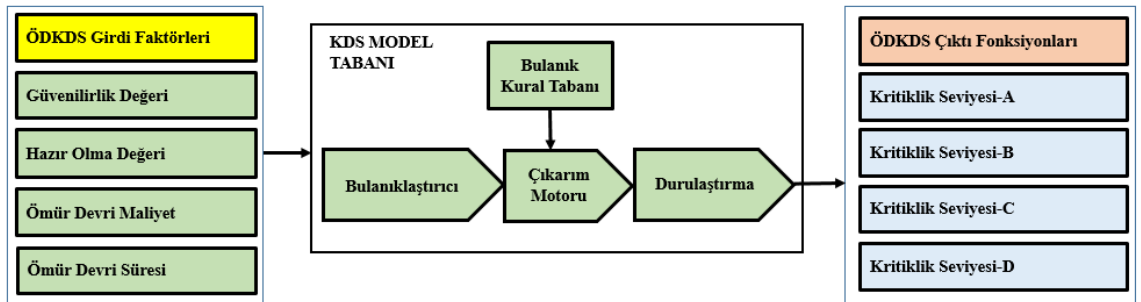
Bu çalışmada, Şekil 1.1’de gösterilen İHA-ÖDY-ELD kavramları arasındaki ilişkiden faydalanılmıştır. İHA’nın ömür devri ile ilgili ömür devri süresi, ömür devri maliyeti, performans, güvenilirlik değeri, hazır olma oranı gibi faktörler, İHA sistemine uygulanan ELD faaliyetleri ile doğrudan ilişkilidir. Örneğin desteklenebilir bir sistem tasarımı, sistemin güvenilirlik ve hazır olma oranları ile ömür devri süresini arttıracak ve ömür devri maliyetini düşürecektir. Tasarım faaliyetinin yanında, sahada uygulanan lojistik destek çözümlerinin etkinliği ile sistem ömür devri performansı arasında doğrudan ilişki vardır.



Şekil 1.1: Sistem ömür devri, ELD ve İHA arasındaki ilişki.

ÖDKDS'nin modellenmesinde, belirsizlik içeren durumlarda karar vermeyi sağlayan Bulanık Mantık Metodu (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003: 63-64) kullanılmıştır.

Oluşturulan karar destek modelinde, İHA sistemine ait “güvenilirlik”, “hazır olma”, “ömür devri süresi” ve “ömür devri maliyet” faktörleri Şekil 1.2’de görüldüğü üzere girdi değişkeni olarak kullanılmıştır. Tanımlanan girdi değişkenlerinin üyelik fonksiyon değerlerine göre KDS model tabanı “A”, “B”, “C” ve “D” kritiklik seviyelerinden birini çıktı olarak vermektedir. Modelin kurulması için ihtiyaç duyulan veriler, Delphi tekniği ile alan uzmanlarından toplanmıştır. ÖDKDS modelinin oluşturulması üçüncü bölümde detaylı olarak açıklanmıştır.



Şekil 1.2: Oluşturulan ÖDKDS'nin genel yapısı

Çalışma altı bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde giriş kısmı yer almaktadır. İkinci bölümde kavramsal çerçeve başlığı altında; tezin konusu ile direkt bağlantılı olduğu değerlendirilen ÖDY, İHA ve KDS alanları ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. ÖDY kapsamında; ömür devri ve ELD tanımlamaları yapılmış ve karar destek sisteminin oluşturulmasında kullanılan lojistik destek analizleri konusunda kısa bilgiler

verilmiştir. İHA'nın tanımı, kullanım alanı ve çeşitleri konusunda kısa tanımlamalar yapılmıştır. KDS kapsamında ise; karar destek sistemleri genel olarak tanımlanmış ve bulanık mantık kullanılarak KDS oluşturma hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Ayrıca bulanık kural modelinde kullanılan üyelik fonksiyonlarının oluşturulması, bulanıklaştırılması gibi temel konulardan bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde; ÖDY, İHA ve KDS alanlarında detaylı literatür araştırmalarına yer verilmiştir. ÖDY, İHA ve KDS alanlarında yapılmış yaklaşık 2403 adet çalışma incelenmiştir. İnceleme sonuçları tablolar ve grafikler halinde ikinci bölüm içerisinde sunulmuştur. İncelenen çalışmalardan tezin konusu ile bağlantılı olduğu değerlendirilen 191 adet çalışma, ÖDY, İHA ve KDS başlıkları altında taksonomik literatür tarama tablolarına eklenmiştir. Bu çalışmalardan 71 adedini makaleler, 8 adedini kitaplar, 8 adedini uluslararası standartlar, 7 adedini konferans bildirgeleri ve 100 adedini ise lisansüstü tezler oluşturmaktadır. Herbir çalışmada kullanılan yöntem ve model ayrı ayrı incelenerek taksonomik tarama tablosuna eklenmiştir.

Literatür incelemesi sonucunda; “Ömür Devri Karar Destek Sistemini” ve “İHA Ömür Devrini” doğrudan konu alan yurt içi ve yurt dışında bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu açıdan hazırlanan işbu tezin özgün bir çalışma olduğu, literatürdeki bu eksikliği dolduracağı ve lojistik alanında ilgili paydaşlara önemli derecede fayda sağlayacağı öngörülmektedir. Ayrıca bu çalışmanın gerçek hayat uygulamasının da olması, çalışmanın önemini arttırmaktadır.

Dördüncü bölümde, sistem ömür devri safhaları bütüncül ele alınarak ve bu süreçlere ait parametreler, değişkenler ve kısıtlar arasında ilişkiler kurularak özgün bir model geliştirilmiştir. Modelin oluşturulmasında bulanık mantık yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca çalışmanın evreni, örnekleme, veri toplama yöntemleri gibi konular bu bölümde tanımlanmıştır.

Beşinci bölümde, dördüncü bölümde geliştirilen model ve sistematik doğrultusunda bir saha çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda, Delphi tekniği ile alan uzmanlarının görüşleri alınarak ihtiyaç duyulan veriler toplanmıştır. Jenerik olarak oluşturulan ARI-İHA'ların saha verileri kullanılarak MATLAB fuzzy logic toolbox programında uygulama yapılmıştır. Oluşturulan ÖDKDS'nin geçerliliğinin tespiti için, jenerik

olarak oluşturulan 12 adet ARI-İHA'nın saha verilerine göre alınabilecek muhtemel bakım görevlerine yönelik alan uzmanlarının cevapları ile ÖDKDS'nin çıktıları karşılaştırılmıştır. Alan uzmanlarının görüşleri ile ÖDKD'nin çıktılarının yaklaşık %92 oranında örtüştüğü tespit edilmiştir. Bu çerçevede geliştirilen ÖDKDS'nin geçerliliğinin %92 olduğu söylenebilir.

Altıncı ve son bölümde ise sonuç ve öneriler ile ilgili bilgiler yer almaktadır.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen ÖDKDS ile, sistemlerin görev performansını etkileyen müşteri taleplerinden, saha verilerine kadar bir çok önemli faktör karar alma sürecine dahil edilmiştir. Özellikle muharebe/görev şartları hızla değişen ve envanterinde çok fazla sistem bulunduran birliklerin/firmaların lojistik destek kararları alırken gözden kaçırabilecekleri önemli detayların görüntülenmesi sağlanmıştır.

ÖDKDS, karar vermenin yanında, envanterdeki sistemlerin güvenilirlik, hazır olma, ömür devri süresi ve ömür devri maliyeti gibi bir çok faktörler ile ilgili tek bir sistem veya filo için anlık veri gösterebilecektir. Tüm bu bilgilerin operasyonel kararlar için yöneticilere zaman ve kaynak tasarrufu sağlayacağı öngörülmektedir.

ÖDKDS'nin gösterdiği veriler ve sunduğu lojistik destek kararları, yöneticiler/karar vericiler için öneri niteliğindedir. Nihai karar her zaman yöneticilere/karar vericilere aittir. ÖDKDS sayesinde, karar alma süreci kişisel yargılardan arındırılmış ve iş yükü azaltılmıştır. ÖDKDS, herhangi bir kamu kurumunun veya özel firmanın bilgi sistemine adapte edilebilecek kabiliyette geliştirilmiştir.

Bu çalışma kapsamında oluşturulan ve MATLAB fuzzy logic toolbox programında çalıştırılan ÖDKDS'nin ticari uygulamasını yaygınlaştırarak paydaşlara yardımcı olmak amacıyla özel bir bilgisayar programı geliştirme çalışması devam etmektedir.



BÖLÜM 2

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde, Ömür Devri Karar Destek Sisteminin çatısını oluşturan Sistem Ömür Devri, Entegre Lojistik Destek, İnsansız Hava Aracı ve Karar Destek Sistemi kavramları özet olarak anlatılmıştır. Müteakibinde ise bu alanlarda literatür taraması yapılmış ve tezin konusu ile ilişkili olduğu değerlendirilen çalışmalar kullanılarak taksonomik literatür tarama tabloları oluşturulmuştur.

2.1 Sistem Ömür Devri Yönetimi

Sistem ömür devri, ihtiyaç duyulan bir yeteneğin fikren ortaya atılması ile başlayan ve ürün haline dönüştürülerek envantere alınması ile devan eden ve kullanılmasından sonra envanter dışına çıkarılması ile sonuçlanan süreçtir (NATO/AAP-20, 2012:5-9; NATO/AAP-48, 2013:7-9).

Sistem ömür devri yönetiminin temel amacı; performans, maliyet, takvim, kalite, operasyonel çevre, entegre lojistik destek ve demodelik gibi faktörleri göz önünde bulundurarak ömür devri boyunca sistem kabiliyetlerinin optimizasyonunu sağlamaktır (NATO/AAP-48, 2013:7-9). Zorlayıcı ve yüksek riskli çevresel şartlar; maliyet etkin olarak desteklenebilir, kompleks ve yüksek teknolojlili sistemler gerektirmektedir. Özellikle savunma amaçlı üretilen bu tür sistemlerin 40-50 yıl gibi çok uzun ömür devri süreleri vardır. (Lambert, 2008:1).

Günümüzün sistemleri; yazılım, donanım, alt sistemlerle entegrasyonu, diğer sistemlerle entegrasyonu gibi nedenlerle doğal olarak kompleks hale gelmiştir (Tetlay, 2010:1). Bu seviye bir komplekslik, sistem ömür devri sürecinde bir çok riskleri de arttırmaktadır (Jamil, vd., 2018:54).

Karmaşık sistemlerin tedarikinde, kullanımında ve elden çıkarılmasında karşılaşılabilecek riskleri azaltmak ve etkili bir yönetim sağlayabilmek amacıyla organizasyonlar tarafından değişik ömür devri modelleri geliştirilmiştir. Sistem ömür devri sürecinin daha etkin yönetilmesi, karar verme süreci ile ilgili risk ve belirsizliklerin asgariye indirilmesi için ömür devri safhalara bölünmüştür (NATO/AAP-20, 2012:5-9). Ömür devri sürecinin birbirini takip eden safhaları, ihtiyaç duyulan sistemin tedarik biçimine, ayrılan kaynağın miktarına ve sistemin karmaşıklık derecesine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Ömür devri yönetiminin etkinliği, her bir safhanın tam ve eksiksiz olarak gerçekleştirilmesine bağlıdır (Gn.Kur.Bşk.lığı, 2002:10). Sistem ömür devri modelleri, çeşitli standart ve rehberlerde Tablo 2.1’de görüldüğü gibi farklı safhalara ayrılmıştır (ISO/IEC, 2003; NASA, 2007; NATO/AAP-20, 2012; ASD ve AIA/SX000i, 2016).

Tablo 2.1: Sistem ömür devri safhaları

AAP-20	İngiltere Savunma Bakanlığı	ABD Savunma Bakanlığı	SX000i	NASA Systems Engineering Handbook	ISO/IEC 19760 Systems Engineering
Ön Konsept	Konsept	Sistem Çözümü Analizi	Hazırlık	Konsept Çalışmaları	Konsept
Konsept	Değerlendirme	Teknoloji Geliştirme		Konsept ve Teknoloji Geliştirme	
Geliştirme	Gösterim	Mühendislik ve Üretim Geliştirme	Geliştirme	İlk Tasarım ve Teknoloji Son Tasarım	Geliştirme
Üretim	Üretim	Üretim ve Konuşlanma	Üretim	Son Tasarım ve Üretim Sistem Montajı, Entegrasyon ve Test, Kullanıma Alma	Üretim
Kullanım Destek	Kullanım	Operasyon ve Destek	Kullanım	Operasyon ve Sürdürülebilirlik	Kullanım
Envanterden Çıkarma					Envanterden Çıkarma

Farklı standart ve rehber dokümanlarda tanımlanan Sistem Ömür Devri Safhaları amaç ve kapsam olarak birbirlerine benzerlik göstermekle birlikte, yaygın olarak Şekil 2.1’de gösterilen yedi safhaya ayrılmış ömür devri modeli kullanılmaktadır.



Şekil 2.1: Sistem ömür devri safhaları

Kaynak: (NATO/AAP-48, 2013:5)

Sistem ömür devri safhalarında icra edilen faaliyetler özet olarak Tablo 2.2’de sunulmuştur.

Tablo 2.2: Sistem ömür devri safhalarında yapılan faaliyetler

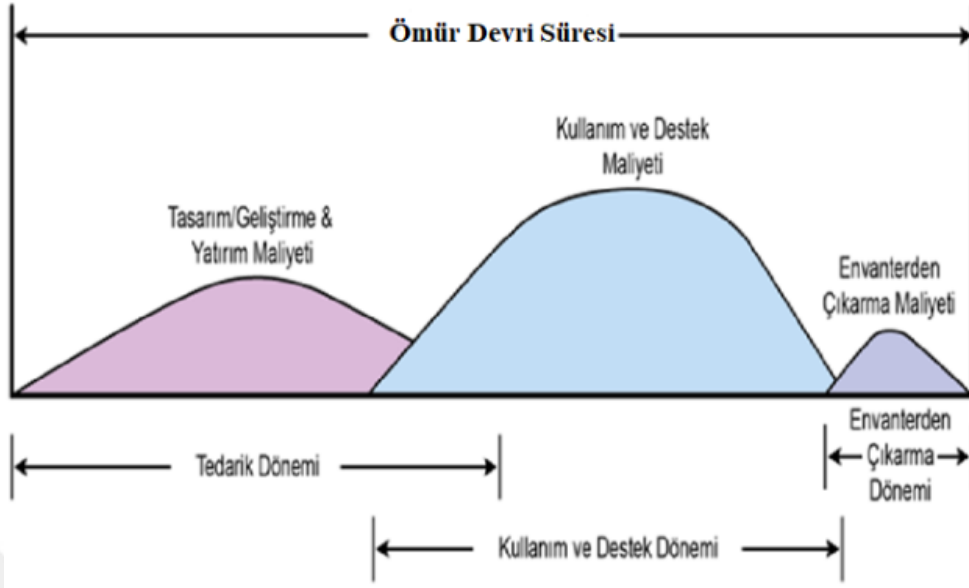
Ömür Devri Safhaları	Başlangıç ve Bitiş Noktaları	Yapılan Faaliyetler
Ön Konsept	Bir ihtiyacın/yetenek açığının bir sistem tedariki ile karşılanmasına karar verilmesi ile başlar ve bu sistemin tanımlanması ile sona erer.	<ul style="list-style-type: none"> - Sistemin gereksinimleri, potansiyel riskleri, maliyet etkinliği değerlendirilir. - Yapılabilirlik etütleri yaptırılır,
Konsept	İhtiyacın karşılanmasına yönelik tedarik sözleşmenin yapılması ile başlar ve geliştirme faaliyetlerine yönelik gerekli planlamaların tamamlanması ile sona erer.	<ul style="list-style-type: none"> - Konsept aşamasında ihtiyaç makamı tarafından tanımlanan sistem ve ELD ihtiyaçları, sistem ve ELD gereksinimlerine dönüştürülür ve onaylanır. - Geliştirme ve/veya üretim aşamalarında yapılacak lojistik destek analizleri (LDA), değerlendirmeler, mühendislik çalışmaları hazırlanacak dokümanlar ve benzeri faaliyetlere yönelik planlamalar yapılır ve onaylanır. - Sistem geliştirme ve üretimine yönelik karar noktaları ile bu karar noktalarında alınacak kararların girdi/çıkış kriterleri belirlenir ve onaylanır.

Tablo 2.2 (Devam): Sistem ömür devri safhalarında yapılan faaliyetler

Ömür Devri Safhaları	Başlangıç ve Bitiş Noktaları	Yapılan Faaliyetler
Geliştirme	Konsept aşamasında yapılan planlamaların tamamlanıp onaylanması ile başlar ve sistem prototipinin üretilip fonksiyon testlerinin tamamlanması ile sona erer.	<ul style="list-style-type: none"> - İhtiyaç makamının isterlerine göre sistem prototipi geliştirilir, - Konsept aşamasında planlanan faaliyetler (LDA, mühendislik faaliyetleri, dokümanların hazırlanması vb.) gerçekleştirilir, - Üretilen prototipin fonksiyon testleri yapılarak prototipin kabul işlemleri tamamlanır.
Üretim	Test ve tasarım faaliyetleri tamamlanarak prototip haline getirilen sistem için seri üretim kararı alınması ile başlar ve sistemin envantere girmesi ile sona erer.	İhtiyacı/yetenek açığını karşılayacak sistemler ihtiyaç miktarı kadar üretilir, performans testleri yapılır ve konuşlandırılması sağlanır.
Kullanım		<ul style="list-style-type: none"> - Sistem muharebe görevine yönelik belirlenen şartlarda ve yönergelerde tanımlanan kullanım usul ve yöntemine göre kullanılır. - Sistemin, muharebe görevini hedeflenen performans değerlerinde yerine getirebilmesi için ihtiyaç duyulan lojistik destek faaliyetleri maliyet etkin bir şekilde icra edilir.
Lojistik Destek	Sistemin envantere alınması ile başlar ve sistemin envanter dışına çıkartılması kararının alınması ile sona erer.	
Envanterden çıkartma	Sistemin envanter dışına çıkartılması kararının alınması ile başlar ve sistemin tamamıyla envanter dışına çıkartılması (satış, hibe, ayıklama, HEK vb.) ile sona erer.	Ömür devri süresi tamamlanan, insan ve çevre sağlığına tehlike teşkil eden, muharebe gereksinimi karşılamada yetersiz kalan sistemlerin ilgili yasal hükümlere ve yönergelere göre envanter dışına çıkartılması sağlanır.

Kaynak: (NATO Logistics Handbook, 2012; NATO/AAP-20, 2012; NATO/AAP-48, 2013)

Sistemin envantere girişine kadar olan safhalar tedarik lojistiği, işletme ve lojistik destek ile envanterden çıkarma safhaları ise işletim lojistiği olarak tanımlanmaktadır (Gn.Kur.Bşk.lığı, 2002:10). Sistem Ömür Devri, fonksiyonel ve süreç bazında incelendiğinde Şekil 2.2’de görüldüğü gibi işletme ve lojistik destek safhasının ömür devri süreci, diğer safhalardan daha uzun sürmektedir (NATO/AAP-20, 2012: 29-30). Ömür devri maliyetinin en yüksek olduğu süreç yine işletme ve lojistik destek safhasıdır (Jones, 2014: Bölüm-11).

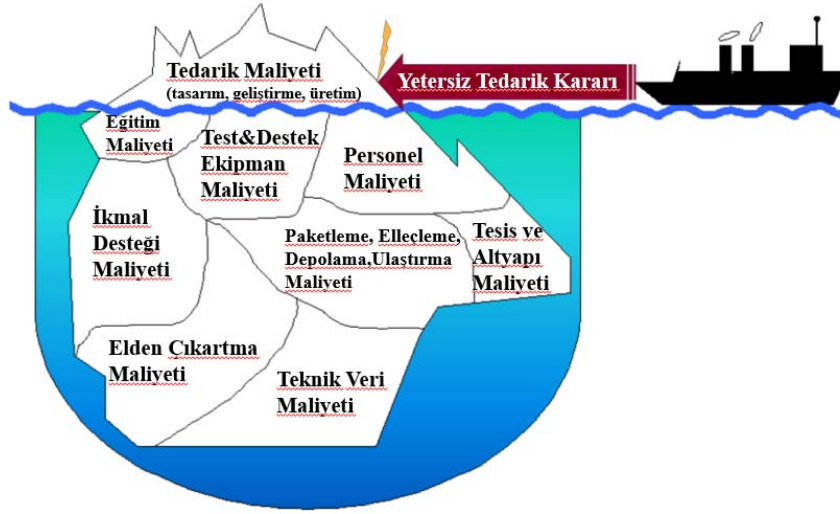


Şekil 2.2: Sistem ömür devri safhaları ve süreleri.

Kaynak: (NATO/AAP-20, 2012: 29-30)

Ömür devri maliyeti; sistem tasarımı ve geliştirme maliyeti, inşa etme ve/veya üretme maliyeti, sistem kullanım ve bakım maliyeti, sistem elden çıkartma ve geri dönüştürme maliyeti gibi tüm sistem maliyetlerinin toplamıdır (Fbrycky, vd., 1999: 448). Ömür devri maliyetinin önemli bir kısmını, sistemin işletme ve lojistik destek safhalarında icra edilen faaliyetler oluşturmaktadır (Dhillon, 2010: 1; Malone & Nguyen, 2012). İşletme ve lojistik destek safhasındaki maliyetleri, sistem tasarımı aşamasında verilen kararlar belirlemektedir (Jones, 2014: Bölüm-11). Sistem ömür devri maliyetinin yaklaşık %70'ini kullanım ve bakım faaliyetleri oluşturmaktadır. Sistem ömür devrinin ilk safhalarında icra edilen faaliyetler ve alınan kararlar (tasarım, seçilen malzeme ve teknoloji, destek ekipmanları vb.) sistem ömür devri (özellikle kullanım safhası) maliyetlerini önemli derecede etkilemektedir (Blanchard, 2004:8).

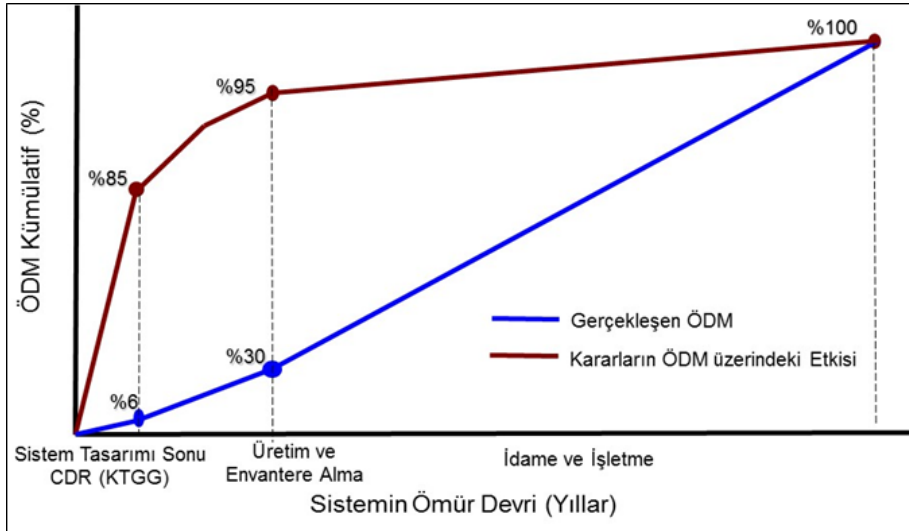
Şekil 2.3'de sunulan klasik buzdağı modelinde olduğu gibi, uygulamada genellikle tedarik maliyetine odaklanılarak, lojistik destek maliyetleri göz ardı edildiği görülmektedir.



Şekil 2.3: Sistem Ömür Devri Maliyetinin Buz Dağı Modeli

Kaynak: (Blanchard, 2009;1; Jones, 2014: Bölüm-11; S3000L, 2014:14.2)

Kullanım ve lojistik destek safhalarındaki maliyetlerin sadece bu safhalarda alınacak tedbirler ve bu tedbirlere bağlı yürütülecek faaliyetler ile istenilen oranda düşürülmesi mümkün değildir. Şekil 2.4’de görüldüğü üzere, yapılan bilimsel çalışmalar, ömür devri maliyetinin % 95 oranında tedarik döneminde alınan kararlar ile belirlendiğini göstermektedir. Başka bir deyişle, bir sistemin işletme maliyeti, sistem ömür devrinin ilk safhalarında verilen stratejik kararlara bağlıdır (Gonzalez, 1998:343; Gn.Kur.Bşk.lığı, 2002:15; Jamil, vd., 2018:56).



Şekil 2.4: Ömür devri sürecinde alınan kararların gerçekleşen maliyet üzerindeki etkisi

Kaynak: (Jamil, vd., 2018:56)

Sistemler, operasyon alanının coğrafi ve atmosferik şartlarına göre tanımlanan kullanım ve görev profillerini, hedeflenen performans seviyesinde karşılamaya yönelik geliştirilmektedir. Sistemin kabiliyeti/kabiliyetleri kapsamında, kendisine tanımlanan fonksiyonları “kesintiye uğramaksızın” yerine getirebilmesi, destek unsurlarının sağlanması ve ilgili prosedürlerin yürütülmesi ile mümkündür (Gonzalez, 1998:343).

Lojistik destek faktörleri ve buna bağlı ömür devri maliyeti, sistem hizmete alınacağı zaman düşünüldüğünden genellikle sistem ömür devri maliyeti başta tahmin edilenden oldukça fazla olabilmektedir. Ayrıca bu aşamadaki kullanım ve lojistik destek faaliyetlerinde aksaklıklar meydana gelebilmektedir. Sistemin kompleks yapısına bağlı olarak bu problemler daha da artabilmektedir (Gonzalez, 1998:344). Bu durumda da sistemin toplam ömür devri maliyeti başlangıçta tahmin edilenin çok üstünde gerçekleşebilmektedir.

Bu durumdan kaçınmak için, projenin başlangıç aşamasında sistemin temel fonksiyonları ve performans ihtiyaçlarının yanında, kullanım ve lojistik destek gereksinimleri de tanımlanır ve geliştirilir. Sistemlerin, etkin ve ekonomik desteklenebilirliğini sağlayacak şekilde tasarlanması ve lojistik destek donanımlarının geliştirilmesi için sistem ömür devrinin erken safhalarından itibaren Entegre Lojistik Destek (ELD) yaklaşımı takip edilir. ELD yaklaşımında temel amaç; sistemin operasyonel ve lojistik desteklenebilirliğini arttırmak ve sistemin toplam ömür devri maliyetini düşürmektir.

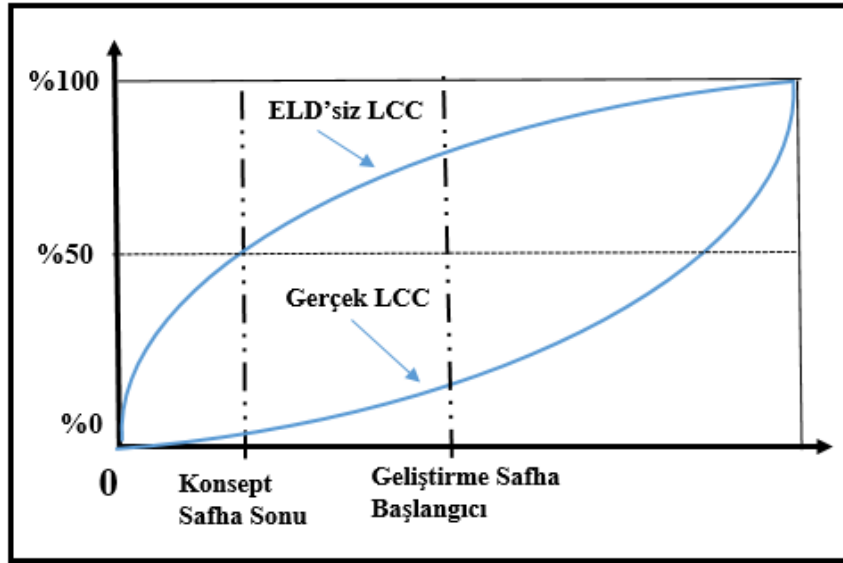
2.2 Entegre Lojistik Destek

Yapısal olarak kompleks ve ömür devri süreleri uzun olan sistemlerin teslimatlarında yaşanan gecikmelerin, ömür devri maliyetlerindeki yükselmenin ve filo hazır olma oranlarındaki düşmenin ana sebeplerinden birinin sistem dizaynı olabileceği değerlendirilmektedir. (Ljubisa ve Kristin, 2019:3542). Tasarım aşamasının sonunda, sistem ömür devri maliyetinin %70'ine, üretimin tamamlanması ile de toplam ömür devri maliyetinin %95'ine karar verilmiş olur (Brusa ve Ferretto, 2018:9). Bir başka deyişle, bir sistemin işletme maliyeti ve performansı, sistem ömür

devrinin ilk safhalarında verilen stratejik kararlara bağılıdır (Gonzalez, 1998:344; Dhillon, 2010:1).

Bu durum, sistem tasarımı aşamasında yapılan yetersiz planlamanın, sistem kullanım safhasında düşük sistem performansına (güvenilirlik, hazır olma vb.) ve yüksek ömür devri maliyetine neden olabileceğini göstermektedir.

Üretim ve üretim safhası sonrasında, ürün tasarımında yapılacak değişiklikler Şekil 2.5’de gösterildiği gibi yüksek maliyetlere sebep olabilmektedir. Bu nedenle destek gereksinimleri projenin başlangıç aşamasında tespit edilerek tanımlanmalı ve bütçe oluşturulmalıdır. Projenin erken aşamalarında ürün tasarımında yapılacak değişiklikler, üretim aşaması ve sonrasında daha kolay ve daha düşük maliyetli olmaktadır. Ayrıca, maliyet etkin desteklenebilir şekilde tasarlanan ürünün, toplam ömür devri maliyeti, ELD yaklaşımı gözetilmeden üretilen ürünlere göre daha düşük gerçekleşmektedir (JSP-886, 2012:15; Jamil, vd., 2018:56).



Şekil 2.5: Ömür devri safhalarına göre ömür devri maliyetleri

Kaynak: (Jamil, vd., 2018:56)

Desteklenebilir bir sistemin tasarlanmasını ve üretilmesini, güçlü bir destek stratejisinin oluşturulmasını ve destek çözümlerinin kurulmasını sağlayan ELD (JSP-886, 2012:13) ile ilgili bugüne kadar yapılan önemli tanımlar kronolojik olarak Tablo 2.3’de sunulmuştur.

Tablo 2.3: ELD tanımları

Yıl	ELD Tanımı	Kaynak
1975	ELD konsepti ilk olarak ABD Savunma Bakanlığı tarafından 1964 yılında yaratılmıştır.	(Babbitt, 1975:1, Mcleod, 1975:150)
1971	ABD Savunma Bakanlığınca yapılan ilk tanım aşağıda sunulmuştur. “Ömür devri süresince, sistemin etkin ve ekonomik desteklenmesini sağlamak için ihtiyaç duyulan tüm elemanların bileşimidir.”	(MIL-STD-1369, 1971:3; Mcleod, 1975:150)
1993	ABD Savunma Bakanlığı 1993 yılında ELD tanımını değiştirerek aşağıda sunulan tanımları yayımlamıştır. “(a) Lojistik destek düşüncesini sistem ve ekipman tasarımına entegre edilmesini sağlamak, (b) Sistem tasarımına ve birbirine uygun destek gereksinimlerinin geliştirilmesini sağlamak, (c) Gerekli lojistik destek donanımlarının tedarik edilmesini sağlamak, (d) Kullanım aşamasında maliyet etkin lojistik desteği sağlamak gibi ihtiyaçların karşılanması için yürütülen bilimsel bir yaklaşımdır.”	(MIL-STD-1388-1A, 1993:107)
2003	Avusturalya Savunma Bakanlığı kendi DEF Standardı için aşağıdaki tanımları yapmıştır. “ELD, sistem hazır olma gereksinimini karşılarken, ömür devri maliyetini azaltmayı hedefleyen tekrarlı, bilimsel metaryal yönetim yaklaşımıdır. ELD, sistem dizaynını etkileyen ve lojistik destek için ihtiyaç duyulan gereksinimlerin belirlenmesini sağlayan yöntemleri içerir”	(DEF(AUST)5692, 2003: v)
2011	NATO'nun 2011 yılında yaptığı ELD Tanımı; “ELD, desteklenebilirlik ve malzeme çözümlerinin (donanımsal ve yazılımsal) lojistik destek hususlarını, sistem ömür devrinin erken safhalarından başlamak üzere tüm ömür devri süresince entegre eden ve lojistik elemanların zamanında ve maliyet etkin olarak planlanmasını, tedarik edilmesini, hizmete alınmasını ve test edilmesini sağlayan yönetsel ve teknik bir yöntemdir.”	(NASA, 2007: 217; NATO Logistics Handbook, 2012: 184)
2012	A&D ve NATO, 2012 yılında önceki tanımları biraz değiştirerek aşağıdaki tanımları yapmıştır. ELD, uzay araçları ve yer sistemlerinin desteklenebilirlik hedefleri için tespit edilen tasarım gereksinimleri, malzeme tedariki ve dağıtımı, bakım, ulaştırma ve elden çıkartma ile ilişkili yönetim, mühendislik faaliyetleri, analiz ve bilgi yönetimidir.	
2012	İngiltere Savunma Bakanlığınca yayımlanan JSP 886 ELD dokümanında ELD aşağıdaki gibi tanımlanmıştır. “ELD, güçlü bir destek stratejisinin oluşturulmasına ve destek çözümünün kurulmasına yardımcı olan bir metododur. ELD, sistem tedarik projeleri, modernizasyon, idame ve benzeri tüm faaliyetler için kullanılmaktadır.”	(JSP-886, 2012:13)
2014	ELD, günümüzde sivil ve askeri sektörde neredeyse her büyük tedarik programına uygulanan uluslararası kabul görmüş analiz metodolojisi ve yönetim prosedürüdür. ELD'nin temel amacı kabul edilebilir maliyette en yüksek sistem performansını elde etmektir. Sistem performansı ile desteklenebilirlik karakteristiği arasında doğru orantılı bir denge unsuru vardır. Bu nedenle hem sistem dizaynına hem de gerekli destek altyapısına yatırım yapılmalıdır.	(Jones, 2014:1.1)

Tablo 2.3: (Devam) ELD tanımları

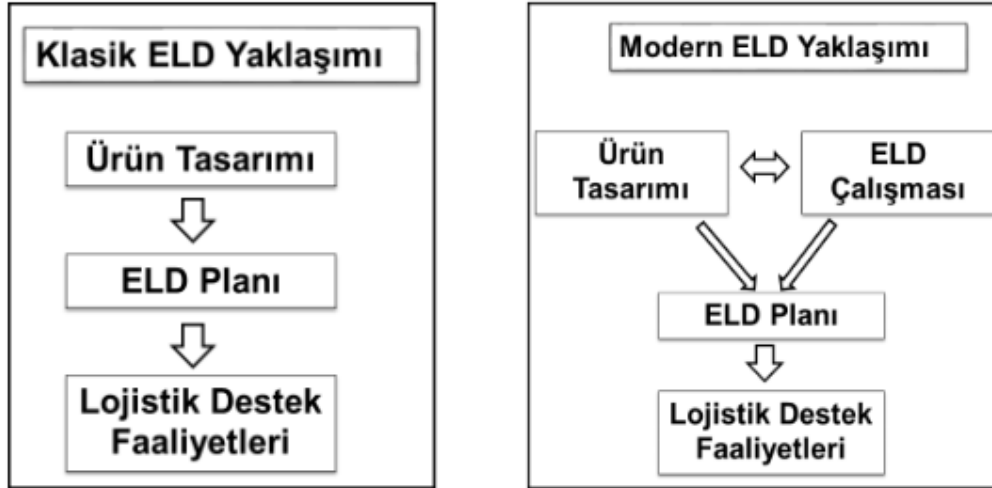
2014	ELD, ömür devri maliyetini ölçmek ve azaltmak için malzeme ve destek stratejisi geliştirme aşamalarında, sistem mühendisliği faaliyetlerine rehberlik eden birleşik ve tekrarlı bir süreçtir.	(Shuklaa, vd., 2014: 2240)
2016	ASD ve AIA önderliğinde hazırlanan S serisi standartlardan SX000i'ye, NATO'nun 2011 yılında yaptığı ELD tanımı konmuştur. Dokümanda ayrıca ELD'nin temel amacı belirtilmiştir. “ELD'nin amacı, sistem performans gereksinimlerini karşılarken, desteklenebilirliği ve ömür devri maliyetini optimize etmek için destek çözümlerini geliştirmektir.”	(SX000i, 2016:2.4)

Tablo 2.3'de sunulan tanımlar incelendiğinde, tanımlar arasında bazı farklılıklar olsada, ELD'nin temel fonksiyonları konusunda görüş birliği olduğu görülmektedir. Bu kapsamda, yukarıda verilen tanımların ışığında ELD'nin temel amaçları aşağıda sıralanmıştır (Gn.Kur.Bşk.lığı,2002; Lambert, 2008; NATO/ALP-10, 2011; NATO/AAP-20, 2012; NATO/AAP-48, 2013; Jones, 2014; Shuklaa, vd., 2014; Jamil, vd., 2018).

- Desteklenebilir bir sistemin geliştirilmesine yönelik, projenin erken aşamalarında performans ve güvenilirlik hedeflerinin tanımlanmasına katkı sağlamak,
- Öngörülen muharebe şartlarında, hedeflenen performansı, en düşük maliyette karşılayabilecek, desteklenebilir sistemin tedarik edilmesini sağlamak,
- Sistem ömür devrinin erken safhalarında desteklenebilirliği vurgulamak,
- Desteklenebilirlik faktörlerini kullanarak, sistem mühendisliği sürecini (sistem tasarımı) yönlendirmek,
- Sistem gereksinimlerine uygun destek stratejisini oluşturmak,
- Sistemin operasyonel etkinliğini arttıracak destek ekipmanlarının, erken safhalarda, sistem tasarımı ile birlikte geliştirilmesini ve tedarik edilmesini sağlamak,
- Sistem Güvenilirlik, Hazır Olma ve Bakım Yapılabilirlik gibi operasyonel gereksinim oranlarını hedeflenen seviyenin üzerine çıkartmak,
- En iyi tasarım alternatifinin seçilmesine katkı sağlamak,
- Sistem ömür devri maliyetlerini en aza indirmek,
- Sistem ömür devri süresini uzatmak,
- Sistem performansını arttırmak,

- Çevre ve insan sağlığının korunması için gerekli emniyet ve güvenlik önlemlerini tanımlamak ve uygulanmasını sağlamak,
- Lojistik destek faaliyetlerinin optimizasyonunu sağlamak,
- Lojistik ayak izinin azaltılmasını sağlamak,
- Müşteri memnuniyetini sağlamak.
- Sistem ve destek elemanları test ve değerlendirme prosedürlerinin geliştirilmesini sağlamak,
- Diğer askeri birimlerle ortak kullanılabilir ve standart sistemlerin geliştirilmesini sağlamak,
- Sistem ve destek elemanlarının birbirlerine uyumlu şekilde tasarlanmasını sağlamak.

Sistemin, ömür devri süresince idamesinin sıkıntısız ve maliyet etkin sürdürülmesi için ihtiyaç duyulacak ELD donanımları (NATO/AAP-20, 2012; NATO/AAP-48, 2013), Şekil 2.6'daki klasik ELD yaklaşımı yerine, yine aynı şekildeki "Modern ELD Yaklaşımında" gösterildiği gibi sistemle eş güdümlü tasarlanır. Proje yönetim sürecinde, ürün tasarımı ile ELD çalışmalarının birbirlerini etkilemesi sağlanır (Jones, 2014: 14.2).

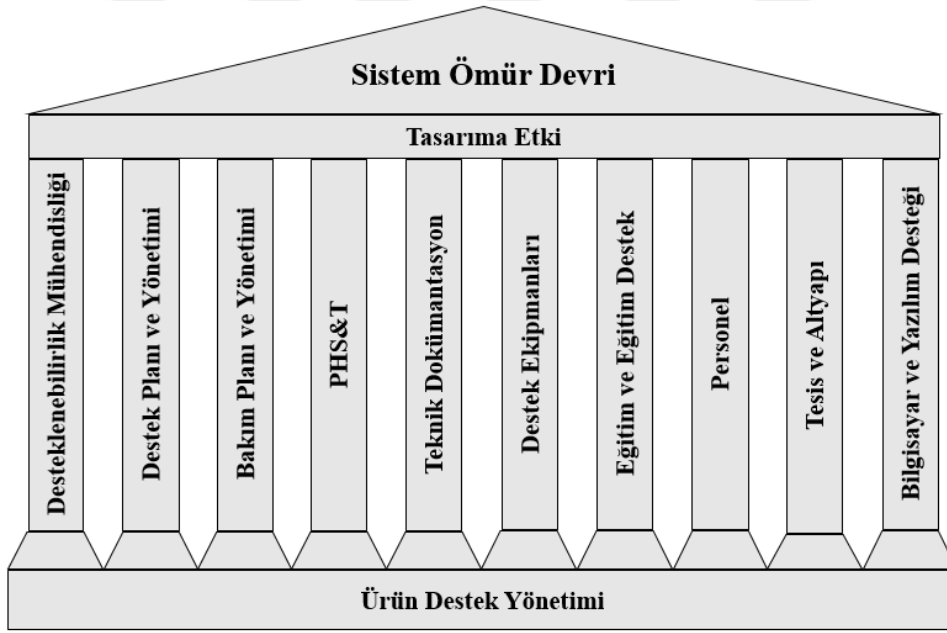


Şekil 2.6: ELD yaklaşımları

2.2.1 ELD Elemanları

ELD elemanları ile ilgili gereksinimler sistem ömür devrinin konsept safhasında belirlenir ve tanımlanır; geliştirme ve üretim safhalarında, sistem tasarımı ile eş güdümlü ve etkileşimli olarak tasarlanır ve tedarik edilir (Jones, 2014: Bölüm-15 ve 22). Kullanım ve lojistik destek safhasında ise, oluşturulan ELD stratejisine göre ELD elemanları kullanılarak sistemin lojistik desteği yürütülür (NATO/ALP-10, 2011 3-7).

Sistem ömür devri sürecinin kesintisiz ve maliyet etkin sürdürülmesi için Şekil 2.7’de görüldüğü üzere desteklenebilir bir sistem tasarımı, uygun ve yeterli ELD elemanları ile güçlü bir ürün destek yönetimine ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 2.7: Sistem ömür devri ve ELD ilişkisi

Kaynak: (NATO/ALP-10, 2011).

ELD kapsamında, desteklenebilir bir sistemin tasarlanmasını ve üretilmesini, güçlü bir destek stratejisinin oluşturulmasını, destek çözümlerinin kurulmasını ve ömür devri süresince maliyet etkin bir şekilde desteklenmesini sağlamak için ELD elemanları kullanılmaktadır. Bir çok kaynakta tanımlanan 10 adet ELD elemanına “Ürün Destek Yönetimi” ve “Sürdürülebilirlik Mühendisliği” elemanları eklenerek Tablo 2.4’de gösterilen ELD elemanları ve amaçları çizelgesi oluşturulmuştur

(Gn.Kur.Bşk.lığı, 2002; Lambert, 2008; NATO/ALP-10, 2011; NATO/AAP-20, 2012; NATO/AAP-48, 2013; Shuklaa, vd., 2014; Jones, 2014; ASD ve AIA/SX000i, 2016; Jamil, vd., 2018).

Tablo 2.4: ELD elemanları

ELD Elemanları	Amaç
Tasarıma Etki	<p>Tasarıma Etki elemanın amacı, sistem kabiliyetini, etkinliğini ve hazır olma oranını eniyilemeyi sağlayacak desteklenebilirliği inşa etmek amacıyla ömür devrinin erken safhalarında sistem tasarımını etkilemek için sistem mühendisliği uygulamalarına (sistem tasarımına) dahil olmaktır. Tasarıma etki elemanının lojistik ile ilgili tasarıma etki parametreleri aşağıda sunulmuştur.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Güvenilirlik, hazır olma, bakım yapılabilirlik, desteklenebilirlik ve test edilebilirlik (RAMST) • İnsan Faktörü (Asker, Makina, Yazılım, Arayüz, Kullanılabilirlik) • Sistem güvenliği • Beka ve hayatta kalabilirlik (vulnerability) • Tehlikeli madde yönetimi • Çevresel faktörler (hava, su ve ses kirliliğinin değerlendirilmesi) • Bilgi güvenliği • Sistem compatibility • Standardizasyon ve birbirinin yerine kullanılabilirlik • Enerji yönetimi • Korozyon • Tahribatsız muayene • Taşınabilirlik • Elleçleme ve depolama
Bakım Planı	<p>Bakım Planında, sistem ve destek elemanlarının bakımlarının sağlanması için ihtiyaç duyulan donanım, yazılım, network, iletişim, güvenlik gereksinimleri, malzeme, tesis, personel, prosedür, proses, dokümantasyon ve bilgi gereksinimleri tanımlanır. Bakım Planının amacı, ömür devri süresince sistemin desteklenmesini sağlayacak bakım stratejini ve bakım konseptini geliştirmektir.</p> <p>Bakım Planının hedefi, mevcut en iyi ekipman ve/veya yeteneğin en uygun maliyete tedarik edilmesini sağlamak için gereksinimleri ve bakım konseptini tanımlamak, planlamak, elde etmek ve uygulamaktır. Bakım planlama ve yönetim, sistemin lojistik idamesinin sağlanacağı yere ve ekibe uyumlu bakım konseptini ve gereksinimleri geliştiren, uygulayan ve yöneten bir prosedir. Ayrıca bakım ve modernizasyon planının geliştirilmesi ve uygulanması için ihtiyaç duyulacak tüm kaynakların tanımlanmasını da içermektedir.</p> <p>Bakım Planı aşağıdaki hususları içermektedir.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Onarım seviyeleri • Bakım periyotları • Bakım programı • Bakım sorumlulukları • Test edilebilirlik gereksinimleri, • Sistem güvenilirlik, bakım yapılabilirlik, test edilebilirlik karakteristikleri • Destek ekipman gereksinimleri • Eğitim ve eğitim destek • Personel kabiliyeti, • Simülasyonlar ve simülasyonlar, • Cihazlar • Sertifikasyon (emniyet, güvenlik) • Bakım programının oluşturulması • Sürdürülebilirlik,

Tablo 2.4 (Devam): ELD elemanları

<p>İkmal Desteği</p>	<p>Hedeflenen sistem hazır olmanın, en düşük ömür devri maliyetinde sağlamak için ihtiyaç duyulan yedek parçaların ve tüm destek malzemelerinin tanımlanması, planlanması ve tedarik yöntemlerinin oluşturulması, İkmal desteği aşağıda sunulan hususları içerir.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tüm yönetim faaliyetleri ve yöntemleri ile ilgili gereksinimlerin tanımlanması, • Kataloğlanması, • Tedarik edilmesi, • Hizmete alınması, • Depolanması, • Taşınması, • Yedek parçaların elden çıkartılması, • Parçaların onarılması, • Güncellenmesi • Başlangıç yedek parça ve destek malzemelerinin tedarik edilmesi, • Dağıtılması, • Güncellenmesi ve eksilenlerin bütünlenmesi.
<p>Personel</p>	<p>Ömür devri süresince sistemin kullanılması, lojistik desteğinin sağlanması için gereksinim duyulan insan gücü ihtiyacının tanımlanmasını, planlanmasını, temin edilmesini ve mevcut kalifiye personelin desteklenmesini içerir. Personel elemanı, aşağıda sunulan hususları içerir.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Personel ihtiyacının belirlenmesi ve tanımlanması • Personel ihtiyacının temin edilmesi
<p>Destek ve Test Ekipmanları</p>	<p>Sistemin kullanım ve bakımını desteklemek için gerekli olan destek ekipmanlarını tanımlanmasını, planlanmasını ve tedarik edilmesini içerir. Sistemin maliyet etkin şekilde hedeflenen hazır olma oranında desteklemek için ihtiyaç duyulan destek gereksinimlerini tanımlanmasını, planlanmasını, tedarik edilmesini, yönetim faaliyetlerinin uygulanmasını sağlar. Destek ve test ekipmanlarına, alet avadanlık, bakım ekipmanları, yazılım desteği, raporlama dokümanları, meteoroloji ve kalibrasyon ekipmanları örnek verilebilir.</p>
<p>Tesis ve Altyapı</p>	<p>Sistemin lojistik desteği için ihtiyaç duyulan taşınır ve taşınmaz gayrimenkul varlıkları kapsamaktadır. Eğitim derslikleri, ekipman depolama alanları, bakım atölyeleri, ikmal depoları, mühimmat depoları, bilgisayar donanımları ve yazılımları, iletişim sistemleri, vb.</p>
<p>Paketleme, Elleçleme, Depolama ve Ulaştırma</p>	<p>PHS&T, sistemin ve destek ekipmanlarının çevresel şartlar göz önüne alınarak uygun şekilde korunması, paketlenmesi, elleçlenmesi, depolanması ve taşınmasına yönelik kaynakları, usul, yöntem, tasarım ve metotları kapsar.</p>

Tablo 2.4 (Devam): ELD elemanları

Ürün Destek Yönetimi	Tasarımdan, elden çıkartılıncaya kadar ürün destek değer zinciri üzerinden maliyet ve performansın planlanması ve yönetilmesidir. Ürün Destek Yönetimi, ömür devri süresince sistem desteklenebilirliğini / sürdürülebilirliğini sağlamak için ürün destek stratejisini geliştirmek ve uygulamaktır. Ürün destek yönetiminin temel amacı, sistem güvenilirlik, hazır olma ve bakım yapabilirlik oranlarını arttırırken, sistem ömür devri maliyetini / sahip olma maliyetini düşürmektir.
Bilgisayar Kaynakları	Kritik donanımsal ve yazılımsal bilgisayar görevlerinin planlanması ve yönetilmesi için gerekli donanım, yazılım, dokümantasyon, insangücünü kapsamaktadır. Bu ELD elemanı, teknik arayüzleri yönetmek ve bakım faaliyetleri için yapılan sözleşmelerin imzalanmasını ve koordinasyonu sağlar.
Sürdürülebilirlik Mühendisliği	Bu eleman, muharebe alanında sistemlerin servis desteğini sağlar. Sistemin kullanım ve bakım faaliyetlerinin devamlılığını sağlamak için muhtemel riskleri yöneterek mühendislik çalışmaları, lojistik incelemeler ve analizler yapar.

Kaynak:(Gn.Kur.Bşk.lığı, 2002; Lambert, 2008; NATO/ALP-10, 2011; NATO/AAP-20, 2012; NATO/AAP-48, 2013; Jones, 2014; Shuklaa, vd., 2014; ASD ve AIA/SX000i, 2016; Jamil, vd., 2018).

2.2.2 Sistem Ömür Devri Safhalarında İcra Edilen ELD Faaliyetleri

Desteklenebilir bir sistemin tasarlanmasını sağlama (Jones, 2014: Bölüm-16), lojistik destek faaliyetlerinin etkinliğini artırma ve sistem ömür devri maliyetini azaltma yaklaşımı olarak tanımlanan ELD (Ljubisa ve Kristin, 2019:3541) ön konsept, konsept, geliştirme, üretim, kullanma/destek ve envanterden çıkarmaya kadar tüm sistem ömür devri safhalarında icra edilmektedir (S3000L, 2014; MIL-STD-1388-1A, 1993; DEF(AUST)5691, 2002: 1.1).

ELD Süreci, sistemin ve destek stratejisinin geliştirilmesinde kullanılan planlı, bütünlük ve tekrarlı bir metodolojidir. Bu süreç içerisinde, ELD elemanlarını sistem tasarımına entegre etmek için diğer proje takımları ile koordineli çalışılır. Sistem ömür devri süresince ELD faaliyetlerinin nasıl uygulanacağı, sorumluluklar, kaynaklar ve benzeri hususlar ayrıntılı ELD Planında tanımlanmaktadır.

Sistem ömür devrinin her safhasında yapılan ELD faaliyetleri birbirleri ile entegre yürütülmektedir. Örneğin; kullanım/destek safhasında yapılacak bir bakım faaliyeti ile ilgili gereksinim, ömür devrinin konsept safhasında tanımlanmakta, geliştirme safhasında yapılan LDA çıktılarına göre bakım planlarına dönüştürülmektedir. Aynı zamanda sistem tasarımlarına, destek safhasında icra edilen lojistik destek faaliyetlerinde elde edilen tecrübeler girdi sağlamaktadır.

Sistem ömür devri safhalarında icra edilen ELD faaliyetleri özet olarak Tablo 2.5’de sunulmuştur (NATO/ALP-10, 2011: Bölüm 3; JSP-886, 2012; NATO/AAP-20, 2012: Bölüm 3; NATO/AAP-48, 2013: Bölüm 5-6; Jones, 2014: Bölüm16-22).

Tablo 2.5: Sistem ömür devri safhalarında icra edilen ELD faaliyetleri

Ön Konsept Safhası		
Girdiler	ELD Süreci	Çıktılar
<ul style="list-style-type: none"> ○ Harekât ve tatbikat verileri ○ Tehditlerdeki değişimler ○ Teknolojik yenilikler ○ Yasal yükümlülükler ○ Mevcut imkân ve kabiliyetler ile uzun vadede sahip olunmasına ihtiyaç duyulan imkân ve kabiliyetler ○ Kullanıcı ihtiyacını karşılayabilecek alternatifler (Doktrin, Eğitim, Liderlik, Teşkilat, Malzeme, Altyapı, Tesisler, Ortak çalışabilirlik) ○ Kaynak durumu ○ Muharebe alanının çevresel şartları ○ Benzer sistemlerde yaşanan zafiyetler ve elde edilen veriler 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mevcut imkan ve kabiliyetler değerlendirilir ○ Çözüm alternatifleri belirlenir ve değerlendirilir ○ Malzeme çözümüne karar verilmesi durumunda, malzeme çözümüne yönelik gereksinimler tanımlanır ○ Ön yapılabilirlik analizi yapılır 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Ön Yapılabilirlik Etüd Sonuçları ○ Proje Tanımlama Dokümanı

Tablo 2.5 (Devam): Sistem ömür devri safhalarında icra edilen ELD faaliyetleri

Konsept Safhası		
Girdiler	ELD Süreci	Çıktılar
<ul style="list-style-type: none"> ○ İhtiyaç Tanımlama Dokümanları ○ Ön yapılabilirlik Etüdüleri ○ Lojistik Destek Gereksinimleri 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Benzer sistemlerde yaşanan lojistik destek sıkıntıları tanımlanır ○ Her çözüm alternatifinin ömür devri maliyeti hesaplanır ○ Lojistik çalışma grubu oluşturulur ○ Her çözüm alternatifinin lojistik destek gereksinimleri (iş gücü, eğitim, tesis vb.) değerlendirilerek tanımlanır ○ Her alternatif için kritik destek gereksinim maliyetleri göz önüne alınarak taslak ELD Planı hazırlanır. ○ Sistemin hazır olma hedefleri belirlenir ○ Her çözüm alternatifinin, sistem güvenilirliği, hazır olmayı, bakım yapılabilirliği, sistem kullanımı üzerindeki etkileri değerlendirilir ○ Yeni sistem için ihtiyaç duyulacak ELD elemanları tanımlanır ○ Müşterek lojistik destek alternatifleri tanımlanır ○ Lojistik ile ilişkili standartlar tanımlanır ○ Sistem tasarımına girdi sağlaması için elde edilen tecrübe ve deneyimler tanımlanır ○ RAM&T ve diğer lojistik destek parametreleri için ölçülebilir hedefler / eşik değerler tanımlanır ○ Program planına eklenmesi için lojistik destek faaliyetleri için dönüm noktaları geliştirilir ○ Sistem tasarımı ile direkt ilişkili olan desteklenebilirlik oranı ve destek maliyeti ölçülebilir bir şekilde tanımlanır. Desteklenebilirlikle ilgili hususlar aşağıda örnek olarak verilmiştir. ○ Bakım iş yükü durumu ve iş gücü kısıtı ○ Personel tecrübe ve deneyim kısıtı ○ Kullanım ve destek maliyet kısıtı ○ Her bakım kademesinde yapılacak onarım oranı ○ Sistem görev profili (ortalama çalışma süresi vb.) ○ Standardizasyon ve birlikte çalışabilirlik gereksinimleri ○ Sistemin kullanım safhasındaki destek gereksinimleri göz önünde bulundurularak, genel bir lojistik destek konsepti geliştirilir ○ Seçilen çözüm alternatifi için yaklaşık bir ömür devri maliyet tahmini yapılır ○ Yeni sistem için tesis ve iş gücü tanımlanır ○ Teknik doküman ve bilgisayar alt yapı gereksinimleri belirlenir ○ Mümkün olduğunca standart parça ve malzeme kullanılması teşvik edilir ○ Lojistik hususların, proje iş tanımına, şartnameye, teklife, değerlendirme kriterlerine ve sözleşmeye uygunluğu kontrol edilir ○ Yapılabilirlik Etüdü yapılır ○ Malzeme tedarikine yönelik planlama yapılır ○ Tedarik sözleşmesi imzalanır. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Yapılabilirlik Etüd Sonuçları ○ Proje tanımlama dokümanı ve ekleri ○ Sözleşme ve ekleri

Tablo 2.5 (Devam): Sistem ömür devri safhalarında icra edilen ELD faaliyetleri.

Geliştirme Safhası		
Girdiler	ELD Süreci	Çıktılar
<ul style="list-style-type: none"> ○ Yapılabilirlik Raporu ○ Teklife Çağrı Dokümanı ve Ekleri ○ Kavramsal Tasarım Raporu /Teklif Dokümanları ○ Operasyonel Konsept Dokümanı ○ Sözleşme ve Ekleri ○ Risk Değerlendirme Planı ○ Proje Yönetim Planı 	<ul style="list-style-type: none"> ○ RAMST ve diğer lojistik destek parametre hedeflerine ulaşma durumu test ve değerlendirme ile kontrol edilir ○ Envanterdeki diğer sistemlerin lojistik destek alt yapısı göz önünde bulundurulur ○ Lojistik destek anlaşmalarında tanımlanan dokümanlar hazırlanır ○ Kullanıcı gereksinimleri ve uluslararası standartlarda tanımlanan hususlar ELD Planına aktarılır ○ Lojistik faaliyetlerin gerçekleştirilmesi için gerekli ortak prosedürler oluşturulur ○ Yüklenici seçiminde ve sözleşme dokümanlarının hazırlanmasında ELD hususlarının yeterli derecede göz önünde bulundurulması sağlanır. İhale dokümanlarında savaş ve barış dönemi için sistem görev profili doğru ve tam olarak tanımlanır. Ayrıca ELD programı ve veri gereksinimleri, bu hedefleri karşılayabilecek şekilde güncellenir ○ Bakım planı hazırlanır ○ LDA Program Planı hazırlanır ○ Konfigürasyon Yönetim Planı hazırlanır ○ Lojistik destek analizleri yapılır ○ Analiz sonuçlarına göre, desteklenebilirlik hususlarında sistem tasarımına girdi sağlanır ○ Bakım planı hazırlanır ○ ELD elemanları belirlenir ve tasarlanması sağlanır ○ ELD Planları hazırlanır 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ELD Planı ○ LDA Raporları ○ Kullanıcı ve Bakım El Kitapları ○ Resimli Yedek Parça Katalogları ○ Eğitim/Eğitim Kitapları ○ Yedek / Destek Donanımları ○ Güncellenmiş Planlar ○ Prototip/Odak Sistem ○ Üretim Planı ○ Güncellenmiş Ömür Devri Maliyet ○ Teknik Veri Paketi (TVP)
Üretim Safhası		
Girdiler	ELD Süreci	Çıktılar
<ul style="list-style-type: none"> ○ TVP ○ El Kitapları ○ Eğitim ve Eğitim dokümanları ○ Güncellenmiş Planlar ○ Prototip/Odak Sistem ○ Üretim planları ○ Ömür Devri Maliyet Tahmini ○ Riskler ve aksiyon planı 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sistem ve ELD elemanları, operasyonel hazır olma, güvenilirlik ve desteklenebilirlik gereksinimlerini karşılayacak şekilde üretilir ve kullanıcıya teslim edilir ○ Ürün kullanıcıya teslim edilmeden önce, lojistik destek sözleşmelerinde tanımlanan hususların tamamlanması sağlanır ○ Test ve değerlendirmeler sonucunda, desteklenebilirlikle ilgili tespit edilen aksaklıklar giderilir ○ Teknik dokümanlar hazırlanır ○ Alet ve avadanlıklar ○ Başlangıç yedekleri ○ Yazılım lisansları ○ Personel ○ Tesis ve altyapı ○ ELD Planı güncellenir 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Üretilmiş Odak Sistem ○ Sürdürülebilir kullanım ve destek dönemi için gerekli tüm ELD elemanları ○ Güncellenmiş ELD Planı ve Alt Planlar ○ Güncellenmiş Konfigürasyon Yönetim Planı ○ Güncellenmiş Demodelik Yönetimi Planı ○ Ömür Devri Maliyet Tahmini

Tablo 2.5 (Devam): Sistem ömür devri safhalarında icra edilen ELD faaliyetleri

Kullanım Safhası		
Girdiler	ELD Süreci	Çıktılar
<ul style="list-style-type: none"> ○ Destek ve test ekipmanları ○ Konfigürasyon Yönetim Planı ○ Entegre Lojistik Destek Planı ○ Demodelik Yönetim Planı ○ Ömür Devri Maliyet Tahmini ○ Kazanılmış dersler 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ELD yönetim sistemi kurulu ve sürdürülür ayrıca kaynak planlaması yapılır ○ Desteklenebilirlik gereksinimleri ve teklif edilen değişikliklerin maliyetleri belirlenir ○ Sistemin kullanım ve lojistik destek verileri kullanılarak yapılan analizlerle sistemin mevcut performansı kontrol edilir ○ İşletmeye alınan sistemin RAM&T ve ömür devri maliyetindeki gelişmeler tespit edilir ve iyileştirilmesine yönelik çözüm alternatifleri geliştirilir ○ Sistem zafiyetleri / yetersizlikleri tespit edilir ve sistemin iyileştirilmesine yönelik çözüm alternatifleri geliştirilerek uygulanır. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sağlanan yetenek ○ Odak Sistemin envanterden çıkarılması kararı ○ Arıza ve ömür verileri dokümanı ○ Envanterden çıkarma onayı ○ Güncellenmiş ömür devri maliyet tahmini ○ Kazanılmış dersler
Envanterden Çıkartma Safhası		
Girdiler	ELD Süreci	Çıktılar
<ul style="list-style-type: none"> ○ Sistem/ürün ○ İlgili malzemelere yönelik emniyet veri dosyaları ○ Envanterden çıkarma planı ○ Envanterden çıkarma stratejisi ○ Bakım/destek verileri ○ Ömür Devri Maliyet Tahmini 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Envanterden çıkartma planına göre, kullanım safhasında uygulanan destek faaliyetleri sonlandırılır ○ ELD elemanlarının, farklı sistemlerde kullanılabilirliği değerlendirilir ○ Tersine lojistik faaliyetleri yürütülür ○ Sistem ve destek elemanları, tekrar kullanımı, geri dönüşümü, yenileştirilmesi, elden geçirilmesi, arşivlenmesi, depolanması veya imha edilmesi içinamacıyla kontrol edilebilir seviyede parçalarına ayrılır ○ Eğer sistem depolanacaksa, depolama alan ve/veya tesisleri, depolama süresi, ve kontrol kriterleri tanımlanır ○ Gelecekte kullanılma ihtimaline karşılık sisteme ait ELD veri ve bilgilerinin arşivlenmesi sağlanır. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Envanterden çıkarma safhası gerçekleşme raporu ○ Olası mali fayda ○ Toplam ömür devri maliyeti raporu ○ Sonraki programlar için geri besleme ○ Gerçekleşen ömür devri maliyeti

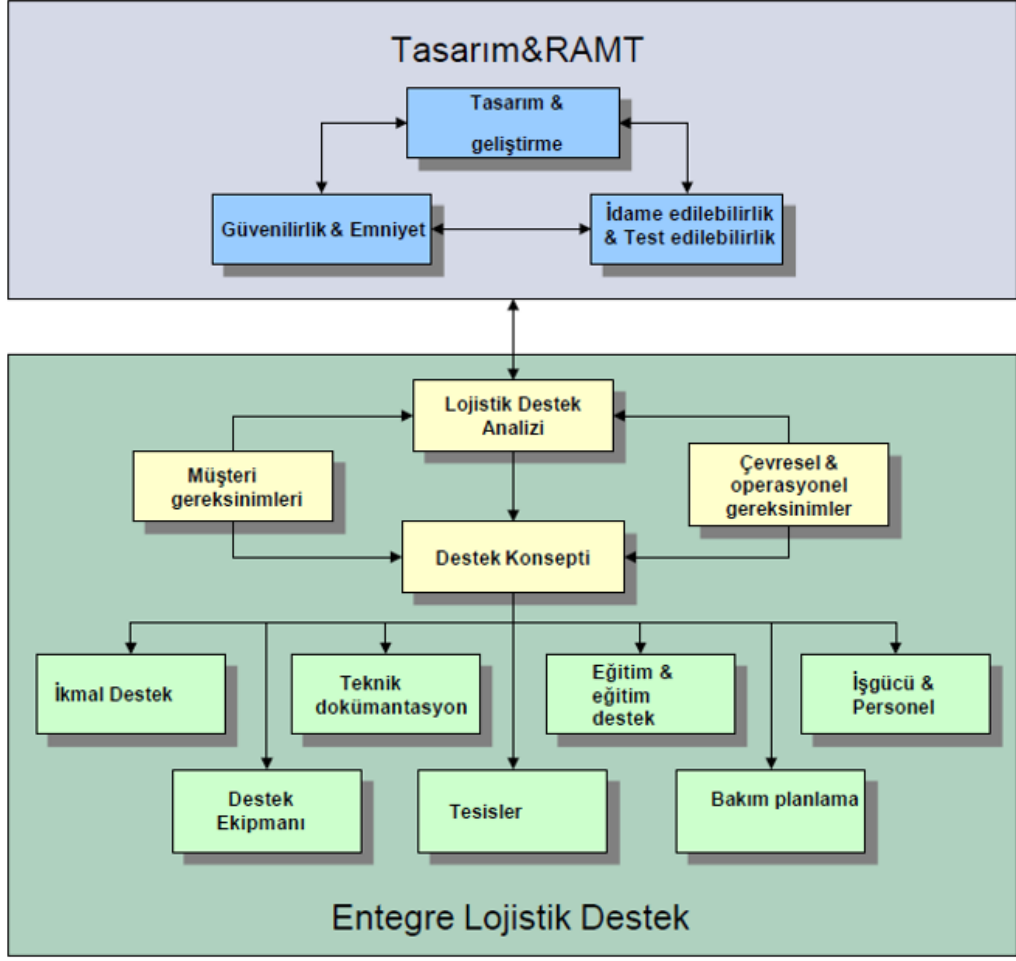
2.2.3 Lojistik Destek Analizi

Lojistik Destek Analizi (LDA), genel olarak desteklenebilirlik gereksinimlerini değerlendiren ve sistem tasarımı ile destek sistemi gereksinimlerini entegre eden sistematik ve iteratif bir süreçtir. LDA'nın kendisi tek başına teknik yayın, ikmal destek veya eğitim gibi ayrı bir ELD elemanı değildir ancak sistem mühendisliği

ve ELD organizasyonunun ve sürecinin ayrılmaz ve temel bir parçasıdır (S3000L, 2014: Bölüm-2).

Desteklenebilir bir sistemin ve destek elemanlarının eş güdümlü olarak tasarlanması, lojistik destek stratejisinin oluşturulması ve lojistik destek faaliyetlerinin sürdürülmesi için sistem ömür devrinin değişik safhalarında ELD'nin bir alt fonksiyonu olan LDA'lar tekrarlamalı olarak yapılır (Jones, 2014; S3000L, 2014: Bölüm-2; NATO/ALP-10, 2011).

LDA; sistem ve destek eleman tasarımlarının etkilemesini, alternatif destek elemanlarının geliştirilmesini ve değerlendirilmesini, sistem ve destek elemanlarını etkileyen ömür devri maliyetinin hesaplanmasını sağlayan analitik model ve araçlar içermektedir. Ömür devri sürecindeki, yönetimsel ve teknik tüm ELD faaliyetleri LDA'lar ile yürütülmektedir (Jamil, vd., 2018:55). Tasarıma etki kapsamında yapılan LDA çıktıları, Şekil 2.8'de gösterildiği üzere ürün tasarımının şekillendirilmesinden ELD elemanlarının tanımlanmasına kadar bir çok alanda kullanılmaktadır. Sistem ömür devrinin kullanım/destek ve envanterden çıkartma safhalarında icra edilen destek faaliyetlerinin planlama süreci, geliştirme safhasında yapılan LDA ile başlamaktadır (S3000L, 2014: Bölüm-1.2). Başka bir deyişle ELD'nin; ürün tasarımını ve lojistik destek stratejisini etkileyerek, sistem ömür devrini kontrol etmesini ve yönlendirmesini sağlayan temel etken LDA faaliyetleridir.



Şekil 2.8: LDA'nın sistem tasarım ve ELD elemanları ilişkisi

Kaynak: (S3000L, 2014: Bölüm-1.2; Jamil, vd., 2018:55).

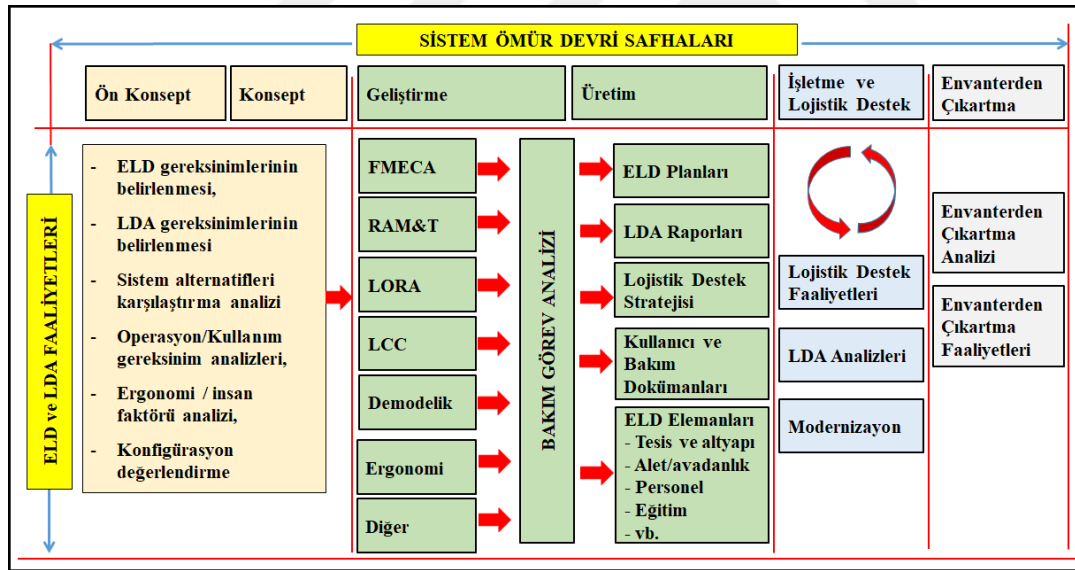
Sistem ömür devri safhalarında icra edilen LDA'ların temel amaçları aşağıda sıralanmıştır (MIL-STD-1388-2B, 1991; MIL-STD-1388-1A, 1993; MIL-PRF-49506, 1996; MIL-HDBK-502A, 2013; S3000L, 2014; JSP-886, 2012; Jones, 2014).

- Tasarıma etki ederek, maliyet etkin ve kesintisiz desteklenebilir sistem(lerin) tasarlanmasını sağlamak,
- Minimum ömür devri maliyetinde elde edilebilecek optimum sistem performansını, sağlamak,
- Sistem(lerin) desteklenmesi sürecinde ihtiyaç duyulan destek donanımlarının / ELD elemanlarının (bakım planı, ikmal planı, personel, eğitim, tesis v.), ürün tasarımına eş güdümlü olarak belirlenmesi, tanımlanması ve/veya geliştirilmesini sağlamak,

- Destek stratejisinin oluşturulmasına katkı sağlamak,
- Sistemin ömür devri süresince desteklenebilmesi ve envanterden çıkartılması için ihtiyaç duyulacak bütün kaynakları belirlemek ve tanımlamak,
- Kullanım/Destek safhasında, saha verileri kullanılarak sistemin desteklenebilirlik durumunun değerlendirilmesini sağlamak,
- Sistem ömür devri maliyetini optimize etmek.

Sistem ve destek elemanlarının tasarımını etkilemek, yönlendirmek, kontrol etmek, iyileştirilmesine yönelik kararlar almak için sistem ömür safhalarında Şekil 2.9’da gösterilen ELD ve LDA faaliyetleri icra edilmektedir (S3000L, 2014: Bölüm 1-3).

Programın erken safhasında, sadece lojistik gereksinimlerinin belirlenmesi ve tanımlanmasından ibaret olmakla birlikte geliştirme ve üretim aşamalarında lojistik faaliyetler yoğunlaşmakta ve sistem ve destek elemanları ile ilgili önemli kararların alınması sağlanmaktadır (Shuklaa, vd., 2014; S3000L, 2014:42).



Şekil 2.9: Ömür devri safhalarında yapılan ELD ve LDA faaliyetleri

Kaynak: (Shuklaa, vd., 2014:2).

Desteklenebilir bir sistemin tasarlanması, destek stratejisinin oluşturulması ve destek elemanlarının geliştirilmesi için ömür devrinin geliştirme safhasında yapılan bazı LDA’lar Tablo 2.6’da sunulmuştur. Kullanım/destek safhası için ELD faaliyetlerinin planlamanın başlama noktası, geliştirme safhasında yapılan LDA’lardır (S3000L, 2014:Bölüm 1-3).

Tablo 2.6: Geliştirme safhasında icra edilen LDA listesi

AŞAMA-1	AŞAMA-2	AŞAMA-3	AŞAMA-4	AŞAMA-5	AŞAMA-6
Gereksinim Tanımlama	Kavramsal Tasarım	Ön Tasarım	Detay Tasarım	Alt Sistemlerin Entegrasyonu ve Kalibrasyon	Ana Sisteme Entegrasyon ve Testler
ELD PLANI					
Hata Türleri, Etkileri ve Kritiklik Analizi [Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA)]					
Güvenilirlik, Hazır Olma ve Bakım Yapılabilirlik Analizi [Reliability, Availability and Maintainability (RAM) Analysis]					
Ömür Devri Maliyet Analizi [Life Cycle Cost Analysis (LCC)]					
Onarım Seviyeleri Analizi [Level Of Repair Analysis (LORA)]					
Bakım Görevi Analizi [Maintenance Task Analysis (MTA)]					
ELD Planı ve Dokümantasyon					

Lojistik Destek Analizlerinin sonuçları ve destek kaynak verileri, LDA veritabanında kayıt altına alınarak, bütün program elemanlarına, tasarım alternatiflerinin desteklenebilirliğini ve hedeflerini değerlendirmede kullanılacak ortak bir veri kaynağına erişimi sağlar. LDA veri tabanı, sistem tasarımının şekillendirilmesi ve ELD elemanlarının (ör. iş gücü ve personel, yedek parça, eğitim, destek ve test ekipmanı, eğitim ve eğitim teçhizatı, teknik yayınlar vb) belirlenmesi, optimize edilmesi ve izlenebilirliğinin kurulması gibi faaliyetlerde kullanılır. LDA kayıtları üretim, kullanım ve destek safhaları boyunca da ömür devri maliyetleri, kullanıma hazır olma ve desteklenebilirlik hedeflerini karşılamak üzere kullanılır ve gelişmelere bağlı olarak güncellenir (MIL-STD-1388-2B, 1991: Bölüm-5; MIL-HDBK-502A, 2013: Bölüm-5; S3000L, 2014: Bölüm 1-3).

2.2.4 Lojistik Destek Analizinin Tarihçesi ve Gelişimi

Biçimsel ELD uygulamalarının 1965 yılında Amerika’da ortaya çıkmasına müteakip yıllarda, sayısal bilgi işlem platformları ve kompleks sistemlerin yaygınlaştığı, teknoloji yönetiminin teknoloji savaşlarına dönüştüğü 1970’li yıllardan itibaren LDA kullanılmaya başlanmıştır (Ljubisa ve Kristin, 2019:3542).

1980’lerin başında ABD Savunma Bakanlığınca, bütün ELD disiplinleri tarafından kullanılabilir, MIL-STD-1388-1A Lojistik Destek Analizleri isimli doküman

geliştirilmiştir. Başlangıçta ABD Silahlı Kuvvetlerinin ana sistem tedarik mevzuatlarında yer verilen LDA prensipleri, 1983 yılında, günümüzde güncellenmiş versiyonları halen kullanılmakta olan standartların yürürlüğe girmesiyle tedarik ve sistem mühendisliği bilimlerindeki merkezi rolünü yansıtan dokümantasyona kavuşmuştur (MIL-STD-1388-1A, 1993: iii).

Günümüzde, ülkelerin, resmi (NATO) ve özel kurumların (GEIA; AIA/ASD), genel prensipleri örtüşmekle birlikte uygulamada ufak nüanslar içeren Tablo 2.7’de sunulan standart ve rehber dokümanlar hazırlanmış, uygulama desteği sağlayan birçok ticari yazılım geliştirilmiştir. Birçok ülkenin de süreci kendi sistemlerine adapte ederek kullanmaya başlamasıyla, LDA desteklenebilirlik gereksinimlerinin sistem tasarımına dahil edilmesinde evrensel dil haline gelmiştir.

Tablo 2.7: Lojistik destek analizleri süreçlerinde kullanılan standartlar

Standart İsmi	Açıklama
MIL-STD-1388-1A (mülga)	Amerikan Savunma Bakanlığı tarafından ilk olarak 1983 tarihinde yayımlanmıştır. LDA sürecini oluşturan genel gereksinimler ve görev tanımlarını açıklamaktadır. MIL-STD 1388-1A, 1997 tarihinde iptal edilmiş ve yerine “MIL-HDBK-502 Tedarik Lojistiği” dokümanı yayımlanmıştır.
MIL-STD-1388-2B (mülga)	13881-1A’ya göre gerçekleştirilecek analizlere dair veri tanımlarının ilişkisel tablo yapısına göre kaydedilmesini sağlayan veri tabanını tanımlamaktadır. 1996 tarihinde iptal edilmiştir.
MIL-HDBK-502A	MIL-HDBK-502, ilk olarak Amerikan Savunma Bakanlığı tarafından 1997 tarihinde “Tedarik Lojistiği” ismi ile yayımlanmıştır. Standardın A revizyonu 2013 yılında “ Ürün Destek Analizleri ” ismi ile tekrar yayımlanmıştır. Bu dokümanda, sistem ve ekipmanlarının ömür devri süresince Ürün Destek Analizlerinin gerçekleştirilmesine yönelik bir çerçeve tanımlamaktadır. Örnek uygulamalar da içermektedir.
MIL-PRF 49506 (mülga)	Lojistik Yönetim Bilgisi isimli bu spesifikasyon 1996 yılında yayımlanmış ve 2005 tarihinde iptal edilmiştir. Bu dokümanda, tedarik lojistiği yönetim işlevine, yüklenicilerden destek ve destek ilişkili mühendislik ve lojistik bilgilerinin temin edilmesine yönelik bilgiler tanımlanmaktadır.

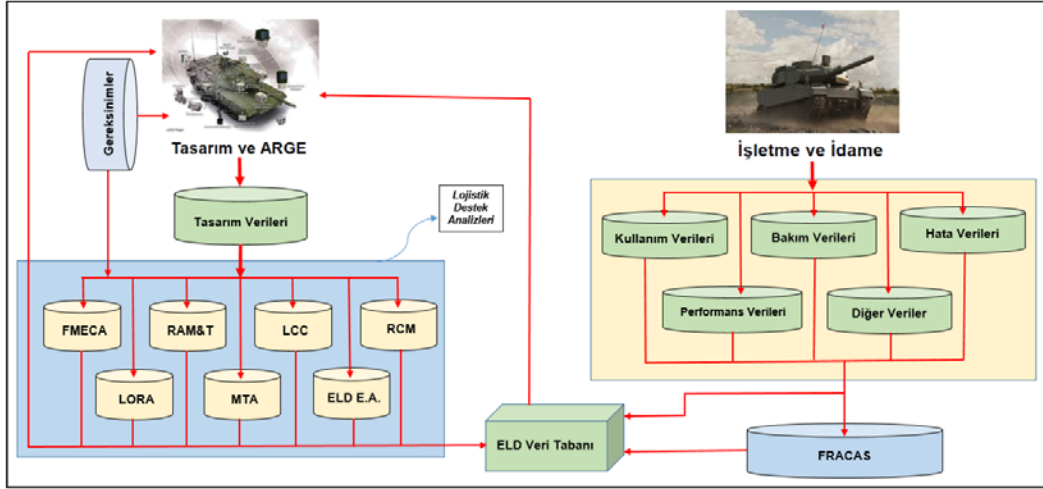
Tablo 2.7 (Devam): Lojistik destek analizleri süreçlerinde kullanılan standartlar.

UK-DEF-STAN-00-60 Part 1 (iptal)	UK-DEF-STAN-00-60 Part 1 “Logistic Support Analysis (LSA) and Logistic Support Analysis Record (LSAR)” isimli doküman, İngiltere Savunma Bakanlığı tarafından 1994 tarihinde yayımlanmış ve 2010 yılında iptal edilmiştir. Doküman, MIL-STD-1388’in bir varyantı olarak nitelendirilebilir. Dokümanda, sistem ve ekipmanlarının ömür devri süresince Ürün Destek Analizlerinin gerçekleştirilmesi ve LDA kayıtlarının tutulmasına yönelik hususlar tanımlanmaktadır.
GEIA 0007	“Lojistik Ürün Bilgisi” olarak isimlendirilen bu standart MIL-STD-1388-2B’nin yerini almıştır. Bu dokümandaki veri tanımları 1388-2B gibi tablo yapısına dayalı olmakla birlikte, veri değişimi XML teknolojisi üzerine inşa edilmiştir.
S3000L	S3000L’nin hazırlama çalışmaları, Aerospace and Defence Industries Association of Europe (ASD) tarafından 2005 yılında başlanmıştır. S3000L’nin 1.0 versiyonu ASD ve Aerospace Industry Association of America (AIA) arasında Haziran 2010 tarihinde imzalanan mutabakat zaptı ile birlikte yayımlanmıştır. Spesifikasyon, 1.1 versiyonu ile Temmuz 2014 tarihinde güncellenmiştir. S3000L genel olarak, DEF-STAN-00-60, MIL-STD-1388-1A, MIL-HDBK-502, ve ISO 10303-239 PLCS standartlarında tanımlanan faaliyet modellerine dayandırılmıştır.

Kaynak: (MIL-STD-1388-1A, 1993; MIL-HDBK-502A, 2013; S3000L, 2014).

Sistem ömür devrinin kullanım ve destek safhasında elde edilen Şekil 2.10’daki saha verileri kullanılarak LDA yapılır. LDA sonucunda elde edilen analiz verileri, sistem ömür devri süresince rahatlıkla kontrol edilebilir ve güncellenebilir özellikteki özel bir formatta kayıt edilir (MIL-STD-1388-2B, 1991:11; MIL-STD-1388-1A, 1993:4; S3000L, 2014;).

Kullanım sürecinde elde edilen kullanım ve bakım verileri, hem tasarımcılar hemde bakım faaliyetlerinden sorumlu teknik personel için çok değerlidir. Bu bilgiler hata tespiti, test işlemleri, düzeltici faaliyetler, yedek parçaların tedariki ve benzeri faaliyetlerde kullanılmaktadır. Tasarım aşamasında yapılan LDA analiz sonuçlarını doğrulamak ve sonuçlarını güncellemek için bu verilerden faydalanılır. Şekil 2.10’da gösterildiği gibi, kullanım safhasında FRACAS’a kaydedilen hata raporları ve düzeltici faaliyetler, tasarım safhasında hesaplanan performans ve güvenilirlik/bakım yapılabilirlik değerlerinin güncellenmesinde kullanılır (Shuklaa, vd., 2014:2238).



Şekil 2.10: ELD veri tabanının oluşturulması

Kaynak: (Shuklaa, vd., 2014)'dan uyarlanmıştır.

Sistem ömür devri safhalarından geliştirme ve kullanım/destek sürecinde icra edilen LDA'lar, genel olarak Tablo 2.8'de gösterilen ELD faaliyetlerinin tanımlanması, geliştirilmesi ve uygulanması aşamalarında kullanılmaktadır (MIL-STD-1388-1A, 1993; S3000L, 2014).

Tablo 2.8: LDA'ları çıktılarının kullanım alanları

Geliştirme Safhası LDA	Kullanım/Destek Safhası LDA
Desteklenebilirlik kapsamında, sistem tasarımına girdi sağlanması	Desteklenebilirlik durumunun (hazır olma, bakım yapılabilirlik, tedarik vb.) tespit edilmesi
Maliyet etkin destek stratejisinin belirlenmesi	Sistem performansı ve sistem güvenilirlik durumlarının tespit edilmesi
Destek elemanlarının (altyapı ve tesis, bakım donanımları, iş gücü, eğitim ve eğitim destek vb) tanımlanması ve geliştirilmesi	Ömür devri maliyet durumunun tespit edilmesi
Bakım görevlerinin belirlenmesi ve bakım planlarının hazırlanması	LDA sonuçlarına göre alınması gereken çözüm alternatiflerinin belirlenmesi
ELD Planı ve teknik dokümanların hazırlanması	

2.2.5 LDA Stratejisi

Maliyet açısından en etkin programı geliştirmek için tedarik (geliştirme ve/veya hazır alım) programının erken safhalarında, LDA programının uyarlama sürecinin

bir parçası olarak, genel bir LDA stratejisi geliştirilir. LDA stratejisi, LDA gereksinimleri nihai hale getirmeden önce, muhtemel tasarım ve operasyonel yaklaşımların, desteklenebilirlik karakteristiklerinin ve mevcut verilerin analiz edilmesi, LDA programının tasarım üzerinde desteklenebilirlik etkisinin artırılması gibi temel alanlara odaklanılmasını sağlar (MIL-HDBK-502A, 2013:9). LDA stratejisi, sistem ve ekipman desteklenebilirlik hedeflerinin kapsamı, yapılması planlanan niceliksel analizler, kaynak durumu, sistem operasyonel senaryosu, bakım konsepti gibi ana faktörler göz önünde bulundurularak belirlenir (S3000L, 2014:2.3).

LDA stratejisinin temel amacı, LDA'ya ilişkin ne yapılması gerektiğine dair bilinçli bir karar verme sürecinin yürütülmesine ışık tutmak ve İhtiyaç Makamı ile Yüklenicinin LDA faaliyetlerindeki sorumluluklarının belirlenmesi ve kaynak planlaması gibi temel hususlara katkı sağlamaktır. LDA stratejisi ömür devrinin ön konsept aşamasında İhtiyaç Makamı tarafından belirlenir ve geliştirme safhasında stratejinin geliştirme ve güncelleme sorumluluğu Yükleniciye devredilir. Tedarik programında meydana gelen değişikliklere göre LDA stratejisi de güncellenir (MIL-HDBK-502A, 2013:9).

2.2.6 LDA Program Planı

Sistem tasarım ve geliştirme programlarında, LDA stratejisine uyumlu LDA Programı hazırlanır. LDA Programı (LDAP), aşağıda sunulan ana elemanlardan oluşur (S3000L, 2014:2.7; MIL-HDBK-502A, 2013:4).

- o LDA faaliyetlerini tanımlayan LDA Program Planı,
- o LDA faaliyetlerinin zamanlamasını ortaya koyan LDA takvimi,
- o LDA faaliyetlerini sürdürececek kalifiye personel görevlendirilmesi,
- o Tasarım, desteklenebilirlik ve ELD disiplinlerinin yönetimi.

Lojistik Destek Program Planında genel olarak, proje sürecinde yürütülecek LDA faaliyetlerinin kimler tarafından, nasıl ve hangi esaslara göre yürütüleceği tanımlanmaktadır. LDAP Planı, ömür devrinin konsept safhasında taslak olarak hazırlanır ve geliştirme safhasının başından itibaren projedeki gelişmelere bağlı olarak güncellenir. LDA Program Planı, LDA faaliyetlerinde rol alacak personelin

başvuracağı bir doküman niteliğindedir. LDA Program Planında aşağıdaki hususlar tanımlanır (MIL-HDBK-502A, 2013: 4-10; S3000L, 2014: 2.6-2.7).

- Yöneticiler, analiz ekipleri, tasarım ekipleri ve altyükleniciler, arayüzü sağlayacak sorumlular ve İhtiyaç Makamı'ndan oluşacak LDA organizasyonu ve sorumlulukları tanımlanır.
- Sistem ve alt sistemler tanımlanır, alt sistem arayüz ilişkileri belirtilir ve görev profilleri açıklanır.
- Sistemin operasyonel çevresel koşulları, stres etkenleri (mekanik, termal, elektriksel, kimyasal, elektro-kimyasal, radyasyon) ve kısıtlılıklar belirtilir. LDA faaliyetleri ile ilgili kural ve varsayımlar tanımlanır.
- Her bir LDA faaliyeti için uygulanacak standartlar, kullanılacak matematiksel modeller ve formüller tanımlanır.
- LDA'ların uygulama adımları belirtilir. LDA sürecinde rol alan paydaşların rolleri tanımlanır.
- Sistemi oluşturan her bir alt elemana uygulanacak analiz(ler) listelenir.

2.2.7 LDA ile Tasarım İlişkisi

Bir ürünü daha verimli ve maliyet açısından daha etkin hale getirmek üzere sistem/altsistem veya ekipman tasarımını etkilemek için kullanılabilecek faktörlerden ön plana çıkan bazıları aşağıda sunulmuştur (MIL-STD-1388-1A, 1993:12; S3000L, 2014: 2.8; Jones, 2014: Bölüm 4).

- Sistemin kullanım profilleri,
- Müşterinin kullanım ve destek konseptleri,
- Kullanıma uygunluk,
- Performans gereksinimleri,
- Kaynak / bütçe durumu
- Güvenilirlik,
- Hazır olma
- İdame edilebilirlik,
- Bakım yapılabilirlik

- Emniyet ve güvenlik
- Test edilebilirlik,
- Prognostik
- Standartlaştırma,
- Değitirilebilirlik,
- Çevresel koşullar,
- İnsan faktörü/ergonomi
- Azalan İmalatçı Kaynakları ve Üretimden Kalkma Risk Yönetimi (Demodelik)

2.2.8 LDA Aktiviteleri ve Temel LDA Süreci

LDA faaliyetinin uygulanmasında kapsam ve içerik açısından standartlar arasında ufak farklılıklar olmakla birlikte, projelerde genel olarak aşağıda sunulan LDA faaliyetleri icra edilmektedir (MIL-STD-1388-1A, 1993; JSP-886, 2012; MIL-HDBK-502A, 2013; S3000L, 2014; Jones, 2014).

- Karşılaştırmalı Analiz
- İnsan Faktörü Analizi
- Konfigürasyon Değerlendirme
- Güvenilirlik Analizi,
- Hazır Olma Analizi
- Ömür Devri Maliyet Analizi,
- İdame Edilebilirlik Analizi
- Test Edilebilirlik Analizi
- HTEA / HTEKA
- Hasar Analizi
- Özel Olay Analizi
- Planlı Bakım Analizi
- Bakım Seviyesi Analizi
- Bakım Görev Analizi (MTA)
- Yazılım Destek Analizi
- Lojistik İlişkili Operasyonlar Analizi
- Eğitim İhtiyaçları Analizi (TNA)

LDA süreci ile tasarıma etki faaliyetleri de gösterilmektedir. LDA akış diyagramı projeye özgü olarak farklılık gösterebilmektedir.

LDA, oldukça fazla maliyet ve iş gücü gerektiren bir süreçtir. Bu nedenle, sistemi oluşturan her bir alt parçaya yukarıda sıralanan tüm LDA'ları yapmak maliyet etkin bir çözüm değildir. LDA adayları seçilirken LDA'dan elde edilecek fayda ile LDA çalışmaları için harcanacak kaynak arasında iyi bir denge kurulmaya çalışılmalıdır. Sistemin fonksiyonel ve fiziksel yapısına, analiz süreçlerinin türüne ve analizin derinliğine göre LDA adayları farklılık gösterebilmektedir (MIL-STD-1388-1A, 1993:13; S3000L, 2014:Bölüm-3).

2.2.9 Güvenilirlik Analizi

Güvenilirlik, bir sistemin veya alt ünitenin belirli kullanım koşullarında ve belirlenen sürede, hedeflenen performans değerinin altına düşmeden (arıza yapmadan) fonksiyonunu yerine getirebilme olasılığıdır (JSP-886, 2012; O'Connor ve Kleyner, 2012: 7.2; Jones, 2014: 4.1; S3000L, 2014; INCOSE, 2015: 226; Jamil, vd., 2018). Başka bir ifadeyle; sistem güvenilirliği, "sistem arıza yapmadan ne kadar süre çalışabilir?" sorusunun cevabıdır.

Güvenilirlik, Hazır Olma ve Bakım Yapılabilirlik parametreleri, ömür devri süresince sistemin operasyonel performans hedeflerini yerine getirmesini sağlar. Güvenilirlik, bakım yapılabilirlik ve lojistik destek sistemi, askeri kabiliyetleri önemli derecede etkileyen hazır olmanın, hedeflenen seviyede olmasını sağlar (Jamil, vd., 2018: 56).

Ürün güvenilirlik gereksinimi, sistem ömür devrini (fiziksel, ekonomik ve teknolojik) ve lojistik destek kararlarını etkileyen en önemli tasarım parametrelerinden biridir. Her ürün, müşterinin üründen beklediği gereksinimleri, hedeflediği performanslarda yerine getirmesine yönelik üretilmektedir. Müşterinin kalite, güvenilirlik ve hazır olma farkındalığı arttıkça, üreticiler müşteri gereksinimlerini karşılayacak sistem(ler) üretmeye zorlanmaktadır (Kumar, 2001:5).

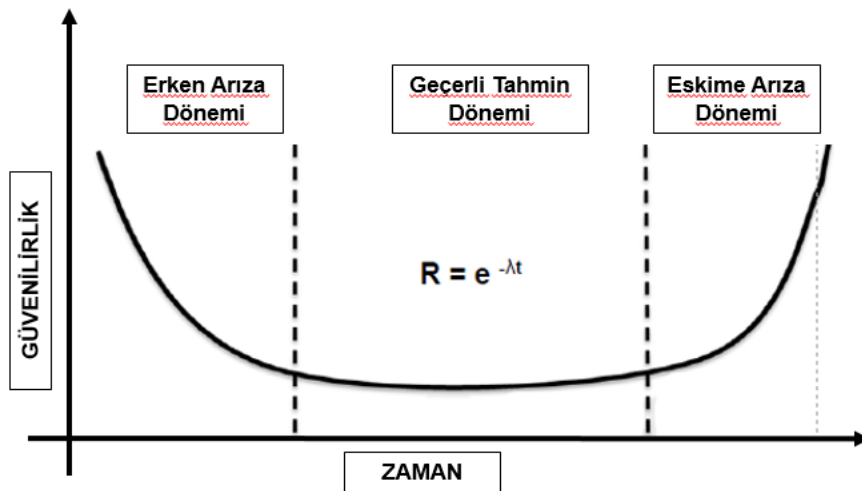
Sistemi oluşturan bileşenlere ait arızalanma verileri kullanılarak uygun arızalanma dağılımı ve dağılım parametrelerinin bulunmasıyla sistemin güvenilirlik değeri hesaplanmaktadır. Güvenilirlik değeri, hata oranının ifadesidir. Düşük hata oranı, yüksek MTBF değerini yaratır (Malone ve Nguyen, 2015:1-2). Yaygın olarak kullanılan dağılımlarla ilgili temel eşitlikler Tablo 1.9'da verilmektedir.

Tablo 2.9: Arıza dağılımları ile ilgili fonksiyonlar

	Üstel	Lognormal	Normal	Weibull
f(t)	$\lambda e^{-\lambda t}$	$\frac{1}{\sigma t \sqrt{2\pi}} \exp -\frac{1}{2} \frac{\ln t - \mu}{\sigma}^2$	$\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp -\frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2}$	$\frac{\beta t^{\beta-1}}{\theta^\beta} \exp -\frac{t}{\theta}^\beta$ β : şekil parametresi θ : ölçek parametresi
F(t)	$1 - e^{-\lambda t}$	$P T \leq t = P z \leq \frac{\ln t - \mu}{\sigma}$	$P t \leq t = P(t \leq \frac{t - \mu}{\sigma})$	$1 - e^{-\frac{t}{\theta}^\beta}$
R(t)	$e^{-\lambda t}$	$P T > t = P z > \frac{\ln t - \mu}{\sigma}$	$P t > t = P(t > \frac{t - \mu}{\sigma})$	$e^{-\frac{t}{\theta}^\beta}$

Kaynak: (Elsayed, 1996).

Sistemin, ömür devri içerisindeki arıza yoğunluk dağılımları Şekil 2.11'de gösterilen kuvvet eğrisine benzetilmektedir. Sistemler genel olarak erken dönemler ile yaşlanmaya yakın safhalarda olduğundan daha fazla hata verdikleri görülmektedir (S3000L, 2014:13.1).



Şekil 2.11: Hata fonksiyonunun zamana göre değişimi.

Kaynak: (Tavner, vd., 2007: 5; Wang, vd., 2002:398)

Sistem güvenilirlik analizi, sistem tasarımı belirli bir olgunluk seviyesine geldiğinde yapılır. Elde edilen sistem güvenilirlik değeri istenilen seviyede sağlanamamışsa, tasarım tekrar gözden geçirilerek gerekli tasarımsal değişiklikler yapılır. Tasarım ve analiz sürecine, hedeflenen sistem performansı ve güvenilirlik düzeyi karşılanana kadar devam edilir (Elsayed, 1996:69).

Sistem güvenilirlik hesaplamaları üç adımda gerçekleştirilmektedir (Elsayed, 1996: 70-72).

- o Bileşenlerin ya da alt parçaların detaylı olarak gösterildiği blok diyagramlar oluşturulur,
- o Oluşturulan blok diyagrama karşılık gelen güvenilirlik grafiği oluşturulur,
- o Tüm sistemin güvenilirliği hesaplanır.

Seri bağlı olan sistemlerin güvenilirlikleri çarpılarak

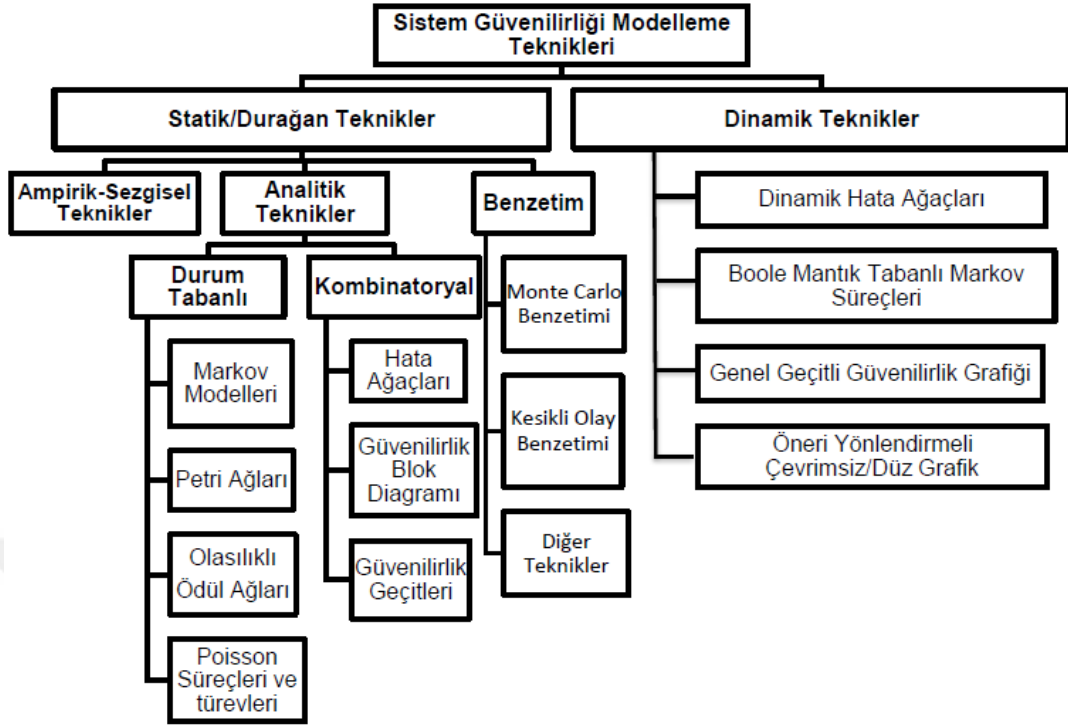
$$(R1 * R2 * \dots * Rn) \quad \text{(Denklem 2.1)}$$

şeklinde hesaplanırken, paralel bağlı devreler,

$$(1 - (1/R1) * (1/R2) * \dots (1/Rn)) \quad \text{(Denklem 2.2)}$$

şeklinde hesaplanmaktadır (Jones, 2014: Bölüm-4).

Sistemin dinamik veya statik olması gibi özellikleri, güvenilirlik hesaplama yöntemi seçimini etkilemektedir (Distefano ve Puliafito, 2009:1381). Bu yöntemler, Şekil 2.12'de verilmiştir.



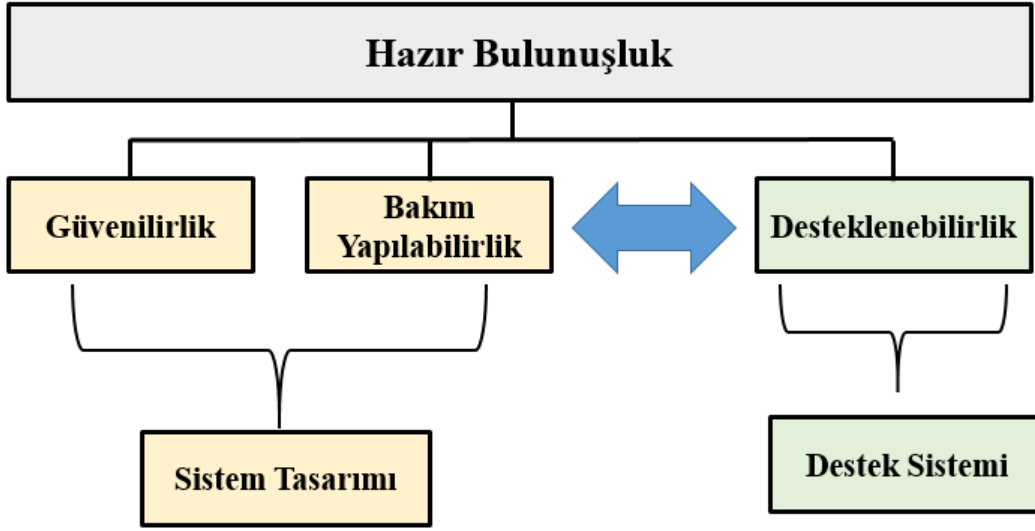
Şekil 2.12: Sistem güvenilirliği modelleme teknikleri.

2.2.10 Hazır Olma (Availability) Analizi

Hazır olma, sistemin herhangi bir zaman diliminde, tanımlanan görevini yerine getirmek için göreve hazır olma durumunun ölçüsüdür (Jones, 2014: 10.2) (S3000L, 2014: 5.4; INCOSE, 2015:228).

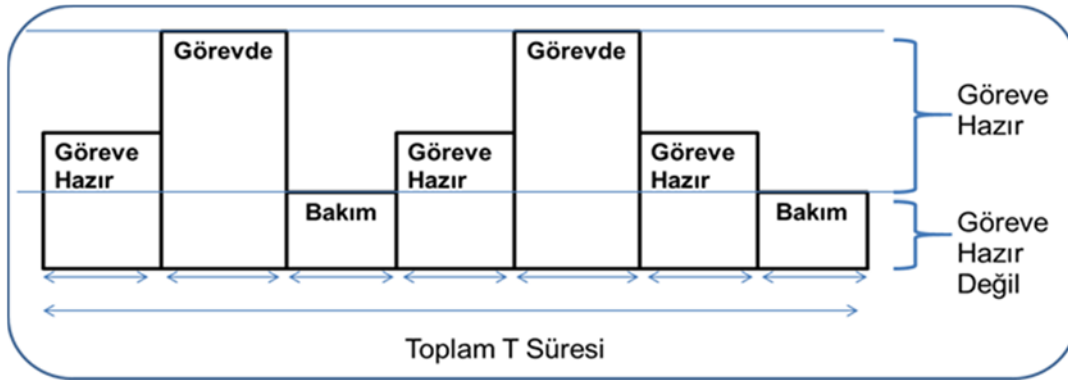
Hazır olma, sistemin bakım sürecinin dışındaki zamanı/süreyi ifade etmektedir. Diğer bir deyişle “sistemin herhangi bir zamanda görevini yerine getirme olasılığı (yüzde olarak) nedir?” sorusunun cevabıdır.

Güvenilirlik, idame edilebilirlik ve desteklenebilirlik gibi faktörler Şekil 2.13’de gösterildiği gibi sistem hazır olmaya önemli derecede etki etmektedir (S3000L, 2014: 5.4).



Şekil 2.13: Sistem hazır olma kırılımı

Sistemler ömür devri süresince göreve hazır, görevde, bakımda veya arızalı olma durumlarına göre görevlerini yapabilirler veya gayri faal olabilirler. Hazır olmanın amacı sistemlerin Şekil 2.14’de gösterilen çalışır veya çalışmaz durumlarını, birbirlerine oranlayarak o esnada görevlerini yerine getirebilme olasılığını hesaplamaktır.



Şekil 2.14: Sistem hazır olma durumu.

Hazır olma durumuna Tablo 2.10’da gösterilen farklı gecikme süreleri eklenerek farklı hesaplamalar yapılabilir. Sistemin belirlenen göreve hazır veya gayri faal olma durumlarına göre kazanılmış hazır olma, görevsel hazır olma ve mevcut hazır olma durumu olarak üçe ayrı hesaplama yapılabilir (Jones, 2014:10.2).

Tablo 2.10: Sistem hazır olmama durumları

Lojistik Gecikme Süreleri			Düzeltilici Bakım (Onarım) Süreleri		Periyodik Bakım Süreleri	İdari Bakım Süreleri
Destek ekipmanlarını hazırlama süresi	Teknisyen hazırlık ve ulaşım süresi	Yedek parça tedarik ve ikmal süresi	Arıza tespit süresi	Arızalı parça değişim süresi	Belirli aralıklarla uygulanan bakım süreleri	Sipariş açma, onaylama, bekleme vb. süreler

Sistem geliştirme safhasında, tasarıma etki edecek tabii ve kazanılmış hazır olma değerleri hesaplanır. Bu hesaplamalarda lojistik ve idari gecikme süreleri kullanılmaz. Bu hesaplamalar, her türlü bakım teşkilinin hazır olduğu ideal bir ortamda bir parçanın yenisiyle değiştirilme veya bakımının yapıldığı süreyi tespit etmek için kullanılır. İşletme ve lojistik destek safhasında ise idari ve lojistik gecikmeler ile bakım süreleri de olmak üzere tüm lojistik gecikme faktörleri kullanılarak operasyonel hazır olma oranı hesaplanır (Jones, 2014:10.2).

2.2.10.1 Tasarımsal /Tabii /Doğal Hazır Olma (Inherent Availability)

Bir sistemin Tabii Hazır Olma ölçüsü, ürünün güvenilirlik ve idame edilebilirliği tarafından belirlenir ve sistemin zaman içinde herhangi bir anda tanımlı kullanım koşulları altında ve ideal destek ortamında (destek kaynaklarında herhangi bir zafiyet olmadığı durumda) yeterli düzeyde çalışacağı olasılığı olarak tanımlanır. Tabii Hazır Olma, sadece düzeltilici bakım (onarım/tamir) süresi kullanılarak, aşağıda sunulan eşitliğe göre hesaplanır (S3000L, 2014: 5.4; Jones, 2014:10.2).

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad \text{(Denklem 2.3)}$$

A_i = Tabii Hazır Olma
 $MTBF$ = Arızalar Arası Ortalama Süre
 $MTTR$ = Ortalama Onarım Süresi

2.2.10.2 Kazanılmış / Erişilen / Başarılan Hazır Olma (Achieved Availability)

Kazanılmış Hazır Olma, Tabi Hazır Olmaya benzemekle birlikte içerisinde önleyici bakım faaliyetlerini de kapsar ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$A_a = \frac{MTBM}{MTBM + \bar{M}} \quad \text{(Denklem 2.4)}$$

A_a = Erişilen Kullanıma Hazır Olma
 $MTBM$ = Bakımlar Arasındaki Ortalama Zaman
 \bar{M} = Ortalama aktif bakım işlem zamanı

2.2.10.3 Operasyonel Hazır Olma (Operational Availability)

Operasyonel Hazır Olma ise ürün ve destek sisteminin birleşimi ile ortaya çıkar. Bir sistemin belirli kullanım koşullarında, gerçek destek ortamında ihtiyaç duyulduğunda yeterli düzeyde çalışma olasılığı olarak tanımlanır ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanır (S3000L, 2014: 5.4; Jones, 2014: 10.2; Jamil, vd., 2018).

$$A_o = \frac{\text{Çalışma Süresi}}{\text{Toplam Süre}}$$

$$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MDT}$$

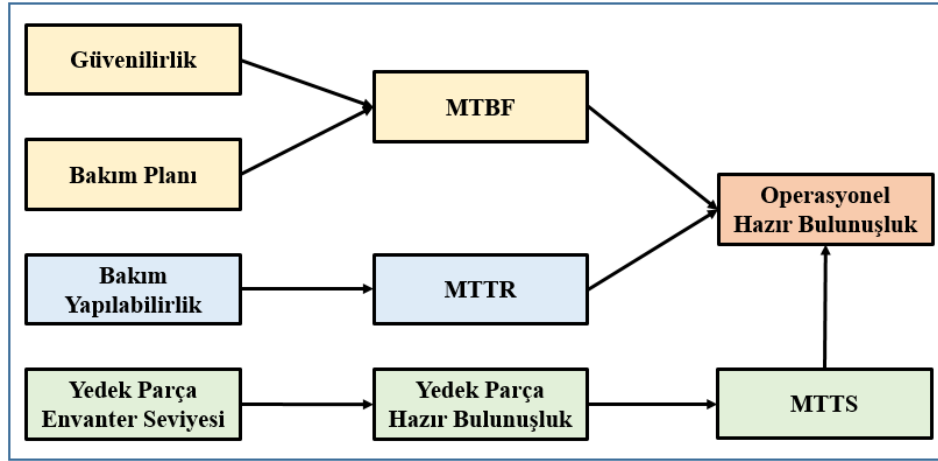
$$A_o = \frac{OT + ST}{(OT + ST) + (TCM + TPM + ALDT)} \quad \text{(Denklem 2.5)}$$

A_o = Operasyonel Hazır Olma
 $MTBM$ = Bakımlar Arasındaki Ortalama Zaman
 MDT = Ortalama Çalışmayan Süre
 OT = Yıllık İşletme Süresi
 ST = Yıllık Hazırda Bekleme Süresi
 TCM = Toplam Düzeltici Bakım Süresi
 MDT = Toplam Önleyici Bakım Süresi
 $ALDT$ = İdari ve Lojistik Gecikme Süresi

Kullanıcı gereksinimlerinden biri olan Operasyonel Hazır Olma, sistem tasarım parametrelerinin yanında lojistik ve bakım planından da etkilenmektedir. Düşük sistem güvenilirliği yüksek hata oranına neden olur, bu durum sistemin MTBF değerinin düşmesine neden olur. Benzer şekilde, onarılabilir sistemler ve bakım

programları MTBF üzerinde önemli derecede etkilidir. Bakım yapılabilirlik durumu, MTTR (Mean Time to Repair) vasıtasıyla sistem hazır olmayı etkiler (Asjad, Kulkarni, vd., 2012: 145).

Bakım yapılabilirlik seviyesi ne kadar yüksek olsa da, lojistik gecikmeler (MTTS / Mean Time to Support) sistemin operasyonel hazır olmayı etkilemektedir. Şekil 2.15’da görüldüğü üzere yedek parça hazır olma seviyesi MTTS’yi etkilemektedir. Artan güvenilirlik, hazır olma, bakım yapılabilirlik, bakım periyodu, ve yedek parça envanterinin önemli bir maliyet karşılığı vardır. Örneğin, yüksek yedek parça hazır olması, lojistik destek kanalının iyileştirilmesi ile sağlanabilir. Ancak bu durum yedek parça elde tutma maliyetini yükselterek, lojistik destek maliyet etkinliğini azaltacaktır (Pecht, 2009:5-7).



Şekil 2.15: Kullanıcı gereksinimlerinin etkileri

Kaynak: (Asjad, Kulkarni, vd., 2012: 146)

Operasyonel Hazır Olmayı etkileyen faktörlerden biri olan Onarım Seviyesi (LOR /Level of Repair), bakım faaliyetinin nerede, kim tarafından ve nasıl yapılacağını açıklamaktadır. Örneğin, arızalı parça onarımlarının atölyede yapılması MTTR değerini etkileyeceğinden, Operasyonel Hazır Olma değeri düşecektir. Başka bir durumda, arızalı ünite kullanım alanında yenisiyle değiştirilerek, sadece arızalı ünite onarıma gönderilmesi durumunda MTTR değeri oldukça düşecektir. Ancak bu durum, envantere daha fazla yedek parça bulundurma zorunluluğundan, envanter tutma maliyetini arttıracaktır (Asjad, Kulkarni, vd., 2012: 146).

2.2.11 Ömür Devri Maliyet Analizi

Ömür devri maliyeti; sistemin tasarlanmasından, envanterden çıkartılıncaya kadarki süreçte icra edilen her türlü faaliyet sonucunda oluşan ve Tablo 2.11’de gösterilen maliyetlerin toplamıdır (Fbrycky, vd., 1999: 448; Lad ve Kulkarni, 2008: 79; Blanchard, 2009: 1-3; Jones, 2014: Bölüm-11; S3000L, 2014: Bölüm-14).

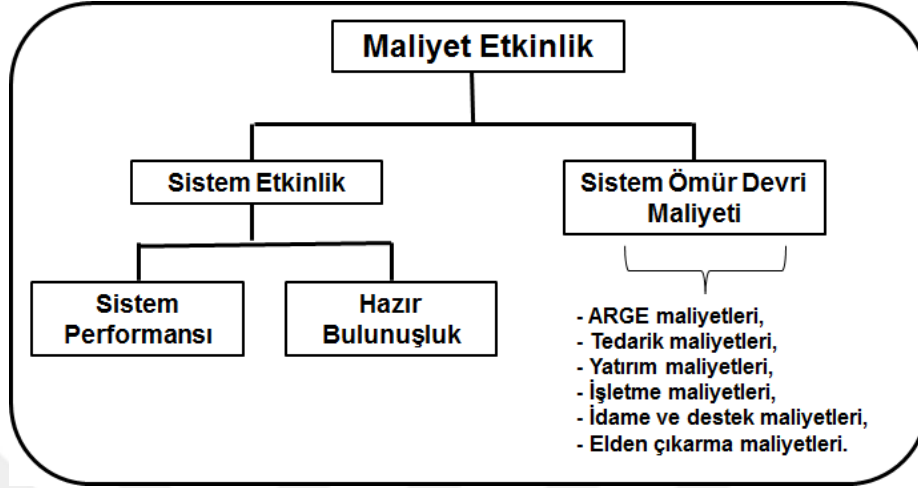
Tablo 2.11: Sistem/ürün ömür devri maliyet detayı

Toplam Sistem Ömür Devri Maliyeti			
Araştırma ve Geliştirme Maliyeti	Üretim ve Yapı Maliyeti	Kullanma ve Bakım Maliyeti	Envanterden Çıkartma Maliyeti
Sistem/ürün yönetimi	Üretim/yapım yönetimi	Sistem/ürün ömür devri yönetimi	Onarılamayan sistem/ürün parçalarının elden çıkartılması
Ürün planlama	Mühendislik analizler	Sistem/ürün kullanımı	Sistem/ürünün elden çıkartılması
Ürün araştırma	Üretim	Sistem/ürün dağıtım, taşınması	Elden çıkartma dokümantasyonları
Mühendislik tasarım	Yapım	Sistem/ürün bakımı	
Tasarım dokümantasyonu	Kalite kontrol	Yedek parça ve bakım teşkili envanteri	
Sistem/ürün yazılımı	Başlangıç lojistik destek faaliyetleri	Kullanıcı ve bakım eğitimi	
Sistem/ürün test ve değerlendirme			

Sistem işletme ve destek maliyetleri, tedarik maliyetlerini (tasarım, geliştirme, üretim) genellikle önemli ölçüde aşar. Bu nedenle belirli bir ürünün tedarik edilmesine ilişkin karar sadece ürünün ilk maliyetinden (tedarik maliyeti) değil, ömür devri boyunca beklenen işletme ve destek maliyetleri ile envanterden çıkartma maliyetlerinden de etkilenmektedir (S3000L, 2014: 14.3).

ELD’nin ve LDA’nın temel amacı; desteklenebilir sistem ve uygun destek elemanı tedarik etmenin paralelinde, sistem ömür devri maliyet etkinliğini sağlamaktır

(Jamil, vd., 2018: 56). Maliyet Etkinlik, Şekil 2.16'da gösterildiği gibi sistem etkinlik ile sistem ömür devri maliyeti faktörlerinin bir sonucudur (S3000L, 2014: 5.8).



Şekil 2.16: Maliyet etkinlik ile sistem performansı ilişkisi

Sistemlerin maliyet etkin bir şekilde desteklenmesi için her alanda tasarım iyileştirmesi yapılabilir. Örnek olarak idame edilebilirlik kapsamında yapılan tasarım geri bildirimleri ile bakım onarım süreleri azaltılarak maliyet etkinlik bir açıdan sağlanmış olur. Ayrıca sistemin ömür devri maliyet analizi yapılarak analizde çıkan yüksek maliyet kalemlerine odaklanılır ve işletme-destek maliyetlerinin düşürülmesi hedeflenir (Lad ve Kulkarni, 2008:79-82).

ÖDM Analizi, alternatif sistem çözümlerini mukayese etmek için kullanılan teknik bir süreç olup programın erken safhalarında, diğer LDA'lerden önce başlatılır. ÖDM Analizleri, LDA sürecindeki aşağıda sunulan konularda bir karar kriteri olarak kullanılmaktadır (Jones, 2014:14.2).

- o LDA aday kalemlerinin belirlenmesi
- o Her bir aday kalem için gerçekleştirilecek analizlerin belirlenmesi
- o Tasarıma etki
- o Konfigürasyon değerlendirilmesi
- o Onarım Seviyeleri Analizi

Sistem saha verileri (kullanım, arıza, bakım, tedarik, maliyet, faal/gayri faal olma durumu vb.) kullanılarak yapılan “güvenilirlik”, “hazır olma”, “ömür devri süresi” ve “maliyet etkinlik” analizleri, sistem ömür devri durumunu açıkça ortaya

koymaktadır. Başka bir deyişle, LDA sonuçları sistemin, kullanıcı gereksinimlerini karşılama durumunu göstermektedir.

2.3 İnsansız Hava Aracı (İHA)

2.3.1 İHA Tanımı ve Tarihi Gelişimi

İnsansız Hava Araçları ile ilgili bugüne kadar, “HERON”, “DRONE”, “İHA” gibi farklı isimlendirmeler kullanılsada literatürde en çok İnsansız Hava Aracı Sistemi (İHAS) kavramının kullanıldığı görülmektedir (Kahveci ve Can, 2017: 511; Dikmen, 2015: 146).

İHAS, otonom uçuş yeteneği vasıtasıyla veya uzaktan kumanda aracılığıyla yönlendirilebilen, icra edilecek göreve göre kamera, sensör, muharebe ekipmanları, mühimmat veya diğer yükleri taşıyabilen pilotsuz hava aracıdır (Gupta, vd., 2013:1658; Koç, 2017:2; Çoban ve Oktay, 2018:177).

Başlangıçta askeri alanda, keşif, gözetleme, hedefleri tespit etmek gibi istihbari amaçlarla kullanılmaya başlanılan İHA’lar, günümüzde askeri kullanımının yanında yangın gözetleme, çevre ve yapılaşmanın kontrolü gibi bir çok sivil alanda da kullanılmaktadır. Askeri operasyonlarda can kaybını önlemek ve operasyonun devamlılığını sürdürmek amacıyla; pilotlu uçaklarla yapılan bir çok askeri görev, uydu iletişimi, haberleşme, veri güvenliği, ateş etme gibi ekipmanlarla donatılmış Taktik İHA’lar tarafından icra edilmektedir. (DeGarmo ve Nelson, 2004:1-8; Newcome, 2004:1-30; Akyürek, vd., 2012:3-7; Gupta, vd., 2013:1647; Çoban ve Oktay, 2018:178; Çoban, 2018:4; Tansü veKatrancı, 2020:340-341;).

İHA’ların, pilotlu hava araçlarına göre avantajları aşağıda sıralanmıştır.

- İnsanlar için yüksek risk teşkil eden Nükleer, Biyolojik ve Kimyasal (NBC) gibi muharebe şartlarında kullanılabilir, kullanılabilmektedir,
- İnsanların fiziksel yapısına bağlı yorgunluk ya da çalışma saati gibi sınırlamaları olmadığından uzun süreli gözetleme ve keşif faaliyetlerinde kullanılabilir, kullanılabilmektedir,

- Kritik ve tehditin yüksek olduğu muharebe ortamlarında kullanılabilir, kullanılabilmektedir,
- Düşük emisyon ve daha az gürültü seviyesine sahiptir,
- Üretim, bakım, yakıt, hangar masrafları bakımından daha ekonomiktir,
- Keşif ve gözetleme gibi muharebe görevlerinde fark edilebilme ve vurulma olasılıkları daha düşüktür,
- İmha edildiğinde, pilot kaybı yoktur ve uçağa nispeten maliyet kaybı düşüktür,
- Tehlikeli ve riskli görevlerde keskin manevra ve riskli hareketler yapma olanağı vardır.
- Pilot için gerekli sıcaklık, basınç gibi ayarlamalar yapan sistemlere gerek olmadığından, ağırlık va maliyet avantajı bulunmaktadır (Newcome, 2004: 1-30; (DeGarmo ve Nelson, 2004: 1-8; Çoban, 2018: 4; Akyürek, vd., 2012: 34-37).

Teknolojik gelişmelere ve değişen ihtiyaçlara bağlı olarak İHA'lara birçok yenilikler ilave edilerek, Tablo 2.12'de listelenen askeri ve sivil alanlarda kullanılmaktadır.

Tablo 2.12: İHA Sistemlerin askeri ve sivil kullanım alanları.

Askeri Kullanım Alanları				Sivil Kullanım Alanları		
Keşif ve Gözetleme	Saldırı ve Elektronik Savaş	Hedef Benzetim	Özel Görevler	Acil Durum Uygulamaları	Çevresel Kullanım Alanları	İzleme Operasyonları
Saha keşif, gözetleme faaliyetleri	Hava sahası savunma	Sinyal istihbaratı	Haberleşme desteği	Arama kurtarma	Atmosferik araştırma	Araç trafiği izleme
	Yakın hava desteği	Radar, muharebe ve önleyici Elektronik harp	Mayın ve patlayıcı tespiti	Yangın gözleme ve mücadele	Hava durumu tahmini	Sınır ve kıyı seridi izleme
	İç güvenlik		NBC tespiti	Deprem, sel, kasırga, volkan gözleme ve izleme	Okyanus gözlemleri	Enerji hattı izleme
	Hava savunma sistemlerinin imhası		Arama, kurtarma ve lojistik faaliyetler	Afet ve felaket değerlendirme ve operasyon yönetimi	Jeolojik araştırmalar	Çevre durumu izleme
	Hedef ve sahte uçak		Kargo taşıma	Kargo taşıma	Kasırga ve volkan araştırmaları	Orman yangını izleme ve tespiti
			Kentsel harp			Arazi haritalandırma
			Çoklu İHA görevi			Uyuşturucu trafiği izleme
			Savunma harbi			Balıkçı izleme

Kaynak: (DeGarmo ve Nelson, 2004:1-8; Gupta, vd., 2013: 1646-1658; Dikmen, 2015: 149-150; Korkmaz, vd., 2016: 103-105; Çoban ve Oktay, 2018:177-184; Tansü & Katrancı, 2020: 340-341)

İHA'lar ilk olarak 1900'lü yılların başlarında görülmeye başlasa da, teknolojik gelişmeler, taktik ve stratejik kullanım gereksinimi gibi değişik nedenlerle seri üretimi soğuk savaş dönemi sonrasında başlayabilmiştir. İHA'lar, keşif gözetleme, sahte hedef yaratma ve hedef saptırma, lazerle işaretleme, hedef imha etme gibi birçok amaçlarla 2000'li yıllarda ABD ve İsrail orduları tarafından muharebe alanlarında (Afganistan, Irak, Yeme, Suriye, Kosava, vb.) aktif olarak kullanılmıştır (Newcome, 2004: 1-3; Kahveci ve Can, 2017: 512; Akyürek, vd., 2012: 22-38; Çoban, 2018: 4-20).

Keşif ve gözetleme amacıyla kullanılan İHA'lar genel olarak Taktik İHA (TİHA) olarak tanımlanmaktadır. Keşif ve gözetleme görevine yönelik yapılan tasarımlarda belirli bir sınıflandırması bulunmamakla birlikte, bazı farklılıklar olsa da TİHA'ların havada kalma süresi 4-12 saat, azami kalkış ağırlığı 50-1500 m. ve maksimum irtifası 8.000 olarak kabul görmektedir. Bu amaçla geliştirilen TİHA'lar, muharebe alanından elde ettiği verileri gerçek zamanlı olarak yer kontrol istasyonuna iletmektedirler. TİHA'ların izleyecekleri güzergah, uçuş öncesi otomatik pilot sistemine yüklenebilmekte ve uçuş esnasında ihtiyaç durumunda da uçuş koordinatları değiştirilebilmektedir. TİHA'ların yönlendirilmesi (seyrüseferi); GPS, ataletsel seyrüsefer sistemi veya her ikisi birden kullanılarak yapılmaktadır. GPS uydularını elinde bulunduran ABD'den bağımsız olmak için günümüzde yaygın olarak GPS ve ataletsel seyrüsefer sistemi birlikte kullanılmaktadır (Çoban, 2018:16).

2.3.2 İHA'ların Sınıflandırılması

İHA'lar, askeri ve sivil uygulamalara bağlı olarak birçok görevlerde yoğunlukla kullanılmaktadır. İHA'lar kullandıkları alanlara, yaptıkları işlere, kapasiteleri, boyutları, ağırlıkları, dayanımları, irtifa, menzil, hız gibi performans özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. İHA'lar için uluslararası geçerliliği olan bir sınıflandırma halihazırda bulunmamakta ve ülkeler kendi sınıflandırmasını yapmaktadır. İHA'ların performans özellikleri ile motor yapısına göre sınıflandırılması ve örnek İHA'lar Tablo 2.13'de listelenmiştir (Akyürek, vd., 2012:2-3; Gupta, vd.,

2013:1646-1658; Dikmen, 2015:149-150; Korkmaz, vd., 2016:103-105; Koç, 2017:2; Çoban ve Oktay, 2018:177-184).

Tablo 2.13: İHA'ların performans özelliklerine ve motor yapısına göre sınıflandırılması

İHA'ların Sınıflandırılması	Açıklamalar		
Ağırlığı	Fazla Ağır	>2000 Kg	Global Hawk, X-45, Darkstar, Predator B, Raptor, Condor, Theseus, Hellos Eurohawk, Mercator, Global Observer, Phantom Ray
	Ağır	200 - 2000 Kg	A – 160, Skyforce, Hermes 1500, Heron Tp, Predator-It, Dominator, E-Hunter
	Orta	50 - 200 Kg	Raven, Hermes 90, Yh-300sl
	Hafif	5 - 50 Kg	RPO Midget, Bayraktar, Malazgirt, Scan Eagle, Mikado, Raven, Robocopter
	Mikro	<5 Kg	Dragon Eye, Black window, Microstar, Microbat, Fancopter, Hornet
Maksimum Havada Kalış Süresi ve Menzili	Uzun	> 24 Saat > 1500 Km	Global Hawk, Predator B, X-47b, Phantom Ray
	Orta	5 - 24 Saat 100 - 400 Km	ZANKA-III, Çaldıran, Karayel, Aerostar, Anka, Heron, Predator, Reaper, Skyforce, Hermes 1500, Heron Tp, Predator-It, Dominator, E-Hunter Shadow 600, Outrider, Pioneer, Silver Fox
	Kısa	< 5 Saat < 100 Km	Pointer, Bayraktar, Malazgirt, Scan Eagle, Mikado, Raven, Robocopter, Black window, Microstar, Microbat, Fancopter, Hornet
Maksimum İrtifa Kabiliyeti	Yüksek	> 10000 m	X-45, Predator B, Darkstar, Global Hawk
	Orta	1000 - 10000 m	Finder, ZANKA-III, Çaldıran, Karayel, Aerostar, Anka, Heron, Predator, Reaper, Skyforce, Hermes 1500, Heron Tp, Predator-It, Dominator, E-Hunter
	Alçak	< 1000 m	Pointer, Dragon Eye, FPASS, Bayraktar, Malazgirt, Scan Eagle, Mikado, Raven, Robocopter, Black window, Microstar, Microbat, Fancopter, Hornet
Kanat Yükleme (Toplam ağırlık / Kant alanı)	Yüksek	> 100	Global Hawk
	Orta	50 - 100	X - 45
	Alçak	< 50	Seeker
Motor Tipi	İki zamanlı	Pioneer, RPO, Midget	
	Turbofan	Global Hawk, Darkstar, Phoenix, X – 45, X – 50, Fire Scout	
	Turboprop	Predator B	
	Piston	Neptune, Dragon Drone, Finder, GNAT, A 160, Crecerelle, Seeker, Brevel, Snow, Goose, Silver Fox, Heron	
	Elektrikli	Dragon Eye, Dragon Warrior, Pointer, Raven, Luna, Javelin	
	Pervaneli	LEWK, Sperwer	

Yoğunluklu olarak yurt içi imkan ve kabiliyetler kullanılarak Türkiye’de geliştirilen Bayraktar, Karayel ve ANKA TİHA’ların tespit edilebilen bazı teknik özellikleri Tablo 2.14’de verilmiştir (Çoban & Oktay, 2018: 177-184).

Tablo 2.14: Türkiye’de geliştirilen İHA’ların bazı teknik özellikleri

TİHA	Üretici Firma	Gövde Uzunluğu	Kanat Açıklığı	Max. Kalkış Ağırlığı	Faydalı Yük Ağırlığı	Max. İrtifa	Havada Kalma Süre	Max. Menzili	Azami Hızı
Bayraktar TİHA	Kale-Baykar	6.5 m.	12 m.	650 kg.	55 kg.	27.000 feet 8.230 m.	24 saat	4040 km.	
Karayel	Vestel				70 kg.	22.500 feet	20 saat		
ANKA	TUSAŞ	8 m.	17 m.	1500 kg.	200 kg.	30.000 feet	24-32 saat		217 km/s

2.4 Karar Destek Sistemi

2.4.1 Bilgi Sistemleri

Günümüzde bilim, teknoloji, haberleşme ve modern yönetim sistemlerinin gelişmesine bağlı olarak depolanan bilgi miktarı ve çeşitliliği önemli derecede artmıştır. Bu bilgiden daha fazla yararlanmak amacıyla bilgisayar destekli bir çok bilgi sistemi geliştirilmiş ve hizmete alınmıştır.

Bilgi sistemleri organizasyonların karar verme prosesine destek sağlamak amacıyla tasarlanmıştır (Gökçen, 2007: 26). Bilgi sistemleri genel olarak, organizasyonlarda yöneticilerin stratejik faaliyetleri için karar almalarında katkı sağlamaktadır. Bilgi sistemleri; karar verme, işlemlerin kontrolü, problemlerin çözümü veya yeni ürün oluşturmada organizasyonların gereksinim duydukları bilgileri üretir. Bilgi sistemi, girdi, işlem ve çıktı proseslerinden oluşmaktadır. Girdi, organizasyon içerisinde ve/veya dışından verileri toplarken, işlem toplanan bu verileri bilgiye dönüştürür. Çıktı fonksiyonu ise işlenmiş bilginin kullanılmak üzere aktarılmasını sağlayacak geri besleme fonksiyonuna da sahiptir. Bilgisayar destekli bilgi sistemi türleri

aşağıda sunulmuştur. Tüm bu sistemlerin her biri, yöneticilerin sağlıklı karar verebilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Gökçen, 2007:35; Tahirov, 2009:124).

- **Karar Destek Sistemleri**
- Yönetim Bilgi Sistemi
- Veri İşleme Sistemleri
- Yapay Zeka ve Uzman Sistemleri
- Üst Yönetim Destek Sistemleri
- Ofis Otomasyon Sistemleri
- Veri Taban Yönetim Sistemleri
- İletişim Sistemleri.

2.4.2 Karar Destek Sistemi

Karar Destek Sistemi (KDS), karar vericilerin doğru, hızlı ve etkin karar almasını sağlamak için ihtiyaç duyulan verilerin düzenlenmesini, analiz edilmesini ve alternatiflerin oluşturulmasını sağlar. KDS'nin temel amacı, kullanıcılara çözüm geliştirmekte faydalı olmaktır (Gökçen, 2007:26-27; Ballı, vd., 2009:17). KDS, bir problemi çözmek için bir uzmanın düşünme mantığına benzer şekilde hareket eden, verileri, yöntemleri ve modelleri birbirleriyle ilişkilendiren ve bütünleştiren yazılım sistemleridir. Problemlerin yapısal olmayan şekle kayması, karmaşıklaşması, belirsizlik ortamının artması KDS'ye ihtiyacı arttırmaktadır (Özkazanç, 2008:53).

KDS, 1960'larda Yönetim Bilgi Sistemi (YBS) olarak ortaya çıkmış olup daha çok veri toplama, düzenleme, depolama ve yeniden düzenleme işlerinde kullanılmıştır. Yönetim bilgi sistemine basit modelleme ve istatistiksel yöntemler ilave edilince rutin kararları alır hale getirilmiştir. Bilgisayar destekli bilgi sistemlerinin en son aşaması, insan beyninin özelliklerini taklit ederek, karar almayı sağlayan yapay sinir ağlarıdır (Eom ve Kim, 2006:1265).

2.4.3 KDS'nin Özellikleri

Tanımlar incelendiğinde, KDS'lerin aşağıda sunulan özellikleri ön plana çıkmaktadır (Eom ve Kim, 2006:1264; Gökçen, 2007 26; Tahirov, 2009:126; Ballı, vd., 2009:15; Elmas ve Sönmez, 2011:9226; Ünal G., 2011:103).

- KDS, elde edilen veriler ışığında karar vericilere karar almalarında yardımcı olurlar, asla karar vericilerin yerini almazlar, son karar her zaman karar vericilerindir.
- KDS, organizasyonun her kademesindeki yöneticilere, operasyonel, taktik ve stratejik kararların alınmasında; yapısal, yarı yapısal ve yapısal olmayan destek sağlar,
- KDS, yoğunlukla yarı yapısal ve yapısal olmayan karar alma durumlarında kullanılmaktadır.
- KDS oluşturulmasında temel olarak aşağıda sunulan üç fonksiyon kullanılır.
 - Veri Yönetimi; veriyi elde etmek ve kullanmak,
 - Model Yönetimi; çözüm üretmek ve sonuçlar elde etmek,
 - Diyalog Yönetimi; kullanıcılar için arayüzler yaratmak.
- KDS, kullanıcıyla uyumlu arayüzler geliştirilerek ve grafiklerle desteklenerek kullanıcı dostu hale getirilebilir. Kullanıcı tarafından kontrol edilebilir.
- KDS, karar vermenin verimliliğinden (maliyet gibi) çok, karar vermenin etkinliğini (doğruluk, zamanlılık ve kalite gibi) iyileştirmeye çalışır.
- KDS aynı zamanda bir bilgi sistemidir,
- KDS, önemli planlama faaliyetlerindedeki etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

2.4.4 KDS'nin Kullanım Alanları

KDS, bilgisayar teknolojisinde ve yönetim bilimlerindeki gelişmelere paralel olarak son yıllarda aşağıda sıralanan alanlarda; veri analizi, kaynak planlama ve tahsisi, tahmin, bilgi paylaşımı, faaliyet belirleme gibi konularda karar desteği sağlamak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Eom & Kim, 2006:1265).

Askeri Uygulamalar: Stratejik ve taktik birimlere harekât etkinliği, insan gücü planlama, lojistik planlama, strateji belirleme, teknoloji geliştirme gibi ana askeri fonksiyon alanlarında karar desteği sağlamak,

Yönetim Uygulamaları: Her seviyedeki yöneticilere ve karar vericilere, maliyet, insan gücü planlama, strateji belirleme vb. konularda karar desteği sağlamak,

Mühendislik Uygulamaları: Yeni ürün geliştirme, ürün tasarımı, üretim tasarımı, pazara sunma, maliyet düşürme gibi alanlarında yöneylem araştırması gibi teknikleri uygulayarak mühendislik konularında karar desteği sağlamak,

Eğitim ve Öğretim Uygulamaları: Etkin bir eğitim öğretim sisteminin oluşturulmasında, eğitimin türü, süresi, kapsamı gibi konularda karar vericilere karar desteği sağlamak,

Lojistik Uygulamalar: Lojistik hususlarda karar verici ve yöneticilere ulaştırma, üretim, tedarik, satın alma, depo yeri seçimi, depolama, tahmin, stok yönetimi, dağıtım, yükleme optimizasyonu gibi ana lojistik fonksiyon sahalarında karar desteği sağlamak için uygulamalarda kullanılmaktadır (Eom ve Kim, 2006: 1265).

2.4.5 KDS'nin Faydaları

- KDS, karmaşık ve karar vermenin zor olduğu durumlarda karar vericiye analitik modeller vasıtasıyla hızlı, doğru ve etkin karar verme desteği sağlar.
- Alternatif çözümler üreterek karar vericiye zaman ve kaynak tasarrufu sağlar, ayrıca esnek karar alma imkanı sunar,
- Girdi faktörlerinde değişiklikler yapılarak duyarlılık analizi yapılmasını sağlar.
- Etkin bir veri tabanı yönetimi sağlar.
- KDS sonuçlarının kullanıcıya istediği şekilde (görsel, tablo, grafik) sunulmasını sağlar (Elmas ve Sönmez, 2011)

2.4.6 KDS'nin Zafiyetleri

- KDS bilgisayar tabanlı olduğundan, yetersiz bilgisayar bilgisi sistemin etkin kullanımını sınırlandırabilir,

- KDS'nin esnekliği, fonksiyonelliği, KDS oluşturulan modelin ve ara yüzün etkinliği ile sınırlıdır,
- KDS karar vericinin yerine geçemez ve sadece karar vericiye karar vermede destek sağlar. Bu nedenle, KDS'den beklenti tam olarak karşılanamaması durumunda, kullanıcıda KDS'ye karşı olumsuz bir tavır oluşabilir.
- KDS çözümlerinin yorumlanabilmesi için uzman personele ihtiyaç duyulabilir (Ünal, 2011:104).

2.4.7 KDS Türleri

Literatürde genel olarak Tablo 2.15'de sunulan; model tabanlı, veri tabanlı, bilgi tabanlı, doküman tabanlı, ve bilgisayar/bilgi işlem tabanlı olmak üzere beş farklı KDS türü tanımlanmaktadır. En yaygın olarak model tabanlı ve veri tabanlı KDS türlerinin kullanıldığı görülmektedir.

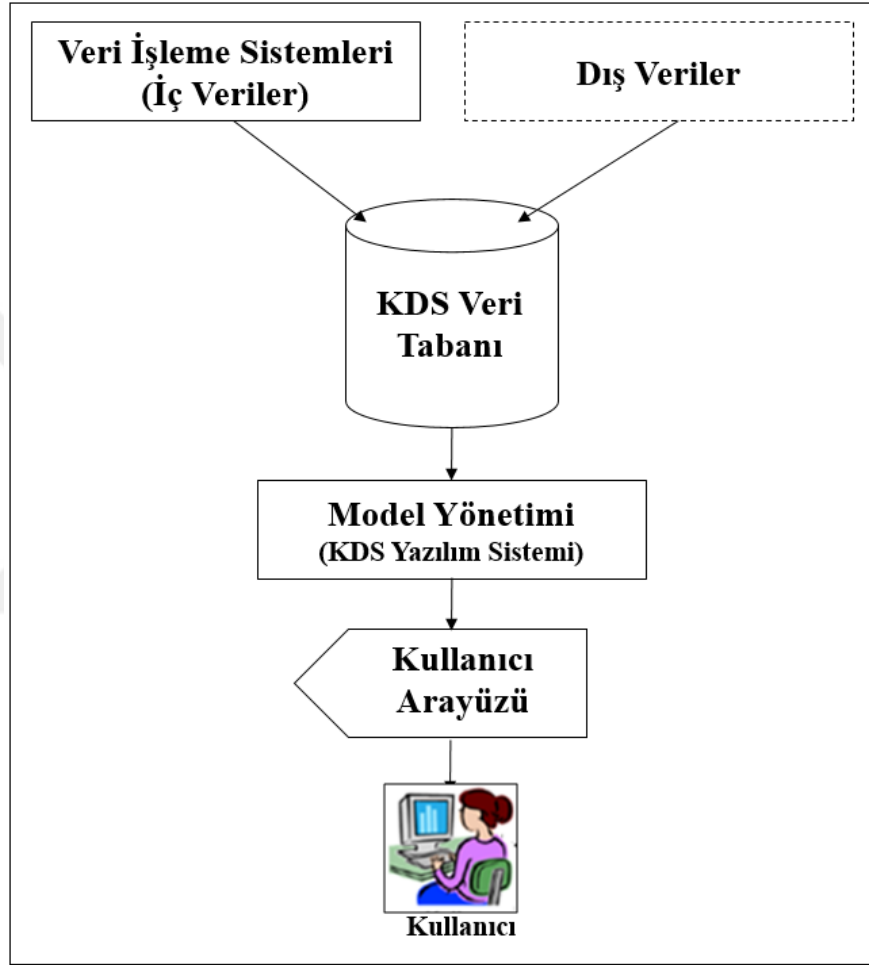
Tablo 2.15: Karar destek modelleri

KDS Türü	Açıklama
Model Tabanlı KDS	Model tabanlı KDS'ler, analiz yeteneği sağlayan yöneylem araştırması, yönetim bilimi, simülasyon, istatistiksel, finansal, tahmin ve diğer kantitatif modelleri kullanarak uygun karar alternatiflerini ortaya çıkarmaya yarayan sistemlerdir. Bu gibi sistemler genellikle merkezi veri tabanı ve bilgi sistemi kontrolü altında olmayan son kullanıcı bölümler ya da gruplar tarafından geliştirilirler.
Veri Tabanlı KDS	Büyük veri tabanlarını analiz ederek istenilen bilgiyi elde eden ve karar vericiye sunan KDS'lerdir. Veri tabanındaki veriyi etkin bir şekilde kontrol edilmesini ve erişilmesini sağlayan Veri Tabanı Yönetim Sistemi yazılımları (MS SQL Server, Oracle, Sybase, Informix vb) kullanılmaktadır.
Bilgi Tabanlı KDS	Yapay zekanın bir ürünüdür ve zeki KDS olarak da tanımlanmaktadır. Zeki davranış gösteren bilgisayar programlarıdır. Kullanıcılarına alternatif eylemler sunarak karar desteği sağlar.
Doküman Tabanlı KDS	Büyük boyutlardaki dokümanlardan meydana gelen veri tabanlarını bir araya getirmek, işlemek, yönetmek ve istenilen bilgiye erişmek amacıyla kullanılır.
Bilgisayar / Bilgi İşlem Tabanlı KDS	Verilerin bilgi işleme yöntemleri ile toplandığı, analitik modellerin bilgisayar ortamında çalıştırıldığı ve yoğunlukla bilgisayarın kullanıldığı sistemlerdir. Model, veri ve arayüzler yazılımlar vasıtasıyla geliştirilerek kullanıcının hizmetine sunulur.

Kaynak: (Ünal, 2011:105).

2.4.8 KDS Bileşenleri

Bir karar destek sistemi Şekil 2.17’de sunulduğu gibi “Veri Tabanı”, “Model Tabanı” ve “Kullanıcı Arayüzü” olmak üzere üç temel bileşenden oluşmaktadır (Gökçen, 2007).



Şekil 2.17: KDS bileşenleri

Kaynak: (Gökçen, 2007)

2.4.8.1 Veri Tabanı / Veri Yönetimi

Veri tabanı/veri yönetimi, yöneticilerin karar verebilmesi için ihtiyaç duyulan verinin elde edilmesi, saklanması ve organize edilmesiyle ilgili değişik faaliyetlerin yerine getirilmesini sağlayan KDS bileşenidir. Veri Yönetimi, veri tabanı ve veri tabanı yönetimi alt sistemlerinden oluşmaktadır. Bu veri tabanı, kişisel

bilgisayardaki küçük bir veri tabanı olabileceği gibi sürekli güncellenen oldukça büyük bir veri havuzunda olabilir (Gökçen, 2007).

2.4.8.2 Model Tabanı / Yazılım Sistemi / Model Yönetimi

KDS için analitik yetenek sağlayan değişik kantitatif modellerin getirilmesi, saklanması ve organize edilmesini sağlayan bileşendir. Model tabanı ve model tabanı yönetim alt sistemlerinden oluşmaktadır. KDS'nin oluşturulma amacına uygun matematiksel ve analitik modeller kullanılır. Yaygın olarak istatistiksel model, doğrusal programlama modelleri, simülasyonlar, stok modelleri, tahmin modelleri gibi modeller kullanılmaktadır (Gökçen, 2007).

2.4.8.3 Kullanıcı Arayüzü / İletişim Birimi / Diyalog Yönetimi

Kullanıcı ile KDS'nin iletişimini sağlayan tek bileşendir. Diyalog Yönetimi, veri ve modellerin girildiği girdi ekranı ve sonuçların elde edildiği çıktı ekranı, konuşma-sorgulama dili işleyicisi, diyalog üretme ve yönetme araçlarını içermektedir. Bu bileşen temel olarak kullanıcıdan gelen işlem komutlarını bilgisayar programlarına dönüştürür. Bu programlar doğrultusunda model yönetimi ve veri yönetimi ile ilişki kurar ve kullanıcının istediği bilgileri oluşturur (Gökçen, 2007).

2.4.9 KDS Model Tabanının Oluşturulmasında Kullanılan Teknikler

Yöneticiler için karar verme, sadece bilgi toplamak ve derlemek değil, aynı zamanda bilimsel karar verme tekniklerini kullanarak doğru karara ulaşmaktır. Karar verme sürecinde analitik çözümler üreten çoğunlukla kantitatif teknikler kullanılmaktadır (Ünal G., 2011:115). Karar Destek Sistemi Model Tabanının oluşturulmasında kullanılan başlıca yaklaşımlar Tablo 2.16'da listelenmiştir.

Tablo 2.16: Karar destek sistemi model tabanının oluşturulmasında kullanılan teknikler

Teknikler	Açıklama
Bulanık Mantık	Karar vericiler genellikle ölçülebilir karar değişkenleri kullanarak rasyonel karar vermek isterler. Ancak günlük hayatta bir çok kavram çok uzun, daha uzun, uzun,, kısa, daha kısa, çok kısa gibi dilsel olarak ifade edilmektedir. Bu tür ölçülemeyen kavramlar, bulanık mantık tekniği kullanılarak ve uzman görüşü alınarak ölçülebilir hale getirilmekte ve üyelik dereceleri ile tanımlanmaktadır. Bulanık mantık, KDS oluşturmakta yoğun olarak kullanılmaktadır.
Tahmin Modelleri ve Olasılık/ İstatistik Teknikleri	Tahmin, delfi metodu gibi kalitatif yöntemler ve zaman serileri, regresyon gibi kantitatif yöntemler kullanılarak gelecekle ilgili anlamlı bilgiler belirleme işlemidir. Elde edilen verilerin nedensellik ilişkileri analiz edilerek bazı tahminler ortaya konulmaktadır. Tahmin ve istatistiksel yöntemler lojistik karar destek faaliyetlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.
Optimizasyon	Matematiksel optimizasyon problemleri genellikle, doğrusal programlama, doğrusal olmayan programlama, çok amaçlı programlama, şebeke problemleri, atama problemleri, dinamik programlama, sezgisel teknikler gibi yöneylem araştırması teknikleri kullanılarak çözümlenmektedir. Üretim planlama, bölge belirleme, araç zamanlaması ve rota belirleme gibi lojistik problemlerin çözümü için, çok fazla değişkenli ve karmaşık matematiksel modellemeler içeren tabu arama, tavlama benzetimi, yerel arama gibi sezgisel algoritmalar geliştirilmiştir.
Benzetim (Simülasyon)	Bir problemi çözmeye yönelik elde edilen veriler ile süreç tekrar tekrar çalıştırılır ve sonuçlar analiz edilerek karar verilmeye çalışılır. Aynı zamanda değişkenlerin aldığı değerler farklılaştırılarak sonuçlar kontrol edilebilir. Simülasyon dinamik bir süreçtir.
Kıyaslama (Benchmarking)	Kıyaslama, bir örgütün başarılı bir faaliyeti referans alınarak; performansını mümkün olan tüm şekillerde karşılaştırıp mevcut olan durumdan daha iyisini oluşturmaya çalışılmasıdır.

Kaynak: (Ünal, 2011:115).

2.4.10 Bulanık Mantık Modelleme

İnsanların aristo mantığı ile çalışan cihazların aksine daha çok sözel verilerle anlaşmasından dolayı günümüzde bu sözel verilerin işlenmesine daha çok önem verilmektedir (Karaarslan, 2008: 69). Zaman içerisinde sözel veriler aynı kalsada, içinde bulunulan şartlara, değerlendirme yapan kişiye veya sisteme göre değişiklik gösterebilir. Sözel verilerin sınıflandırılması ve değerlendirilmesi tamamen sezgisel olmasından dolayı, bu tür problemlerin çözümlenmesinde kesin değerlere dayanan

düşünce yöntemi yerine yaklaşık değerleri kullanan bulanık mantık kullanılmaktadır (Elmas, 2003:186; Ross, 2004:3-8).

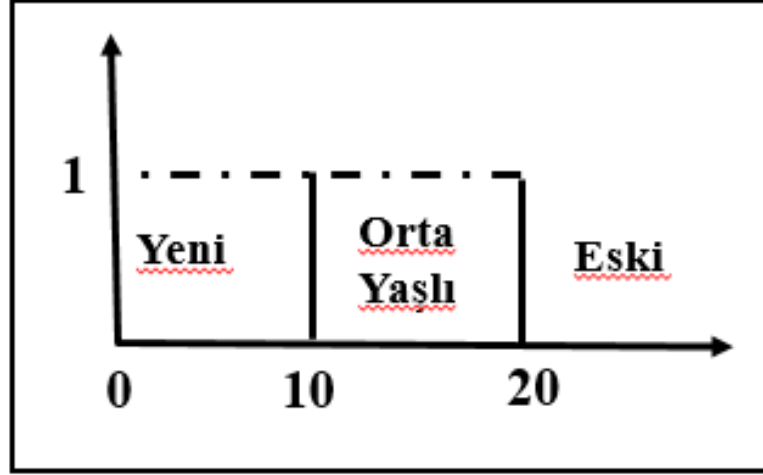
Aristo mantığı (klasik küme teorisi, ikili mantık veya var/1 yada yok/0) ve bu mantığa göre geliştirilen bilgisayar sistemleri, günümüzde belirsizlik içeren gerçek dünya problemlerini çözmekte yetersiz kalmaktadır. Belirsizlik içeren problemlerin çözümüne yönelik Zadeh'in (1965) geliştirdiği Bulanık Küme Mantığı, Aristo mantığına belirsizliği eklemiştir. Ayrıca Zadeh, (1965) tarafından geliştirilen bulanık mantık kuramı, yapay zeka alanındaki çalışmaların ilerlemesine de katkı sağlamıştır. Bulanık mantık, sözel verilerden yararlanılarak, belirsizliğin matematiksel olarak temsil edilebilmesinden dolayı matematiksel olarak modellenemeyen, doğrusal olmayan ve zamanla değişen sistemlerde kolaylıkla uygulanabilmektedir (Ross, 2004:3-5; Ballı, vd., 2009:15-16; Paksoy, vd., 2013:1; Orji & Wei, 2015:1; Nguyen, vd., 2018; Kumar S., 2019:1-3).

Bulanık mantık metodu, belirsizlik içeren durumlarda karar vermeyi sağlayan karar destek sistemlerinin modellenmesinde kullanılmaktadır (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003:63-64). İlk olarak kontrol süreçlerinde kullanılmaya başlanılan bulanık mantık günümüzde personel seçimi, tedarikçi seçimi, yazılım geliştirme stratejileri, tesis yeri ve yerleşimi seçimi gibi bir çok iş alanında problem çözümü olarak kullanılmaktadır (Büyüközkan, Kahraman, vd., 2004:260).

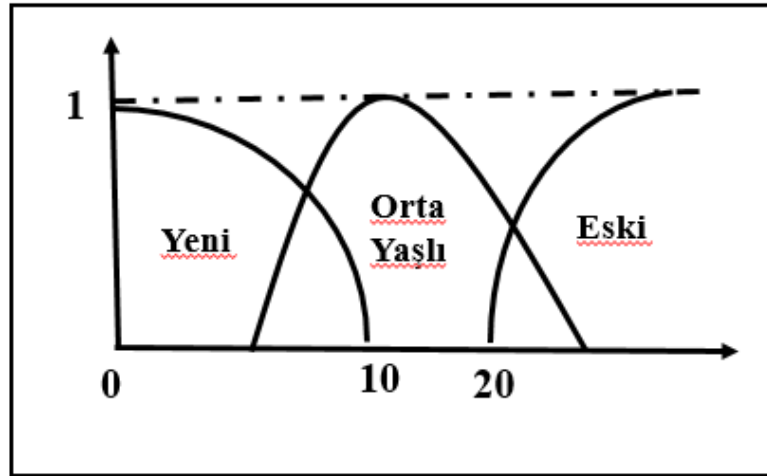
Klasik küme teorisinde (Aristo Mantığında) "0/Yanlış" ve "1/Doğru" dışında üyelik derecesi yoktur. Küme içerisindeki elemanlar kümeye ait ise üyelik derecesi "1", ait değilse üyelik derecesi "0" olarak tanımlanmaktadır. Ancak Bulanık mantık teorisinde kesin doğru (1) ve kesin yanlış (0) arasında sonsuz sayıda doğruluk değerinin olduğu değişen üyelik dereceleri bulunmaktadır (Baykal ve Beyan, 2004; Şen, 2009:Bölüm-1; Şahin ve Okunus, 2011:394).

Örnek olarak; 20 yıl ömür devri süresi olan sistemlerin Şekil 2.18'de görüldüğü gibi 0-5 yaş yeni, 5-20 yaş orta ve 20 yaş üstüne ise eski olarak sınıflandırıldığını farz edelim. Bu üyelik fonksiyonlarına göre 19 yaşında olan bir sistem orta yaşlı kabul edilirken, 21 yaşındaki sistem ise eski sayılmaktadır. Bu durumu Şekil

2.19'deki bulanık küme teorisine göre incelenirse, 20 yaşındaki sistem belli oranda eski iken, belli oranda da orta yaşlı sayılabilmektedir.



Şekil 2.18: Klasik küme gösterimi



Şekil 2.19: Bulanık küme gösterimi

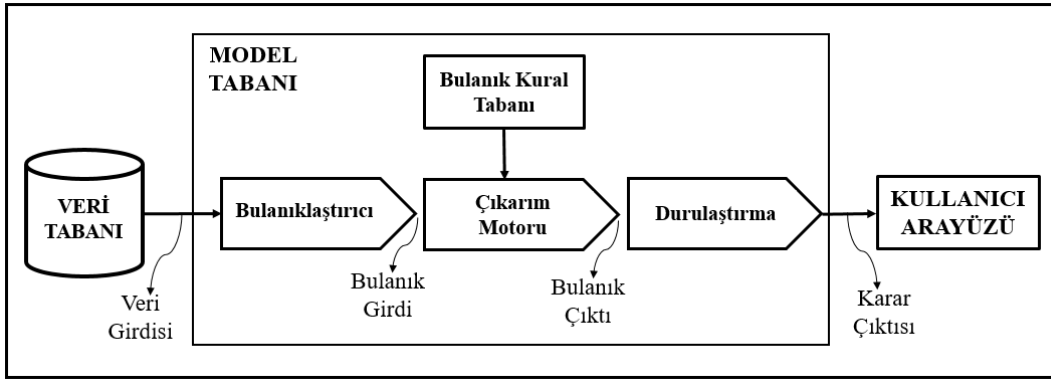
Bulanık mantığın temelini oluşturan bulanık kümeler, üyelik fonksiyonuyla ifade edilen elemanlardan meydana gelmektedir. Bu elemanlar;

- Kümeye tam olarak ait ise "1" üyelik derecesi,
- Kümeye ait değilse ise "0" üyelik derecesi,
- Kümeye kısmi ait ise "0-1" arasında üyelik derecesi almaktadır (Ural, 2006; Paksoy vd., 2013).

Bulanık kümelerde, kümenin her elemanı kümeye ayrı bir üyelik derecesi ile bağlıdır. Üyelik derecesi, [0,1] aralığında süreklidir.

2.4.11 Bulanık Sistem Oluşturma

Karar destek sistemi “Veri Tabanı”, “Model Tabanı” ve “Kullanıcı Arayüzü” olmak üzere üç temel bileşenden oluşmaktadır (Gökçen, 2007). Model tabanın oluşturulmasında kullanılan Bulanık Sistemler, doğrusal olmayan bir fonksiyondan bilgi tabanına dönüşen sistematik bir süreçtir ve “eğer-o halde” kuralları ile yapılandırılmaktadır. Bulanık sistemler Şekil 2.20’de gösterildiği üzere Bulanıklaştırıcı, Bulanık Kural Tabanı, Bulanık Çıkarım Motoru, Durulaştırıcı olmak üzere toplam dört bileşenden oluşmaktadır (Akıllı ve Atıl, 2014:40).



Şekil 2.20: Karar destek sistemi ve bulanık mantık yapısı

Kaynak: (Dombi & Gera, 2005:276; Siler ve Buckley, 2005:29-82; Elmas, 2011:186; Akıllı ve Atıl, 2014:40; Paksoy, vd., 2013)’den uyarlanmıştır.

2.4.12 Girdi

Çözülmesi planlanan problemler ile ilgili değişkenler ve ilişkili verileri içermektedir.

2.4.13 Bulanıklaştırıcı

Girdi değişkenlerinin /parametrelerinin üyelik fonksiyonlarına uygun bir değere dönüştürülmesidir. Bu süreçte girdi verileri; Tablo 2.17’de gösterilen çıkarım motoru/ mekanizması fonksiyonları ile bulanık kural tabanındaki bilgiler

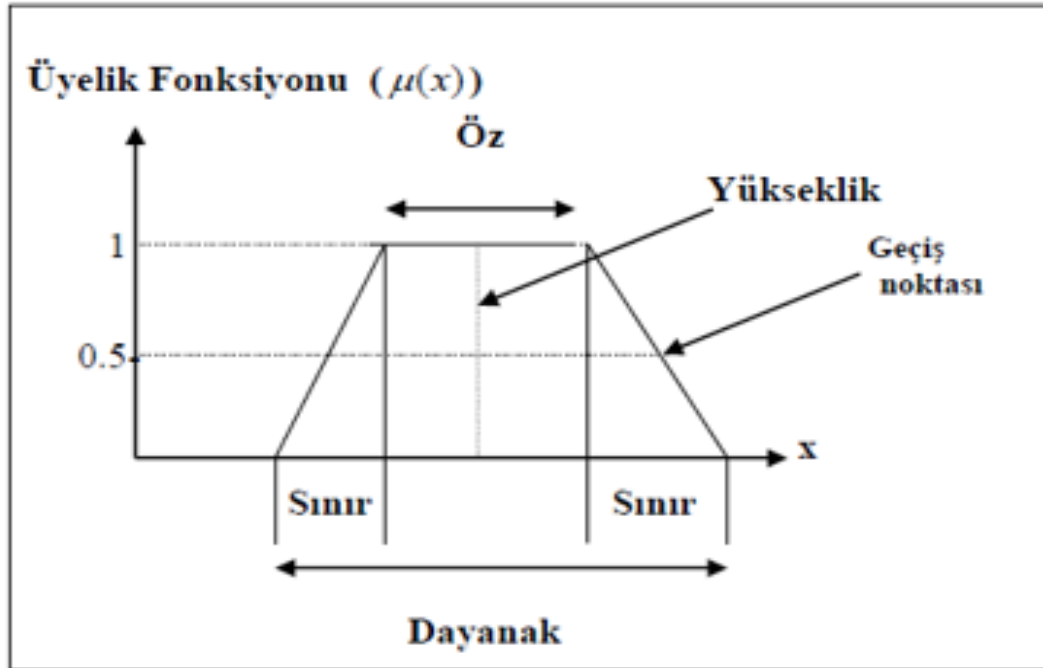
kullanılarak işlenebilir yapıya dönüştürülmektedir (Yen, 1999:153; Dombi & Gera, 2005:276; Siler ve Buckley, 2005:29-82; Elmas, 2011:186; Paksoy, vd., 2013).

Bulanık kümelerde en büyük üyelik derecesi “1” değerine sahiptir. Diğer değerler, “0” ve “1” arasında değişmekte olup bu değere her bir eleman için üyelik derecesi denilmektedir. Küme üyeleri ile değerleri arasında değişiklik gösteren bu eğri, üyelik fonksiyonu (önem eğrisi) olarak tanımlanmaktadır (Kumar, 2019:16; Nguyen, vd., 2018: 4-10; Baykal ve Beyan, 2004; Siler & Buckley, 2005:57). Şekil 2.21’de verilen yamuk şeklinde bir üyelik fonksiyonunda; fonksiyonun öz, yükseklik, dayanak, sınır ve geçiş noktaları gibi kısımları görülmektedir.

- Kümenin özü; üyelik dereceleri 1’e eşit olan elemanların toplandığı alt küme kısmıdır. $\mu(x)=1$ şeklinde tanımlanmaktadır.
- Dayanak kısmı; alt kümenin tüm öğelerini içeren kısımdır.

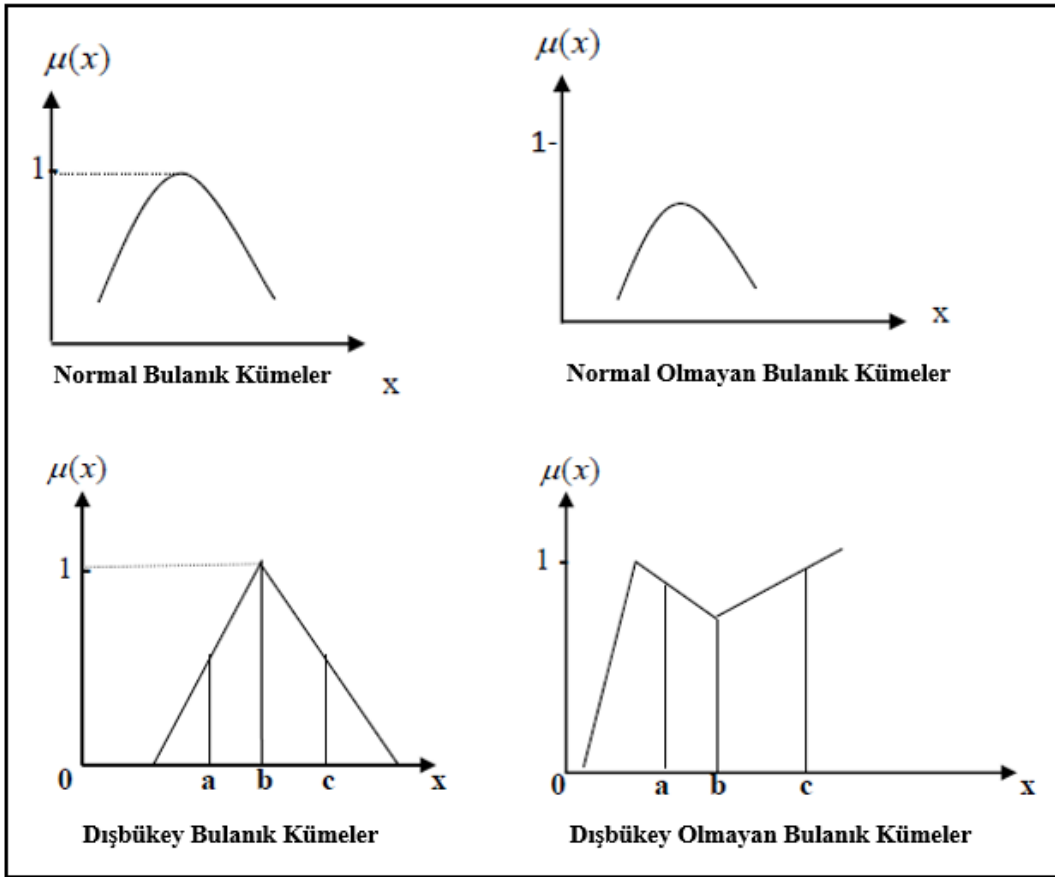
$(A)=\{x \in X \mid \mu_A(x) > 0\}$ şeklinde tanımlanmaktadır.

- Sınır ve geçiş bölgeleri; üyelik derecesi 0 veya 1’e eşit olmayan öğelerden oluşan kısımlardır. $0 \leq \mu_A(x) \leq 1$ şeklinde tanımlanmaktadır.



Şekil 2.21: Üyelik fonksiyonu gösterimi

Üyelik fonksiyonları, Şekil 2.22’de gösterildiği gibi normallik ve dışbükeylik özelliklerine sahiptirler. Küme eleman değerlerinden en az bir tanesinin üyelik derecesi 1’e eşit ise normal bulanık küme değil ise normal olmayan bulanık küme olarak tanımlanmaktadır. Bulanık kümelerin dayanak kısmındaki üyelik derecesi 1’e eşit olana kadar sürekli artıyor, sürekli azalıyor veya üçgen şekline geliyorsa “dışbükey bulanık küme” olarak tanımlanmaktadır (Siler & Buckley, 2005:57; Nguyen, vd., 2018:4-10; Kumar, 2019:16).

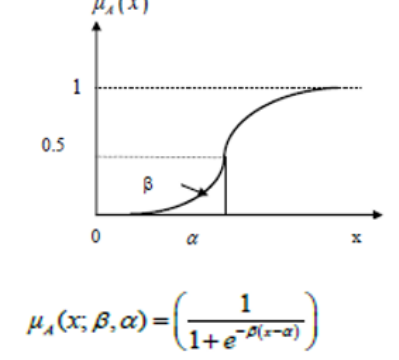
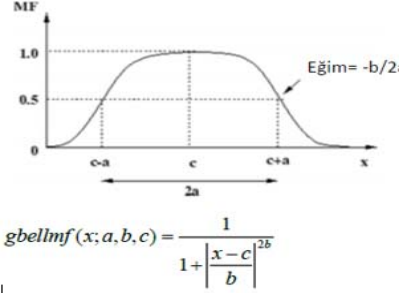
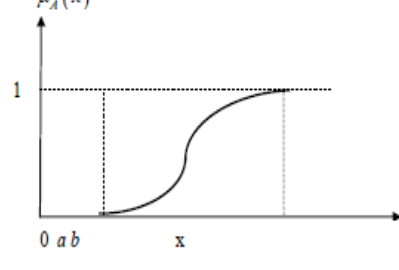
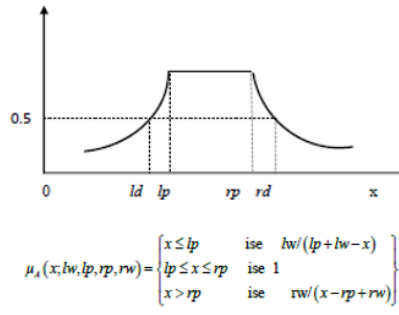


Şekil 2.22: Bulanık küme özellikleri

Tablo 2.17: Üyelik fonksiyon türleri

Üyelik Fonksiyonu	Fonksiyonun Gösterimleri ve Formülleri	Açıklama
Üçgen Üyelik Fonksiyonu	<p>$\mu_A(x)$ (üyelik derecesi)</p> $\mu_A(x, a_1, a_2, a_3) = \begin{cases} 0 & x < a_1 \text{ veya } x > a_3 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2} & a_2 \leq x \leq a_3 \end{cases}$	<p>Üçgen Üyelik Fonksiyonu, fonksiyon gösteriminde görüldüğü üzere üç parametre ile tanımlanmaktadır. Başlangıç (a_1), bitiş (a_3) ve en yüksek üyelik derecesi ise (a_2) tepe noktasıdır. Fonksiyonun sınırlarını “a_1 ve a_3” parametreleri belirlerken, “a_2” fonksiyonun özünü oluşturmaktadır. $\mu(x)$, bir girdi değerinin bir kümeye ne kadar ait olduğunu ifade eden üyelik derecesidir.</p>
Yamuk Üyelik Fonksiyonu	<p>$\mu_A(x)$</p> $\mu_A(x, a_1, a_2, a_3, a_4) = \begin{cases} 0 & x < a_1 \text{ veya } x > a_4 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1 & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4 - x}{a_4 - a_3} & a_3 \leq x \leq a_4 \end{cases}$	<p>Yamuk Üyelik Fonksiyonu, fonksiyon gösteriminde görüldüğü üzere dört parametre ile tanımlanmaktadır. Fonksiyon sınırlarını “a_1 ve a_4”, “a_2 ve a_3” arasında kalan değerler oluşturmaktadır. “a_1 ve a_2” parametreleri arasında kalan bölüm ise fonksiyonun özünü oluşturmaktadır.</p>
Gauss Üyelik Fonksiyonu	<p>$\mu_A(x)$</p> $\mu_A(x, m, \sigma) = \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{x - m}{\sigma}\right)^2\right]$	<p>Gauss Üyelik Fonksiyonda, “x” giriş değişkenidir ve “m” üyelik fonksiyonunun merkezidir. “m” noktasında üyelik fonksiyonu en yüksek değere ulaşmaktadır. σ değeri küçüldükçe üyelik fonksiyonu sivri ve ince olurken, σ değeri büyüdükçe üyelik fonksiyonu giderek daha basık hale gelecektir.</p>

Tablo 2.17 (Devam): Üyelik fonksiyon türleri

<p>Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu</p>	 $\mu_A(x; \beta, \alpha) = \left(\frac{1}{1 + e^{-\beta(x-\alpha)}} \right)$	<p>Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu, genellikle sağa ve sola açık olmaktadır. Bu fonksiyonda β eğriye ait eğimi belirtirken, α değeri ise fonksiyonun geçiş noktası olan 0.5 değerini göstermektedir.</p>
<p>Genelleştirilmiş Bell (Çan) Üyelik Fonksiyonu</p>	 $gbellmf(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + \left \frac{x-c}{b} \right ^{2b}}$	<p>Genelleştirilmiş Bell Üyelik Fonksiyonu “a” genişlik, “c” merkez ve “b” eğim olmak üzere üç adet parametreye sahiptir.</p>
<p>S Üyelik Fonksiyonu</p>		<p>Bu fonksiyonu “a” ve “b” parametreleri ile tanımlanan bir üyelik fonksiyonudur. Fonksiyon eğimleri yüzünden oluşan S harfine benzerliği yönünden bu ismi almıştır.</p>
<p>Pi Üyelik Fonksiyonu</p>	 $\mu_A(x; lw, lp, rp, rw) = \begin{cases} x \leq lp & \text{ise } lw/(lp+lw-x) \\ lp \leq x \leq rp & \text{ise } 1 \\ x > rp & \text{ise } rw/(x-rp+rw) \end{cases}$	<p>Pi üyelik fonksiyonu dört parametre (lw, lp, rp, rw) ile tanımlanmaktadır. “π” üyelik fonksiyonunda iki taraftan asimptotik olarak sıfır değerine doğru azalma söz konusudur.</p>

Kaynak: (Yen, 1999: 153; Siler ve Buckley, 2005:29-82; Dombi & Gera, 2005: 276; Elmas, 2011:186; Paksoy, vd., 2013).

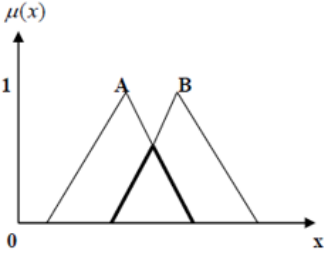
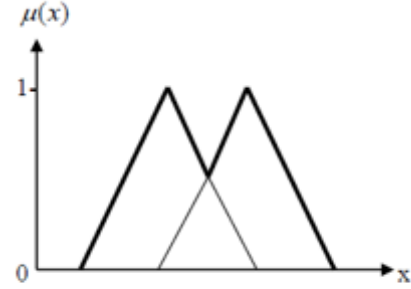
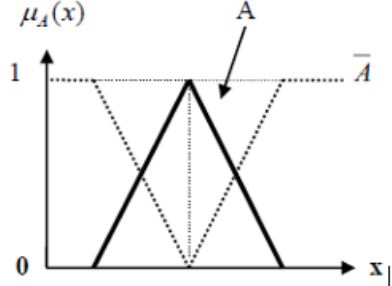
2.4.14 Bulanık Çıkarım Motoru / Mekanizması

Bulanık Çıkarım Motorunda işlem yapmak için matematik denklemler yerine, bulanık kümeler ve kural tabanı kullanılmaktadır. Bulanık çıkarım motoruna gelen bulanıklaştırılmış veriler, “eğer - o halde” şeklinde tanımlanan fonksiyonlara göre işleme tabi tutulur. Bulanık çıkarım mekanizması, girdi değerine göre çıktı değeri vermektedir. Bulanık Çıkarım Mekanizmasında, girdi bilgisi Tablo 1.20’de verilen Mamdani, Larsen, Tsukamoto ve Takagi- Sugeno- Kang (TSK) yöntemleri kullanılarak modellenmektedir. Bahse konu mdodellerde Tablo 2.18’de gösterilen bulanık küme işlemleri ile Tablo 2.19’da gösterilen bulanık sayılarda cebirsel işlemler kullanılmaktadır (Ross, 2004: 276; Baykal ve Beyan, 2004; Siler ve Buckley, 2005:85; Elmas, 2011:261; Nguyen, vd., 2018:4-10; Şahin ve Okunus, 2011:295; Kumar, 2019:15-16;).

2.4.14.1 Bulanık Küme İşlemleri

Bulanık küme işlemleri ile klasik küme işlemleri benzerlik göstermektedir. Temel bulanık işlemleri Tablo 2.18’de gösterildiği üzere kesişim, birleşim ve tümlene işlemlerinden oluşmaktadır. Bahse konu bulanık küme işlemlerini yapmak için genel olarak minimum, maksimum ve değilleme işlemcileri kullanılmaktadır (Ross, 2004:408; Siler ve Buckley, 2005:57; Nguyen, vd., 2018:4-10).

Tablo 2.18: Bulanık küme işlemleri

Bulanık Küme İşlemi	Bulanık Küme İşlemi Gösterimleri ve Formülleri
Kesişim İşlemi	<p>A ve B bulanık kümeleri, <i>Kesişim fonksiyonu</i></p>  <p>$\mu_{A \cap B}(x) = i[\mu_A(x), \mu_B(x)]$</p>
Birleşim İşlemi	<p>A ve B bulanık kümeleri, <i>Birleşim fonksiyonu</i></p>  <p>$\mu_{A \cup B}(x) = u[\mu_A(x), \mu_B(x)]$</p>
Tümleme İşlemi	<p>A bulanık kümesinin tümleyeni (değili) \bar{A} şeklinde gösterilmektedir. Tümleme işlemi, bulanık küme elemanlarının üyelik derecesinin 1'e tamamlanması ile bulunmaktadır ve aşağıdaki fonksiyon ile gösterilmektedir.</p>  <p>$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)$ veya $c(a) = 1 - a$</p>

2.4.14.2 Bulanık Sayılarda Cebirsel İşlemler

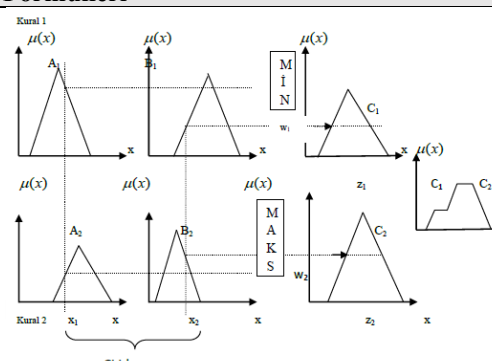
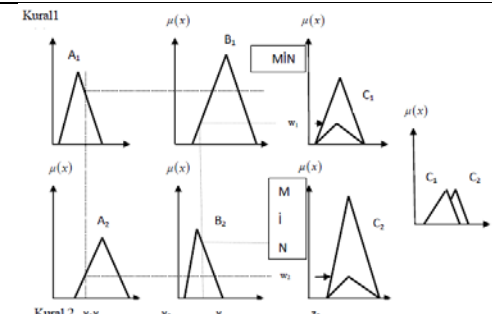
Bulanık kümelerin bir alt kümesinde yer alan ve reel sayılar kümesinde tanımlanan bulanık sayılar, kesin olmayan ve yaklaşık olarak tahmin edilen sayısal miktarların modellenmesinde kullanılmaktadır. Bulanık sayılar, bulanık regresyon, bulanık programlama, bulanık kontrol ve karar verme sistemleri gibi bazı alanlarda kullanılmaktadır. Bulanık sayılar; "yaklaşık 5", "aşağı yukarı 5", "5 civarında", "5'e yakın" gibi ifadeler ile tanımlanmaktadır. Bulanık sayılarda netlik olmamasından dolayı, normal sayıların hesaplanmasında kullanılan aritmetik işlemlerin yerine Tablo 2.19'da gösterilen bulanık küme işlemleri kullanılmaktadır (Ross, 2004:408; Siler ve Buckley, 2005:29; Nguyen, vd., 2018:4-10;).

Tablo 2.19: Bulanık sayılarda cebirsel işlemler

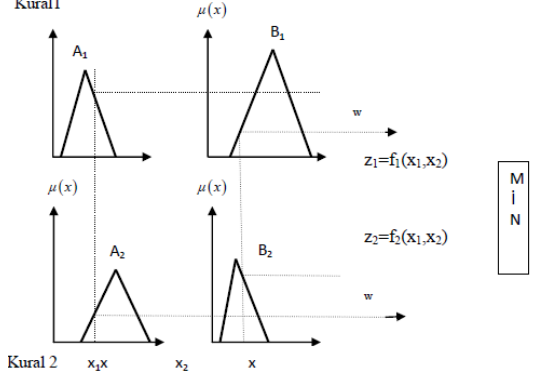
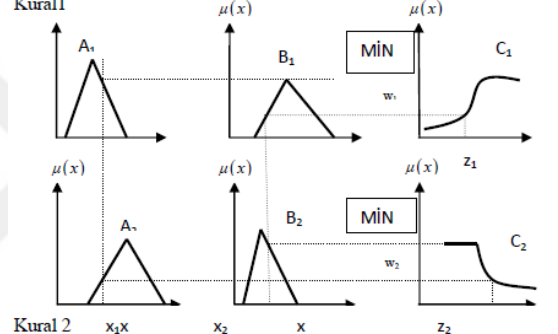
Bulanık Küme İşlemleri	Cebirsel İşlemlerin Gösterimleri ve Formülleri
Toplama İşlemi	$A = [a1, a2, a3]$ ve $B = [b1, b2, b3]$ bulanık kümeler <i>"a1" ve "a3" A bulanık kümesinin alt ve üst sınırlarını "a2" ise tam üyelik durumu göstermektedir.</i> $A(+)B = (a1, a2, a3)(+) (b1, b2, b3) = (a1 + b1, a2 + b2, a3 + b3)$
Çıkarma İşlemi	$A = [a1, a2, a3]$ ve $B = [b1, b2, b3]$ bulanık kümeler $A(-)B = (a1, a2, a3) (-) (b1, b2, b3) = (a1 - b3, a2 - b2, a3 - b1)$ Çıkarma işleminde; A bulanık kümesinin en küçük elemanı B bulanık kümesini en büyük elemanından çıkartılarak, toplam kümesinin en küçük elemanı elde edilir.
Çarpma İşlemi	$A = [a, b]$ ve $B = [c, d]$ ise $A \times B = [a, b] \times [c, d]$ $A \times B = [EK(ac, ad, bc, bd), EB(ac, ad, bc, bd)]$ EK (Küme öğelerinin en küçüğü): çarpımın alt sınırını EB (Küme öğelerinin en küçüğü): çarpımın üst sınırını göstermektedir.
Bölme İşlemi	$A = [a, b]$ ve $B = [c, d]$, $c \neq 0$ ve $d \neq 0$ ise $A / B = [a, b] / [c, d]$ $A / B = [EK\left(\frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d}\right), EB\left(\frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d}\right)]$

2.4.14.3 Bulanık Kural Tabanlı Çıkarım Modelleri

Tablo 2.20: Çıkarım yöntemleri

Çıkarım Yöntemleri	Çıkarım Yöntem Gösterimleri ve Formülleri	Açıklama
Mamdani Yöntemi	 <p>Kural yapısı: Eğer $x_1=A_1$ ve $x_2=B_1$ ise o halde $z_1=C_1$ Eğer $x_1=A_2$ veya $x_2=B_2$ ise o halde $z_2=C_2$</p>	<p>Bulanık girdilerin, etkin ve yetkin bir kural tabanı ile yine bulanık çıktı kümelerine dönüştürülmesidir.</p> <p>Mamdani Yöntemi, insan davranışlarına daha uygun olduğu ve sezgisel olması nedeniyle yaygın kullanım alanı bulmuştur.</p> <p>Mamdani yöntemi, birleşim ve kesişim işlemcileri ile çalışmaktadır. Kural yapısı ve gösterimi yanda sunulmuştur.</p> <p>“x_1” ve “x_2” girdi değişkenlerini, “z_1” ve “z_2” çıktı değişkenlerini, A_1, B_1, A_2, B_2 üyelik fonksiyonlarını, C ise bulanık sonuç kümesini temsil etmektedir. w_1 ve w_2 eşik değerleri, “ve”, “veya” işlemcilerine göre belirlenmektedir.</p> <p>İlk kural: “ve” işlemcisi kullanılır ve w_1 eşik değeri, bulanık kümelerin en küçük üyelik derecesine eşitlenmektedir. İkinci kural; “veya” işlemcisi kullanılarak, w_2 eşik değeri, en büyük üyelik derecesine eşit olarak alınmaktadır. Elde edilen sonuç kümesi, bileşim işlemi esasına göre oluşturulmaktadır.</p>
Larsen Yöntemi	 <p>Kural yapısı: Eğer $x_1=A_1$ ve $x_2=B_1$ ise o halde $z_1=C_1$ Eğer $x_1=A_2$ ve $x_2=B_2$ ise o halde $z_2=C_2$</p>	<p>Larsen yöntemi, çarpım işlemcisi ile çalışmaktadır. Kural yapısı ve gösterimi yanda sunulmuştur.</p> <p>“x_1” ve “x_2”;girdi değişkenlerini, A_1, B_1, A_2, B_2; bulanık kümeleri C; bulanık sonuç kümesini temsil etmektedir.</p>

Tablo 2.20 (Devam): Çıkarım yöntemleri

<p>Tsukamoto Yöntemi</p>	<p>Kural1</p>  <p>Kural 2</p> <p>Kural yapısı: Eğer $x_1=A_1$ ve $x_2=B_1$ ise o halde $z_1=C_1$ Eğer $x_1=A_2$ ve $x_2=B_2$ ise o halde $z_2=C_2$</p>	<p>Bu yöntemde, birbirlerini izleyen her bir bulanık kural, monotonik üyelik fonksiyonu ile birlikte bulanık kümelerce temsil edilmektedir. Kural yapısı ve gösterimi yanda sunulmuştur. Bu yöntemde, her kuralın kesin bir sonucu elde edildiğinden, durulaştırma faaliyeti kolaylaşmaktadır. Ancak, Mamdani veya Sugeno bulanık modelleri kadar şeffaf olmadığından sık kullanılmamaktadır.</p>
<p>Takagi-Sugeno-Kang (TSK) Yöntemi</p>	<p>Kural1</p>  <p>Kural 2</p> <p>Kural yapısı: Eğer $x_1=A_1$ ve $x_2=B_1$ ise o halde $z_1=f(x_1,x_2)$ Eğer $x_1=A_2$ ve $x_2=B_2$ ise o halde $z_2=f(x_1,x_2)$</p>	<p>TSK yönteminde; çıktı değişkeni, Mamdani yönteminin aksine, kesin bir değer veya doğrusal bir fonksiyon şeklindedir. A_1, B_1, A_2, B_2; bulanık kümeleri ifade etmektedir. Çıktı bölümünde ise $f(x_1,x_2)$ şeklinde fonksiyon yapı yer almaktadır. Kural yapısı ve gösterimi yanda sunulmuştur. Elde edilen sonuç kesin bir değer olduğundan durulaştırma faaliyeti kolaylaşmaktadır. Matematiksel analizler ve doğrusal tekniklerde iyi çalışmaktadır. Ancak, Sezgisel değildir ve diğer tekniklere göre daha fazla karmaşıklık içermektedir.</p>

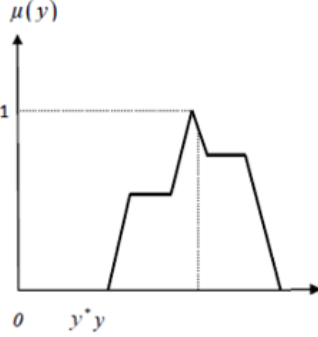
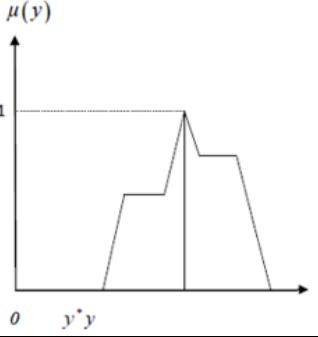
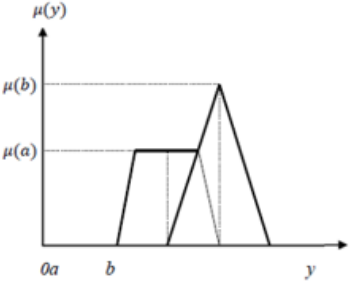
Kaynak: (Ross, 2004:276; Baykal ve Beyan, 2004; Siler ve Buckley, 2005:85; Nguyen, vd., 2018:4-10; Elmas, 2011:261; Şahin ve Okunus, 2011:295; Kumar, 2019:15-16).

2.4.15 Durulaştırma

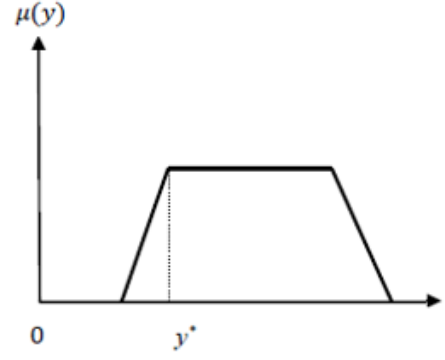
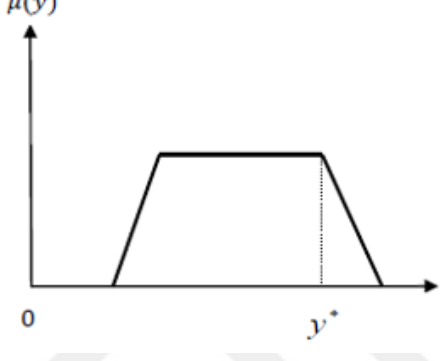
Durulaştırma; bulanıklaştırılmış ve bulanık çıkarım mekanizmasında işleme tabi tutulan verilerin kesin sonuçlar haline dönüştürülme sürecidir (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003). Durulaştırma faaliyetinde yoğunlukla Tablo 2.21’de gösterilen ağırlık merkezi (sentroid), en büyük üyelik (maksimum), ağırlık ortalaması, ortalama maksimum üyelik, en büyüklerin en büyüğü ve en büyüklerin en küçüğü yöntemleri

kullanılmaktadır (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003:70; Ross, 2004: 380; Siler & Buckley, 2005: 85).

Tablo 2.21: Durulaştırma yöntemleri

Durulaştırma Yöntemleri	Durulaştırma Yöntemi Gösterimleri ve Formülleri
Ağırlık Merkezi (sentroid) Yöntemi	 $y^* = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot \mu_c(y_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_c(y_i)}$ <p>Bulanık çıktının ağırlık merkezinin tespit edilmesi ve buna karşılık gelen değerin alınması işlemidir. Üyelik fonksiyonunun ağırlık merkezi hesaplanır.</p>
En Büyük Üyelik (maksimum) Yöntemi	 $\mu_c(y^*) \geq \mu_c(y_i)$
Ağırlık Ortalaması Yöntemi	 $y^* = \frac{a \cdot \mu(a) + b \cdot \mu(b)}{\mu(a) + \mu(b)}$
Ortalama Maksimum Üyelik Yöntemi	$y^* = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_n}{n}$

Tablo 2.21 (Devam): Durulaştırma yöntemleri

En Büyüklerin en Büyüğü Yöntemi	
En Büyüklerin en Küçüğü Yöntemi	

Kaynak:(Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003:70; Ross, 2004:380; Siler & Buckley, 2005:85).

Bu bölümde, çalışmanın başlığı ile doğrudan ilişkisi olan ÖDY, ELD ve KDS konularında özet bilgi verilmiştir. Müteakip bölümde ise ÖDY, ELD ve KDS konularında hazırlanan çalışmalar ve kullanılan yöntemlerin tespit edilmesine yönelik yapılan literatür taraması sonuçları ve oluşturulan taksonomik tabloları yer almaktadır.



BÖLÜM 3

3 LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde, literatürde benzer bir çalışmanın olup olmadığı, oluşturulan Ömür Devri Karar Destek Sistemi yaklaşımının literatüre ve alandaki paydaşlara fayda sağlayıp sağlamayacağı kapsamında literatür taraması yapılmıştır. Bu çerçevede Ömür Devri Yönetimi, İnsansız Hava Aracı ve Karar Destek Sistemi alanlarındaki çalışmalar ile bu alanlarda oluşturulan karar destek sistemleri incelenmiştir. Ayrıca kurgulanan karar destek sisteminin oluşturulmasında bulanık mantık yaklaşımı kullanılmasının uygunluğu değerlendirilmiştir.

Karar destek sistemi geliştirme konusunda çok fazla çalışma bulunduğundan, literatür araştırmasında bu tezin konusu ile ilişkili olan lojistik ve İHA konuları seçilerek incelenmiştir. Özellikle lojistiğin alt dallarından olan tedarik, ulaştırma, depolama, güvenilirlik, ömür devri maliyeti, ELD gibi konularda oluşturulan karar destek sistemi çalışmaları detaylı olarak incelenmiştir. Ayrıca karar destek sisteminde bulanık mantık modeli uygulanması kapsamında farklı alanlarda yapılan çalışmalarda incelenmiştir. Araştırma kapsamında yapılan literatür incelemeleri özet olarak Tablo 3.1’de sunulmuştur.

Tablo 3.1: Literatür inceleme özeti

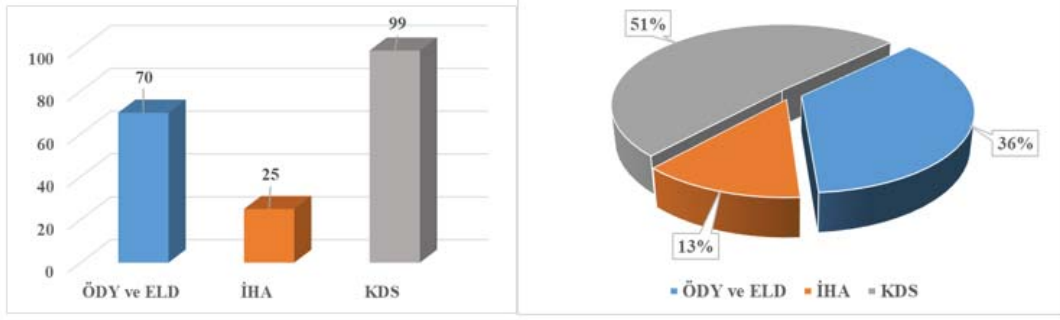
Arama Kelimeleri	Arama Alanı	Arama Yapılan Yerler	Arama Sonucu	Taksonomi Tablosuna Eklenen Miktar
Sistem Ömür Devri, System Life Cycle, ILS, ELD	Makale	ScienceDirect	42	16
	Konferans Bildirgesi	Web of Science Research Gate	8	2
	Kitap / Kitap Bölümü	Springer Link (Kasım 2020)	7	6
	Uluslararası Standartlar	EverySpec (Aralık 2020)	25	8
	Lisansüstü Tezler	Ulusal Tez Merkezi (Mart 2021)	1194	38

Tablo 2.1: (Devamı) Literatür inceleme özeti

Arama Kelimeleri	Arama Alanı	Arama Yapılan Yerler	Arama Sonucu	Taksonomi Tablosuna Eklenen Miktar
İnsansız Hava Aracı, İHA, Unmanned Aerial Vehicle, UAV	Makale	ScienceDirect	35	8
	Kitap	Web of Science Research Gate Springer Link (Kasım 2020)	5	2
	Lisansüstü Tezler	Ulusal Tez Merkezi (Mayıs 2021)	137	15
Karar Destek Sistemi, Decision Support System, Bulanık Mantık, Fuzzy Logic	Makale	ScienceDirect	56	44
	Konferans Bildirgesi	Web of Science Research Gate Springer Link (Aralık 2020)	5	5
	Lisansüstü Tezler	Ulusal Tez Merkezi (Nisan 2021)	907	47
Toplam			2403	191

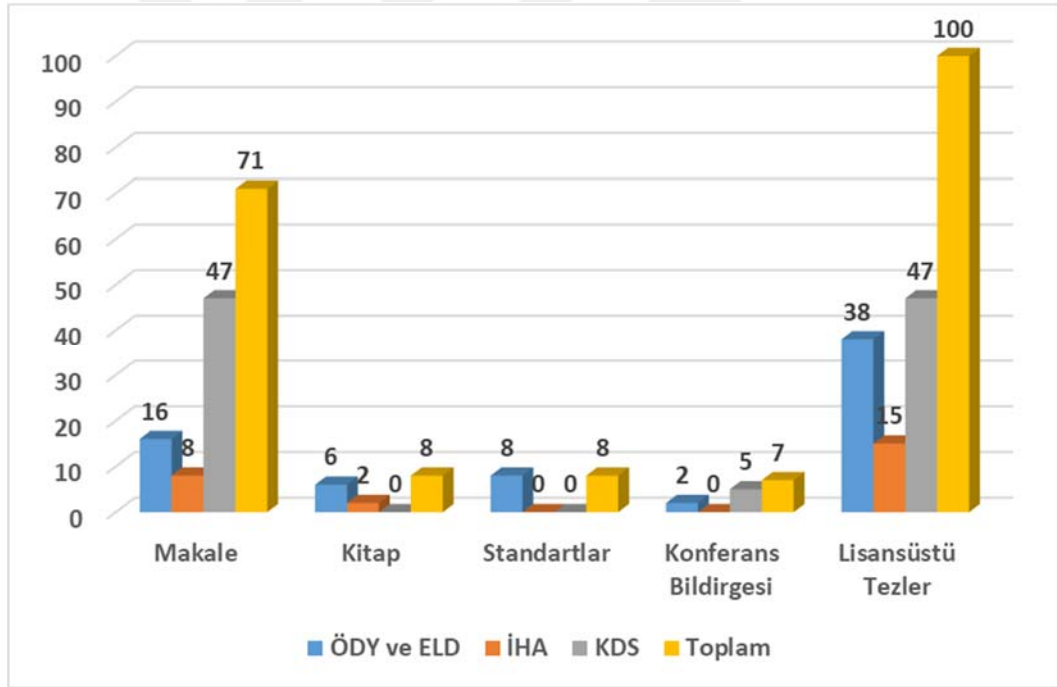
Literatür incelemesi kapsamında, 1990-2021 tarihleri arasında hazırlanmış ÖDY, ELD, İHA ve KDS alanları ile ilgili 2403 adet çalışma incelenmiş olup, bu tezin konusuna yakın olduğu değerlendirilen toplam 191 adet çalışma, müteakip bölümlerde yer alan ÖDY / ELD, İHA ve KDS başlıkları altında verilen taksonomik literatür tarama tablolarına eklenmiştir.

Taksonomik literatür tarama tablolarına eklenen çalışmaların ÖDY / ELD, İHA ve KDS alanlarına göre sayısal ve oransal dağılımı Şekil 3.1’de verilmiştir. En fazla inceleme %51 oranında KDS alanında yapılmıştır.

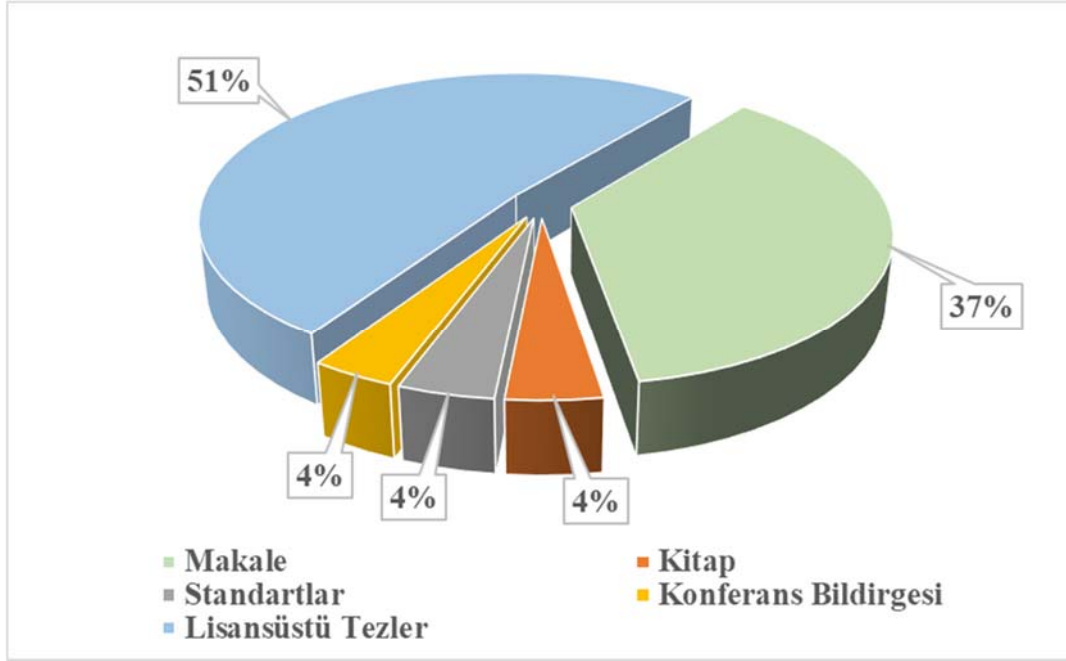


Şekil 3.1: İncelenen çalışmaların alanlara göre sayısal ve oransal dağılımı

İncelenen çalışmaların, ÖDY / ELD, İHA ve KDS alanlarına ve türlerine göre sayısal dağılımı Şekil 2.2’de sunulmuştur. Çalışma kapsamında 100 adet yüksek lisans tezi, 71 adet makale, 8 adet kitap, 8 adet standart ve 7 adet konferans bildirgesi incelenmiştir. Bu çalışmaların türlerine göre oransal dağılımı Şekil 2.3’de verilmiştir.



Şekil 2.2: İncelenen çalışmaların alanlara ve türüne göre sayısal dağılımı



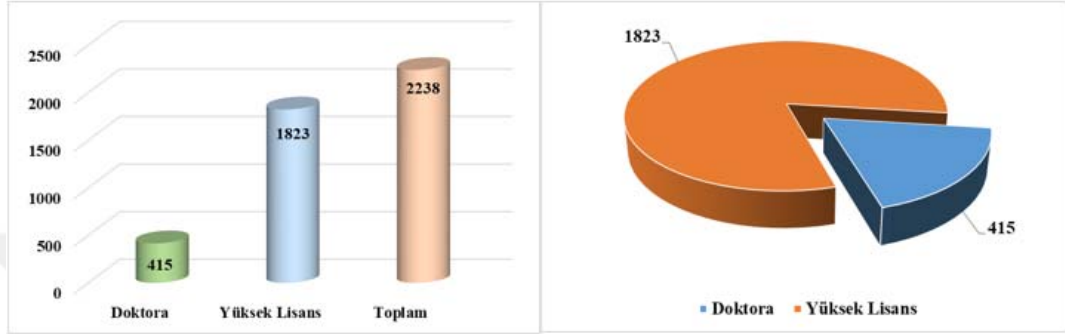
Şekil 2.3: İncelenen çalışmaların türüne göre sayısal ve oransal dağılımı

Çalışma kapsamında ÖDY / ELD, İHA ve KDS alanlarında hazırlanmış lisansüstü tezler ulusal tez merkezinin resmi internet sitesinden incelenmiştir. Bu alanlarda hazırlanmış lisansüstü çalışmalarında, konularının nasıl ele alındığı, hangi yöntemlerin kullanıldığı, benzer çalışmaların olup olmadığı, literatürdeki açıklığın neler olabileceği gibi konulara cevaplar aranmıştır. Lisansüstü tezlere yönelik yapılan inceleme sonucu detaylı olarak Tablo 3.2’de sunulmuştur.

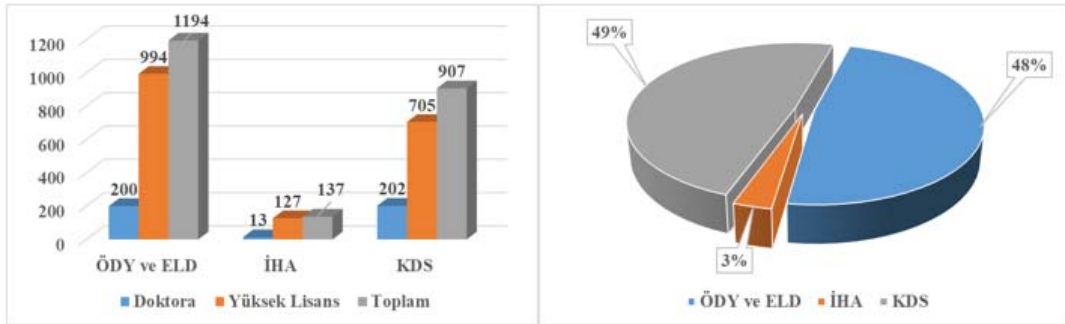
Tablo 3.2: İncelenen lisansüstü tezlerin özet tablosu.

Tez Taraması Yapılan Alanlar	Taramada Kullanılan Kelimeler	Doktora	Yüksek Lisans	Toplam
Ömür Devri Yönetimi ve ELD	Ömür Devri Yönetimi, Entegre Lojistik Destek, Lojistik	200	994	1194
İnsansız Hava Aracı	İnsansız Hava Aracı	13	124	137
Karar Destek Sistemi	Karar Destek, Bulanık Mantık	202	705	907
Toplam		415	1823	2238

Literatür araştırması kapsamında, ÖDY/ELD, İHA, KDS alanlarında yaklaşık 415 adet doktora tezi ve 1823 adet yüksek lisans tezi olmak üzere toplam 2238 adet lisansüstü çalışma incelenmiştir. Bu çalışmaların doktora ve yüksek lisans alanlarına göre dağılımının sayısal ve oransal gösterimi Şekil 3.4’de verilmiştir. Yüksek lisans seviyesinde daha fazla çalışma yapıldığı görülmektedir.



Şekil 3.4: Lisansüstü tezlerin doktora ve yüksek lisans seviyelerine göre dağılımları Bahse konu lisansüstü tezlerden; 1194 adedi ÖDY/ELD, 137 adedi İHA ve 907 adedi KDS alanlarında hazırlanmıştır. Bu tezlerin çalışma alanlarına göre dağılımının sayısal ve oransal gösterimi Şekil 3.5’de verilmiştir. ÖDY/ELD, İHA ve KDS alanlarında yapılan yüksek lisans tez çalışmalarının detayları ve içerikleri müteakip bölümlerde sunulan taksonomik literatür tarama tablolarında açıklanmıştır.

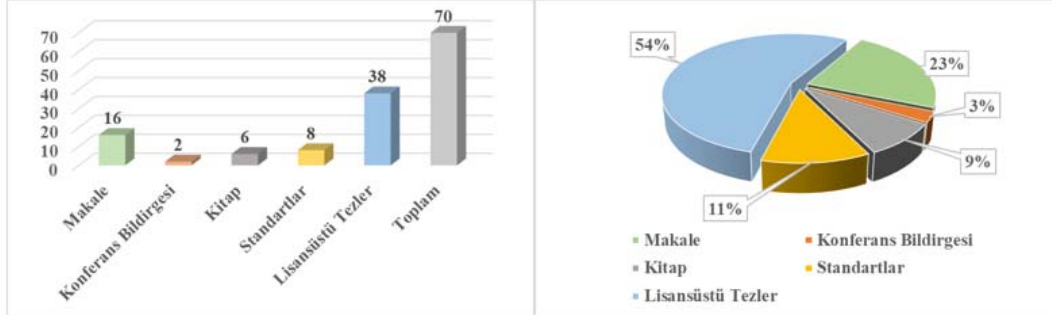


Şekil 3.5: Lisansüstü tezlerin çalışma alanlarına göre dağılımları

3.1 Ömür Devri Yönetimi ve ELD ile İlgili Yapılan Çalışmalar

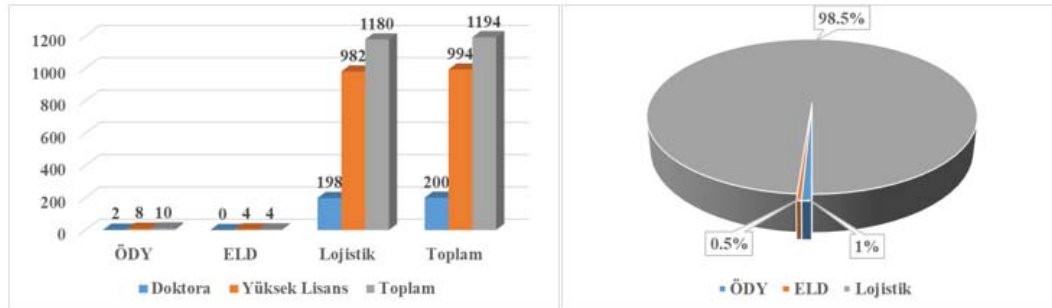
ÖDY ve ELD alanlarında toplam 1276 adet çalışma incelenmiştir. Bu çalışmalardan iş bu tezin konusu ile bağlantılı olduğu değerlendirilen toplam 70 adet çalışma taksonomik literatür tarama tablosunda sunulmuştur. Taksonomik literatür tarama

tablosuna eklenen çalışmaların türüne göre sayısal ve oransal dağılımı Şekil 3.6'da verilmiştir.



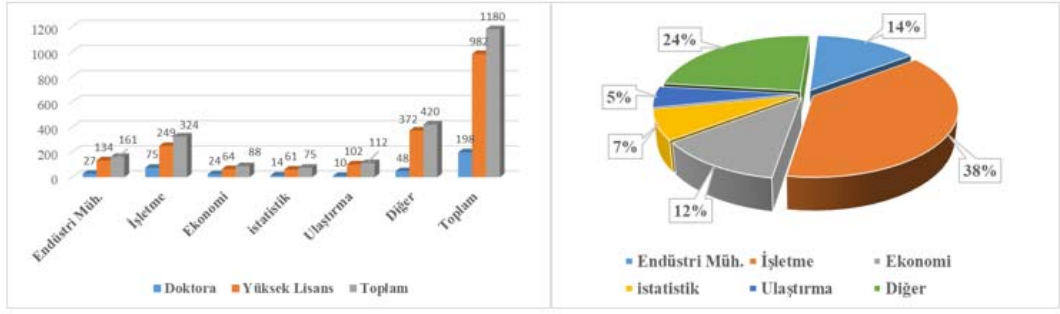
Şekil 3.6: ÖDY ile ilgili taksonomik literatür tarama tablosuna eklenen çalışmaların dağılımı

ÖDY, ELD ve Lojistik alanında hazırlanmış ve Ulusal Tez Merkezinde bulunan 200 adet Doktora tezi ve 994 adet yüksek lisans tezi olmak üzere toplam 1194 adet lisansüstü tez çalışması incelenmiştir. ÖDY, ELD ve Lojistik alanlarında yapılan lisansüstü tezlerin konularına göre sayısal ve oransal dağılımı Şekil 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.7: ÖDY, ELD ve Lojistik alanlarında yapılan lisansüstü tezlerin konularına göre dağılımı

Lojistik alanında hazırlanan lisansüstü tezlerin çalışma alanlarına göre sayısal ve oransal dağılımı da Şekil 3.8'de verilmiştir.



Şekil 3.8: Lisansüstü tezlerin çalışma alanlarına göre oransal dağılımı

Bu taramanın bulguları özet olarak Tablo 3.3’de sunulan taksonomik literatür tarama tablosunda yer almaktadır.

Tablo 3.3: Ömür devri yönetimi ve ELD ile ilgili taksonomik literatür tarama tablosu

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Makale	Malezya ordusunda ELD uygulaması	Hamzan bin Abd Jamil, Mahendar Sekaran Nair, Muhammad bin Murrad, Mohd Nazri bin Ismail	International Journal of Engineering & Technology	2018	Military Capability Sustenance: Providing Effevtive Supports Through Lifespan (Jamil, vd., 2018).	Alan araştırması	Bu çalışmada, Entegre Lojistik Destek (ELD) yaklaşımının Malezya silahlı kuvvetlerinde uygulanmasına yönelik; mevcut zafiyetlerin değerlendirilmesi ve tespit edilen zafiyetlerin giderilmesine yönelik çözüm alternatiflerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Malezya ordusuna ait elde edilen verilere Lojistik Destek Analizi yapılmış ve tespit edilen zafiyetlerin giderilmesine yönelik ELD uygulamaları önerilmiştir.
Makale	Bakım, Ömür devri maliyeti	John Ahmet Erkoyuncu, Samir Khanc, Nigel Butler, Keith Rushton, Simon Brocklebank	Reliability Engineering & System Safety	2017	Perspectives on trading cost and availability for corrective maintenance at the equipment type level (Erkoyuncu, Khan, Butler, & Rushton, 2017)	Analiz	Bu çalışmada, düzeltici bakımların performansa dayalı destek sözleşmeleri ile sürdürülmesi durumunda oluşabilecek maliyet i tespit edilmesine yönelik bir yaklaşım önerilmiştir.
Makale	Bakım	João Matias, J.Calais, Susana Azevedo and J.C.O. Matias	International Journal of Industrial Engineering and Systems Management	2015	Management and operations maintenance for a water treatment and supply company (Matias, Calais, Azevedo, & Matias, 2015)	Alan araştırması	Bu çalışmada, bakımın özellikle su arıtma işletmeleri başta olmak üzere bir çok firmada önemi üzerinde durulmuştur. Literatür araştırmasında bakımın üretim performansına etkisi araştırılmıştır. Bakımın önemi ile ilgili Portekizde kurulu bir su arıtma firmasındaki case study incelenmiştir.
Makale	Ömür Devri Maliyeti	Mohammad Asjad, Makarand S.Kulkarni, O.P. Gandhi	Int. J. Strategic Engineering Asset Management	2012	A conceptual framework for analysing, improving and optimising supportability of mechanical systems (Asjad, vd., 2012).	Alan araştırması	Çalışmada, sistem ömür devri maliyetini en aza indirmek için desteklenebilirlik faktörlerini bitünluştiren bir model oluşturulmuştur. Model, desteklenebilirliği etkileyen faktörler için yapılan alan araştırmasına, vaka analizine dayanmaktadır.

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Makale	Bakım	M.A. Mansor A. Ohsato and S. Sulaiman	International Journal of Automotive and Mechanical Engineering (IJAME)	2012	Knowledge management for maintenance activities in the manufacturing sector (Mansor, Ohsato, & Sulaiman, 2012, pp. 612-621)	Alan araştırması	Bu çalışma, bakım faaliyetlerinde bilgi yönetiminin firmalar için önemi üzerinde durulmakta ve bilgi yönetiminin firmaya fayda sağlayacak şekilde nasıl yapılması gerektiği üzerine durulmaktadır. Bakım faaliyetlerinin en iyilemesi için gerekli olan dört faktör; en iyi pratik, veri tabanları, tartışma forumları ve değerlendirme araçları olarak sıralanmıştır.
Makale	Güvenilirlik	Tongdan Jin, Yu Tian	European Journal of Operational Research	2012	Optimizing reliability and service parts logistics for a time-varying installed base (Jin & Tian, 2012)	Alan Araştırması	Bu çalışmada, güvenilirliği yüksek bir tasarım ile güvenilirliği daha düşük bir tasarım durumunda yedek parça depolama gerekliği ile ilgili stratejiler karşılaştırılmıştır.
Konferans Bildirgesi	Simülasyon Geliştirme	A.Bender A.Pincombe G.Sherman	EMAC 2009 Annual Conference	2010	Determine the triggers for early life cycle failure in decay affected logistic queuing simulation (Bender, Pincombe, & Sherman, 2010)	Simülasyon	Bu çalışmada, sistem hataları meydana gelmeden, erken safhada tespit edilmesine yönelik bir simülasyon geliştirilmiştir.
Makale	Güvenilirlik Modeli Geliştirme	Salvatore Distefano, Antonio Puliafito	Reliability Engineering and System Safety	2009	Reliability and availability analysis of dependent-dynamic systems with DRBDs (Distefano & Puliafito, 2009)	Statik ve dinamik güvenilirlik modelleme teknikleri kullanılmıştır.	Bu çalışmada, dinamik ve karmaşık sistemlerde dinamik güvenilirlik blok diyagramlarının (DRBD) nasıl modelleneceği ve analiz edileceğine yönelik bir model geliştirilmiştir. Çalışmada özellikle teorik ve pratik bakış açısıyla, modelleme ve analiz safhaları üzerinde durulmuştur.
Makale	Güvenilirlik problemleri ve çözüm yaklaşımları	Enrico Zio	Reliability Engineering and System Safety	2009	Reliability engineering: Old problems and new Challenges (Zio, 2009).	Alan araştırması	Bu çalışmada, günümüzün karmaşık sistemlerinde yapılan analizlerde güvenilirlik mühendislerinin karşılaştıkları sorunlar ve zorluklara yönelik bazı yaklaşımlar paylaşılmıştır. Bu yaklaşımların sistem güvenliği ve risk analizlerine önemli derecede katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Makale	e-bakım	Olov Candell, Ramin Karim, Peter Söderholm	Robotics and Computer- Integrated Manufacturing	2009	e- Maintenance Information Logistics for maintenance support (Candell, Karim, & Soderholm, 2009)	Alan Araştırması	Bu çalışmada, hava araçlarına uygulanan bakım sistemi açıklanmış ve gelinen aşamada e-bakım sisteminin önemi ve gerekliği açıklanmıştır. e-bakım sisteminin geliştirilmesine ve yaygınlaştırılmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur.
Makale	Güvenilirliğin arttırılması ve LCC'nin düşürülmesi	Bhupesh Kumar Lad, M.S. Kulkarni	Int. J. Product Lifecycle Management	2008	Integrated reliability and optimal maintenance scheduled design: a Life Cycle Cost based approach (Lad & Kulkarni, 2008)	Alan araştırması	Bu çalışmada, Hindistanda bakım için alet- avadanlık üretimi yapan sanayi kolunda yapılan inceleme neticesinde; alet- avadanlıkların güvenilirliğini arttırmak ve ömür devri maliyetini düşürmeye yönelik yapılan çalışmalar anlatılmaktadır. Bu kapsamda öncelikle durum değerlendirmesi yapılmış, elde edilen veriler analiz edilmiş ve tespit edilen zaafiyetlerin giderilmesine yönelik ELD yaklaşımları önerilmiştir.
Makale	Güvenilirlik modeli oluşturma	P.J.Tavner J. Xiang F. Spinato	Wind Energy	2007	Reliability Analysis for Wind Turbines (Tavner, vd., 2007)	Alan araştırması	Bu çalışmada, Almanya ve Danimarka kıyılarında kurulu olan rüzgar türbinlerinin arıza verileri kullanılarak güvenilirlik analiz modeli ve güvenilirlik grafikleri oluşturulmuştur. Yapılan analizler sonucunda, Almanya'ya ait rüzgar türbinlerinin arıza oranlarının Danimarka'ya göre daha yüksek olduğu ve buna bağlı olarak güvenilirlik değerlerinin de daha düşük olduğu görülmüştür.
Konferans Bildirgesi	Tedarik Zinciri	Radhouane Djeridi, Aline Cauvin	IFAC MCP 2007	2007	Integration of a Modelling Method In The Design Of Supply Chains: Proposal of an Approach In The Framework Of Design For Logistics (Djeridi & Cauvin, 2007)	Alan araştırması	Bu çalışmada, operasyon, süreç, ekonomi, karar noktaları, tedarik zinciri gibi konuları birleştirecek bir lojistik yapı dizaynı önerilmiştir.
Makale	e-Tedarik Zinciri ile üretim ilişkisi	Markham T. Frohlich, Roy Westbrook	Journal of Operations Management	2002	Demand Chain Management in Manufacturing And Services:	Alan araştırması	Bu çalışmada, internet destekli tedarik zinciri entegrasyon stratejileri ile üretim ve hizmetlerdeki performans arasındaki ilişki, İngiltere'deki üreticilerden ve servislerden alınan veriler kullanılarak araştırılmıştır.

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
					Web-based Integration, Drivers And Performance (Frohlich & Westbrook, 2002)		
Makale	Güvenilirlik modeli oluşturma	K.S.Wang, F.S.Hsu, P.P.Liu	Reliability Engineering & System Safety.	2002	Modeling the Bathub Shape Hazard Rate Function in Terms of Reliability (Wang, vd., 2002).	Alan araştırması	Bu çalışmada, değişik hata mekanizmalardan elde edilen hata verileri kullanılarak güvenilirlik bathub eğri modeli oluşturulmuştur. Hata oranlarının, temelde sistem güvenilirliğine bağlı olduğu ifade edilmiştir. Ancak, kompleks sistemlerde güvenilirliğin yanında, operasyonel çevresel şartlarda meydana gelebilecek değişiklikler, kullanıcı davranışları gibi farklı faktörlerinde arıza oranını etkileyebileceği idelenmiştir.
Makale	Bakım Modeli Geliştirme	Geert Waeyenber Liliane Pintelon	Int. J. Production Economics	2002	A Framework For Maintenance Concept Development (Waeyenbergh & Pintelon, 2002)	Alan araştırması	Bu çalışmada, ömür devri maliyetimi düşürecek ve sistem güvenilirliğini yükseltecek uygun bir bakım modeli geliştirilmiştir. frohlich
Makale	Tedarik Zinciri	Markham T. Frohlich Roy Westbrook	Journal of Operations Management	2001	Arcs of Integration: an International Study of Supply Chain Strategies (Frohlich & Westbrook, Arcs of Integration: an International Study Of Supply Chain Strategies., 2001)	ANNOVA	Bu çalışmada, işletmelerdeki tedarik zincirinin optimizasyonu için müşteri ve satıcı arasındaki entegrasyonun sağlanmasına yönelik ANNOVA ve Scheffé Method kullanılarak bir straejji/yaklaşım geliştirilmiştir.
Makale	Güvenilirlik ölçütü olarak MTBF yerine MFOP kullanılması	Dimesh Kumar	IEEE Technical Review	2001	Setting Reliability Goals for Future Air Systems (Kumar D. , 2001)	Alan araştırması	Bu çalışmada; güvenilirlik ölçütü olarak günümüzde yaygın olarak kullanılan MTBF (mean time between failure) yerine gelecekte MFOP (maintenance free operating period) kavramının kullanılmasına yönelik bir konsept yaklaşım sunulmaktadır. MFOP kavramının, sistem hazır olmama durumunu ve pahalı plansız onarımlarından kaynaklı lojistik gecikmeleri düşürmek amacıyla ortaya çıkarıldığı ifade edilmiştir.

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Kitap Bölümü	Ömür Devri ve ELD	Eugenio Brusa ve Ambra Calà Davide Ferretto	Sprinter	2018	Systems Engineering and Its Application to Industrial Product Development (Brusa & Ferretto, 2018)	---	Sistem mühendisliği süreçleri anlatılmaktadır. Kitabın 10 ve 11'inci bölümlerinde ömür devri yönetimi, güvenilirlik, bakım gibi ELD konuları tanımlanmaktadır.
Kitap Bölümü	Sistem Mühendisliği	INCOSE	Wiley	2015	Systems Engineering Handbook (Walden, Roedler, Forsberg, & Hamelin, 2015).	---	Sistem mühendisliği süreçleri anlatılmaktadır. Kitabın 10'uncu bölümünde ömür devri yönetimi, güvenilirlik, bakım gibi ELD konuları tanımlanmaktadır.
Kitap	ELD ve Lojistik Destek Analizleri	James Jones	Logistics Management Associates, Sole Logistics Press, McGraw-Hill.	2014	Integrated Logistics Support Handbook (Third edition) (Jones, 2014).	---	ELD ve lojistik destek analizi uygulamalarını anlatmaktadır.
Kitap Bölümü	Güvenilirlik Analizi	Patrick O'Connor ve Andre Kleyner	John Wiley & Sons, Ltd.	2012	Practical Reliability Engineering (O'Connor & Kleyner, 2012)	---	"Practical Reliability Engineering" kitabının yedinci bölümünde güvenilirlik hesaplama yöntemleri tanımlanmaktadır.
Kitap Bölümü	NASA Sistem Mühendisliği	NASA	NASA	2007	NASA Systems Engineering Handbook (NASA, 2007).	---	NASA programlarında uygulanan sistem mühendisliği süreçleri tanımlanmaktadır. Kitabın üçüncü bölümünde ömür devri yönetimi, güvenilirlik, bakım gibi ELD konuları tanımlanmaktadır.
Kitap Bölümü	Ömür Devri Maliyeti	Benjamin Blanchard	John Wiley & Sons, INC.	2004	System Engineering Management For Sustainable Development (Blanchard, 2004)	---	"System Engineering Management For Sustainable Development" kitabının ikinci bölümünde yer alan "Life-Cycle Costing: An Effective Tool For Total Asset Management" başlığı altında sistem ömür devri maliyet konuları tanımlanmaktadır.
Tez	Bakım Yönetimi	Serkan Çetinkaya	İstanbul Kültür Enstitüsü	2019	Bakım Onarım Uygulamaları İçin Bir Bulanık Karar Destek Sistemi Tasarımı (Çetinkaya, 2019)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, bir tesisteki üretim makinaları için uygulanacak en uygun bakım modelinin seçimine, makinaların kritiklik

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Tez	Ulaştırma	Murat Turan	Y. L. Tezi Bogaziçi Üniversitesi	2019	A decision support system for reducing empty run costs in a logistic service provider company (Turan, 2019)	Matematiksel Model	analizi üzerinden karar verme imkanı sağlamak amacıyla bir KDS oluşturulmuştur. Bu çalışmada, bir lojistik hizmet sağlayıcı firmaya boş araç hareketlerini ve dış kaynaklı araç sayısını azaltmak ve böylece toplam maliyetini azaltmak için bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Tez	Bakım Yönetimi	Melike Erdoğan	Doktora Tezi Yıldız Teknik Üniversitesi	2018	Bakım Yönetimi İçin Bir Karar Destek Sistemi Önerisi: Toplu Taşıma Süreci Üzerine Bir Uygulama (Erdoğan, 2018)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, metrobüs araç yaşı, arızaların etkisi, maliyeti, güvenilirlilik, şoför yeteneği gibi farklı büyüklükler ile ifade edilen etkenler kullanılarak alınması gereken aksiyonları belirlemek amacıyla bir KDS geliştirilmiştir.
Tez	Tedarik Zinciri	Mualla Gonca Avcı	Doktora Tezi Dokuz Eylül Üniversitesi	2016	A decision support system for global supply chain risk management by considering premium freights (Avcı, 2016)	TOPSIS ve Simülasyon metodları	devam edilmesi gibi aksiyonların alınması için örnek bir KDS oluşturulmuştur. Bu çalışmada, küresel tedarik zincirinde risk yönetimi (TZRY) için acil seviyatları dikkate alan bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Önerilen KDS TZRY'nin risklerin belirlenmesi, risk değerlendirme, risk azaltma, risk izleme ve kontrol işlemlerini kapsamaktadır.
Tez	Ömür Devri Maliyeti	Hüseyin ABACI	Y. L. Tezi Kara Hap Okulu	2016	Ömür devri maliyetine Dayalı Çoklu Makine Yenileme Problemi için Model Önerisi (Abacı, 2016)	Tam sayılı doğrusal programlama	Bu çalışmada, makinaların ömür devri maliyetine bağlı olarak yenilenmesi veya elden çıkartılma kararının alınmasına yönelik çoklu makina yenileme problemi geliştirilmiştir.
Tez	Tedarik Zinciri	Murat Umut İzer	Yüksek Lisans Tezi Bogaziçi Üniversitesi	2016	A Decision Support System For Integrated Optimization Of Production, Transportation And Pricing Decisions In A Supply Chain (İzer, 2016)	Doğrusal Olmayan Programlama (Nonlinear Programming)	Bu çalışmada, ikame ürünlerin birden çok fabrikada üretildiği ve çeşitli pazarlarda satıldığı bir tedarik zincirinde üretim, taşıma ve fiyatlandırma kararlarını eniyilemeyi amaçlayan bir Karar Destek Sistemi geliştirilmiştir.

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Tez	Bakım Yönetimi	Asım Tokgöz	Marmara Üniversitesi Doktora Tezi	2015	Developing a model of airline flight and maintenance operations using systems dynamics approach: An application in THY technic (Tokgöz, 2015)	Simülasyon	Türk Hava Yolları Bakım Onarım Bölümünün Bakım Onarım Overhaul operasyonları için bir sistem dinamiği modeli geliştirilmiştir. Model, çeşitli parametreleri kolayca değiştirerek ve farklı politikaları test ederek bir öğrenme laboratuvarı olarak kullanılabilen şekilde tasarlanmıştır.
Tez	Ulaştırma	Mehmet Pekmezci	Gaziantep Üniversitesi Y.L. Tezi	2015	Belirsizlik Altındaki Lojistik Problemlerin Bulanık Mantık Kullanılarak Modellenmesi ve Çözümü (Pekmezci, 2015)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, ulaştırma problemleri, fabrika yerleşimi problemleri, ağ optimizasyonu problemleri, atama ve aktarma problemlerinin çözümüne yönelik bulanık mantık kullanılarak, bir model geliştirilmiştir.
Tez	Ömür Devri Maliyet Analizi	Metin ÇALIK	Dumlupınar Üniversitesi Doktora Tezi	2014	Üretim açısından ömür devri maliyet modelinin analizi: yat ve gezinti teknolojileri imalatında uygulanabilirliğine yönelik bir model önerisi (Çalık, 2014)	LCC hesaplama yöntemleri	Bu çalışmada yat imalatı yapan işletmelerin rekabet gücünü artırma amacıyla matematiksel bir model üzerinden ömür devri maliyet analizi gerçekleştirilmiştir.
Tez	Envanter Planlama	Gökhan Özkan	Kocaeli Üniversitesi Doktora Tezi	2014	Kritik bakım parçalarının yumuşak hesaplama algoritmalarıyla belirlenmesi (Özkan, 2014)	Bulanık Sinir Ağları	Bu çalışmada, bakım yönetimi ve envanter sistemi arasındaki ilişki göz önünde bulundurularak kritik bakım parçaları için stokta tutulması gereken miktarlar belirlenmiştir. İşletmeye ait bakım kayıtları kullanılarak kritik bakım parçalarının belirlenmesi amacıyla sırasıyla Bulanık C-Ortalamalar ve Sözel Çitli Uyarlanabilir Bulanık Sinir Ağları algoritmaları kullanılmıştır.
Tez	Arıza Analizi	Seçil Yarıbak Neşe	Marmara Üniversitesi Doktora Tezi	2014	Rüzgar santrallerindeki elektriksel ve mekanik arızaların temel bileşenler analizi ve destek vektör makinaları yöntemleriyle sınıflandırılması (Neşe, 2014)	Temel Bileşenler Analizi Yöntemi	Rüzgar türbin arızalarının erken algılanması, meydana gelen arızaların ikincil etkilerinin ortaya çıkmasını önleme, gereksiz parça değişimini engelleyecek odaklı bir bakım sağlanması, arıza tespit sürenin azaltılması amacıyla hata tanısı yöntemi geliştirilmiştir.

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Tez	Tedarik Zinciri	Şebnem Yılmaz Balaban	Doktora Tezi Dokuz Eylül Üniversitesi	2014	A fuzzy goal programming based decision support system for design and management of biomass to energy supply chains (Balaban, 2014)	Bulanık Mantık	Bu tezde, havasız ortamda çürütme temelli biyokütle – enerji tedarik zincirlerinin uygun maliyetli ve çevre dostu bir şekilde tasarımı ve yönetimini sağlamak amacıyla bir KDS geliştirilmiştir. Geliştirilen KDS İzmir de gerçek bir biyokütle – enerji tedarik zinciri tasarımı problemında uygulanmıştır.
Tez	Arıza Analizi	Muhammet Ünal	Doktora Tezi Marmara Üniversitesi	2014	Sinyal işleme ve genetik-yapay sinir ağları ile rulman arızalarının teşhisi (Ünal M. , 2014)	Yapay Sinir Ağı	Rulmanın çıkardığı titreşim ve ses sinyallerinin (verilerinin) zaman ve frekans düzlemindeki analizlerinden elde edilen çeşitli verilerin özelliklerinin sınıflandırılması ile rulman arıza teşhisi gerçekleştirilmiştir Rulman arızalarının teşhisi için genetik algoritma tabanlı ileri beslemeli bir yapay sinir ağı modeli kullanılmıştır.
Tez	ELD / Ömür Devri Maliyet Optimizasyonu	Taoufik Bouachera	Doktora Tezi Robert Gordon University	2012	Whole Life Costing Optimisation With Integrated Logistics Support Considerations (Bouachera, 2012)	Matematiksel Hesaplamalar	Bu çalışmada, petrol endüstrisinde ELD yaklaşımı kullanılarak bakım optimizasyonunda karar vermeyi kolaylaştıracak ve ömür devri maliyet optimizasyonu sağlayacak bir ELD uygulaması yaklaşımı önerilmiştir.
Tez	Acil Deprem Lojistiği	Gürbüz Ünal	Doktora Tezi Kara Harp Okulu	2011	Acil lojistik yardım operasyonu deprem lojistiği karar destek sistemi: ALYO-DLKDS (olası İstanbul depremi uygulaması) (Ünal G. , 2011)	Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)	Bu çalışmada, deprem sonrasında işe ve ibate ihtiyaçlarına yönelik olarak tasarlanan lojistik faaliyetler, Acil Lojistik Yardım Operasyonları (ALYO) kapsamında düzenlenmiş ve Deprem Lojistiğine (DL) yönelik olarak ALYO-DLKDS geliştirilmiştir. Tesis yeri seçiminde p-medyan modeli; aday noktalar arasında uzaklıkların belirlenmesinde Floyd algoritması; kriter ağırlıklandırılmalarında AHP yöntemi kullanılmıştır.
Tez	Performansa Dayalı Lojistik	Mehmet Bayram	Y.T. Tezi Eskişehir Üniversitesi	2010	Performansa Dayalı Lojistik, Ulusal Kamu Tedarik Sistemindeki Yeri ve Bulanık	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, Performansa Dayalı Lojistiği (PDL) bir tedarik stratejisi olarak kabullenen

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
					Mantık ile Tedarikçi Seçimi Uygulaması (Bayram, 2010)		kurumlarda tedarikçi seçiminde bulanık mantık modeli kullanılarak bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Tez	Araç Rotalama	İbrahim Yel	Y. L. Tezi Teknik Üniversite	2009	Lojistik sektörde Bulanık Mantık Karar Sürecinin Uygulanması (Yel, 2009)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, araç rotalama problemlerinin çözümüne yönelik bulanık mantık metodolojisi kullanılarak bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Tez	Anıza Analizi	Mehmet Akar	Doktora Tezi Sakarya Üniversitesi	2009	Sabit miktatsız senkron motorda yapay zeka yöntemleri ile mekanik hataların teşhisi (Akar, 2009)	Yapay Zeka Yöntemi	Sabit Miknatıslı Senkron Motorda eksenden kaçıklık ve rulman arızası deneysel olarak çalışılmıştır. İzlenen sinyallerin Hızlı Fourier dönüşümü, Alfa-Beta dönüşümü ve Ani akım-hızın izlenmesi yöntemleriyle öznelik vektörleri oluşturulmuştur. Elde edilen öznelik vektörleri ise Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları ve Çok Katmanlı İleri Beslemeli Ağ eğitiminde kullanılarak motor durumu izlenmiş ve arıza teşhisi gerçekleştirilmiştir.
Tez	e-bakım	Olov Candell	Doktora Tezi Lulea University	2009	Development of Information Support Solutions for Complex Technical Systems using eMaintenance (Candell, 2009)	Alan Araştırması	Bu çalışmada, teknolojik olarak gelişen kompleks sistemlerde e-bakım sisteminin geliştirilmesi için bilgi detek modeli önerilmiştir.
Tez	Güvenilirlik Analizi	Bora Çekyay	Doktora Tezi Koç Üniversitesi	2009	Reliability and maintenance of semi-Markov missions (Çekyay, 2009)	Matematiksel hesaplamalar	Görev-tabanlı sistemlerin güvenirliliği ve bakımı ile ilgili problemler analiz edilmiştir. Bu bağlamda toplam maliyetin şimdiki beklenen değerini enbüyükleyen bakım politikalarının yapısı ortaya çıkarılmıştır.
Tez	ELD	Keith Richard Lambert	Doktora Tezi University of South Africa	2008	The Development of a Framework for an Integrated Logistics Support System Within a High Technology Industry in a developing Country (Lambert, 2008)	Alan Araştırması	Bu çalışmada, gelişmekte olan ülkelerdeki yüksek teknoloji kullanan işletmelerde entegre lojistik destek sisteminin uygulanmasına yönelik bir yaklaşım önerilmiştir.
Tez	Üçüncü Parti Lojistik	Ümit Ali Özkazanç	Doktora Tezi Eskişehir	2008	Üçüncü parti lojistik (3PL) hizmetlerinde sefer ve sevkiyatların planlanması için	Yapay Sinirsel Ağ Yöntemi	Bu çalışmada; 3PL hizmeti veren bir lojistik firmasında araç turlarının belirlenmesi, araç

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
					bir lojistik karar destek sistemi (Özkazanç, 2008)		yüklenmesini sağlayacak şekilde müşterilerin gruplanması, araç içi yüklemenin ve yük dağılımının nasıl olacağını belirlemesi ve sonuçta araç turlarını belirlerken daha önce belirlenmiş olan zaman aralıklarına uygun çözüm bulunması amacıyla KDS geliştirilmiştir.
Tez	Bakım Yönetimi	Demet Özgür Ünlüakın	Doktora Tezi Boğaziçi Üniversitesi	2008	Maintenance of a multi-component dynamic system under partial observations (Ünlüakın, 2008)	Hiyerarşik sezgisel çözüm yöntemi	Bu çalışmada, belirli bir arıza hızıyla yaşanan bileşenlerden oluşan dinamik bir sistemin bakım problemi ele alınmıştır.
Tez	Bakım Yönetimi	Arzum Özgen	Doktora Tezi Yıldız Teknik Üniversitesi	2008	Müşteri odaklı bakım onarım faaliyetleri performansının dinamik tamirci rotalama problemi ile modellenmesi ve optimizasyonu (Özgen, 2008)	Düşünen süreçler, Kısıtlar teorisi	Bu çalışmada, bakım onarım faaliyetlerinin, yerine getirilmesi için gerekli rotalama ve eleman kullanımı maliyetlerinin, incelenmesi ve iyileştirilmesi için bilimsel yöntemlerin kullanımı ve sonuçları gösterilmeye çalışılmıştır. Bilişim firmalarının organizasyon yapılarındaki birimlerin birinin faaliyetleri incelenmiş ve bu problemlerin analizinde Düşünen Süreçlerden faydalanılmıştır.
Tez	Bakım Yönetimi	Fuat Şimşir	Doktora Tezi Sakarya Üniversitesi	2008	Kaynak kısıtlı bakım çizelgeleme problemine bir hibrid çözüm yaklaşımı (Şimşir, 2008)	Bulanık Mantık	Her bir koruyucu bakım, bir gen olarak temsil edilmiş ve farklı dizilişlerdeki kromozomların; kaynak kısıtlarına göre, işlerin öncelikleri de dikkate alınarak tamamlı oldukları günlere atanmasını sağlayacak genetic algoritma temelli bir çözüm tekniği geliştirilmiştir. Koruyucu Bakımların önceliklerinin belirlenmesinde ise Bulanık Mantık yaklaşımı tercih edilmiştir
Tez	Bilgi Sistemi	Mehmet Akif İZCİ	Y.L. Tezi Kocaeli Üniversitesi	2008	Ürün Ömür Devri Yönetim Sistemlerinin Silahlı Kuvvetlere Uygulanması (İzci, 2008)	Bilgisayar Programlama	Bu çalışmada, Silahlı Kuvvetlerinin sahip olduğu sistem ve platformların sorunsuz işletilmesi ve idamesinin yapılmasına yönelik ürün odaklı bir bilgi sistemi geliştirilmiştir.

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Tez	Depolama	Başak Çelik	Doktora Tezi Dokuz Eylül Üniversitesi	2008	Development of a decision support system for performance-based landfill design (Çelik B. , 2008)	Simülasyon modelleri	Bu tez çalışmasında, performans-bazlı katı atık depolama sahası tasarımı için tasarım elemanlarının, sistem değişkenleri ve performans ölçütlerini göz önüne alarak seçimine yardımcı olacak bir KDS geliştirilmiştir. KDS, simülasyon modelleri, tasarım modeli ve hesaplama modülleri özgül bir KDS mimarisinde birleştirilmiştir.
Tez	Tedarik	Hande SEZER	Yüksek Lisans Tezi Dokuz Eylül Üniversitesi	2008	Düzenli hat taşımacılığında nakliye müteahhidinin gemi operatörü seçimine çok kriterli karar destek sistemi yaklaşımı (Sezer, 2008)	AHP, ELECTRE ve TOPSIS	Bu çalışmada, karar verici olarak nakliye müteahhidlerinin çok yönlü olan aracılık sürecindeki en uygun gemi operatörü seçiminde, seçim kriterlerinin oluşturulması amacıyla bir KDS oluşturulmuştur. KDS oluşturmak için İZMİR’de faaliyet gösteren nakliye müteahhitleri ile görüşme yapılmıştır. AHP, ELECTRE ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak KDS oluşturulmuştur.
Tez	Depolama	Yekta Balca	Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi	2007	Düzenli depolama alanı belirlemede karar destek sistemi kullanımı (Balca, 2007)	Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)	Bu çalışmada, katı atıkların bertaraf yöntemlerinden düzenli depolama sahası için en uygun yerin belirlenmesine yönelik bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Tez	Bakım Yönetimi	Maşuk Mete	Yüksek Lisans Tezi İstanbul Üniversitesi	2007	Bakım yönetiminde bulanık çok amaçlı karar verme modeli (Mete, 2007)	Bulanık Mantık	Bakım stratejilerinin seçilmesine bulanık çok ölçütlü karar verme modeli kullanılmıştır. Klasik AHS-TOPSIS ve bulanık AHS-bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılarak bakım stratejilerinin seçimi için bir model geliştirilmiştir.
Tez	Tedarik Zinciri	Ercan Ceviz	Yüksek Lisans Tezi Bogaziçi Üniversitesi	2007	A decision support system for consumer driven supply networks (Ceviz, 2007)	Matematiksel Modelleme	Bu çalışmada, müşteri odaklı tedarik zincirlerinde taktik ve stratejik seviye karar verme problemlerini yönetmek amacı ile bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Tez	Tedarik Zinciri	A.Ürün Sancar	Yüksek Lisans Tezi Bogaziçi Üniversitesi	2006	A simulation based decision support system for supply chain management (Sancar, 2006)	Simülasyon modeli	Bu çalışmada, tedarik zinciri yöneticilerinin karar vermeleri için karar destek sistemi olarak çalışacak ve kullanımı kolay bir denetim ortamı sağlayacak bir KDS geliştirilmiştir.

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Tez	Filo Yönetimi	Mehmet Eryiğit	Doktora Tezi Hacettepe Üniversitesi	2005	Hava taşımacılığında filo atama problemlerini çözmeye yönelik bir karar destek sistemi geliştirme (Eryiğit, 2005)	Analytik Hiyerarşi Prosesi (AHP)	Bu çalışmada, hava taşımacılığında filo atama, problemlerinin çözümü, yeni bir uçak alımı, yeni uçuş ayağı planlama, her bir uçuş ayağı için yolcu talep tahmini yapmak amacıyla bir KDS geliştirilmiştir.
Tez	Depolama ve Taşıma	Gökhan Şenol	Doktora Tezi Uludağ Üniversitesi	2008	Entegre lojistik yönetiminde karar destek sistemleri ve bir uygulama (Şenol, 2008)	Analytik Hiyerarşik Proses (AHP)	Çalışmada; taşıma, depolama, hizmet, yönetim gibi lojistik faaliyetlerin, entegre bir şekilde yürütülmesine yönelik karar alıcılara destek olması amacıyla bir Karar Destek Sistemi (KDS) geliştirilmiştir. KDS, fiyat, esneklik, hız ve kalite değişkenleri kullanılarak AHP yöntemi ile oluşturulmuştur.
Tez	Karar Destek Tasarımı	İlkay Orhan	Doktora Tezi Anadolu Üniversitesi	2007	Uçak bakım planlamasının en iyileşmesine yönelik bir karar destek tasarımı (Orhan, 2007)	Matematiksel Modellleme	Bu çalışmada, uçakların bakıma girmeden önceki yasal kullanılabilir uçuş zamanlarını da etkileyecek bütünleşik çok-amaçlı karma tamsayılı doğrusal bir modelleme yaklaşımı önerilmiştir. Önerilen yaklaşım karar vericiye hedefleri doğrultusunda önceliklerini güncelleme ve karşılıklı etkileşimli olarak yeniden-belirleme olanağı sunan bir karar destek sistemidir.
Tez	Lojistik Ağ Optimizasyonu	Neslihan Özgün	Y.L. Tezi Gazi Üniversitesi	2007	Yeniden İmalat sistemleri için Bütünleşik lojistik ağı Tasarımı ve bir Karma Tamsayılı Programlama Modeli (Özgün, 2007)	Tam Sayılı Programlama	Bu çalışmada, işletmelerdeki lojistik sistemde ileri ve geri ürün akışını optimize etmek için karma tamsayılı programlama modeli geliştirilmiş ve model değişik boyutlardaki test problemleri üzerinde uygulanmıştır.
Tez	Ömür Devri Maliyeti	Orhan Fazlıoğulları	Y.L. Tezi Kara Harp Okulu	2003	Bulanık (Fuzzy) Matematikle Ömür Devri Maliyeti Risk Analizi (Bir Uygulama: Bilgisayar Dershanesi Projesi) (Fazlıoğulları, 2003)	Bulanık Mantık Olasılık Teorisi	Bu çalışmada, Ömür devri maliyet tahmini yaparak karar vericilere destek olmak amacıyla, bulanık mantık ve olasılık teorisi modelleri kullanılarak bir sistem geliştirilmiştir. Sistem bir bilgisayar dershanesi projesine yönelik riskin ölçülmesinde uygulanmıştır.

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Tez	Güvenilirlik Analizi	Meriç Alper	Doktora Tezi Anadolu Üniversitesi	2000	Uçak bakım planlamasında güvenilirlik analizi için bir yöntem geliştirilmesi (Alper, 2000)	Matematiksel hesaplamalar	F-16 uçaklarına ait F110-GE-100 motorlarının en çok hasarlanan iki parçasını ele alınıp, F110-GE-100 motorlarının bakım standart ve politikasını gerçek verilere dayalı olarak güvenilirlik analizi yardımıyla bulunmuştur
Standart	Ömür Devri Yönetimi	NATO		2015	AAP-20 NATO Programme Management Framework (NATO/AAP-20, 2015).		Bu standardda, NATO ülkeleri tarafından yürütülen sistem ömür devri yönetiminin genel çerçevesini tanımlanmaktadır. Doküman, "NATO Ömür Devri Modeli" olarak da bilinmektedir.
Standart	Ömür Devri Yönetimi	NATO		2013	AAP-48 NATO System Life Cycle Processes (NATO/AAP-48, 2013).		Bu standard ise, AAP-20 ile bağlantılı olarak her bir ömür devri safhası sürecinde yapılan faaliyetlere yönelik prosedürleri tanımlanmaktadır.
Standart	ELD Yönetimi	NATO		2011	ALP-10 Nato Guidance on Integrated Logistics Support for Multinational Armament Programmes (NATO/ALP-10, 2011).		Bu standardta, NATO ve bağlı ülkeler tarafından yürütülen programlarda, Entegre Lojistik Destek uygulamalarına ilişkin prosedürler, sorumluluklar, örnek şablonlar gibi hususlar tanımlanmaktadır.
Standart	Lojistik Destek Analizi (LDA)	ABD Savunma Bakanlığı		1983	MIL-STD-1388-1A, Military Standard, Logistic Support Analysis (MIL-STD-1388-1A, 1993).		LDA sürecini oluşturan genel gereksinimler ve görev tanımlarını açıklamaktadır.
Standart	LDA Kayıtları	ABD Savunma Bakanlığı		1991	MIL-STD-1388-2B, Military Standard, Logistic Support Analysis Record (MIL-STD-1388-2B, 1991).		MIL-STD-1388-1A'ya göre gerçekleştirilecek analizlere dair veri tabanını tanımlamaktadır.
Standart	Ürün Destek Analizi	ABD Savunma Bakanlığı		2013	MIL-HDBK-502A, Product Support Analysis Handbook (MIL-HDBK-502A, 2013).		Bu dokümanda, sistem ve ekipmanların ömür devri süresince Ürün Destek Analizlerinin gerçekleştirilmesine yönelik bir çerçeve tanımlanmaktadır. Örnek uygulamalar da içermektedir.
Standart	ELD Uygulması	ASD ve AIA		2016	International guide for the use of the S-Series Integrated Logistics Support (ILS) specifications (ASD ve AIA, 2016).		Havacılık, uzay ve savunma sanayi projelerinde uygulanacak ELD faaliyetlerini genel olarak tanımlamaktadır. Ayrıca ASD ve AIA tarafından yayımlanan diğer ELD dokümanlarının kullanımlarına yönelik açıklayıcı bilgi sunmaktadır.
Standart	LDA	ASD ve AIA		2014	International specification for Logistics Support Analysis (ASD ve AIAS, 2014).		S3000L genel olarak, DEF-STAN-00-60, MIL-STD-1388-1A, MIL-HDBK-502, ve ISO 10303-239 PLCS standartlarında tanımlanan faaliyet modellerine dayandırılmış olup LDA süreçlerini tanımlamaktadır.

ÖDY ve ELD alanlarında toplam 1276 adet çalışma incelenmiştir. Bu çalışmalardan iş bu tezin konusu ile bağlantılı olduğu değerlendirilen toplam 70 adet çalışma taksonomik literatür tarama tablosuna eklenmiştir. ÖDY, ELD ve lojistik ile ilgili İncelenen makalelerde ve konferans bildirelerinde yoğunluklu olarak aşağıdaki konularda çalışmaların yapıldığı görülmüştür.

- o ELD uygulamaları (Jamil, vd., 2018)
- o Ömür devri maliyeti (Aşjad, vd., 2012; Erkoyuncu, Khan, Butler, & Rushton, 2017)
- o Bakım uygulamaları (Waeyenbergh & Pintelon, 2002; Mansor, Ohsato, & Sulamian, 2012; Matias, Calais, Azevedo, & Matias, 2015)
- o Güvenilirlik (Kumar D., 2001; Wang, vd., 2002; Tavner, vd., 2007; Lad & Kulkarni, 2008; Distefano & Puliafito, 2009; Jin & Tian, 2012)
- o Tedarik zinciri (Frohlich & Westbrook, 2001; Frohlich & Westbrook, 2002; Djeridi & Cauvin, 2007)
- o e-Bakım (Candell, Karim, & Soderholm, 2009)

Jones (2014) tarafından hazırlanan ELD El Kitabı, Entegre Lojistik Destek ve uygulamaları ile ilgili uluslararası klavuz niteliğinde bir kitaptır. ELD el kitabında yoğunlukla lojistik destek analizleri tanımlanmaktadır.

TSK’da sistem ömür devri yönetimi ve ELD süreçlerinin sürdürülmesine yönelik Gnkur. Bşk.lığınca 2002 yılında Lojistik Mühendislik ile Başlayan Lojistik Değişim ve Gelişim Kitabı yayımlanmıştır.

“Systems Engineering Handbook” (INCOSE, 2015) kitabında, sistem mühendisliği süreçleri anlatılmaktadır. Kitabın 10’uncu bölümünde ömür devri yönetimi, güvenilirlik, bakım gibi ELD konuları tanımlanmaktadır.

“NASA Systems Engineering Handbook” (NASA, 2007) kitabında NASA programlarında uygulanan sistem mühendisliği süreçleri anlatılmaktadır. Kitabın üçüncü bölümünde ömür devri yönetimi, güvenilirlik, bakım gibi ELD konuları tanımlanmaktadır.

NATO ordularında Sistem Ömür Devri ve ELD faaliyetlerini uygulamak için aşağıda sunulan uluslararası standartlar kullanılmaktadır.

- o Uluslararası Savunma Programları için NATO ELD Klavuzu (NATO/ALP-10, 2011),
- o NATO Program Yönetim Klavuzu / NATO Ömür Devri Modeli (NATO/AAP-20, 2015),
- o NATO Sistem Ömür Devri Prosesleri (NATO/AAP-48, 2013),
- o Sistem Ömür Devri Yönetimi ile ilgili standartlar seti (ASD ve AIA, 2016),
- o Lojistik Destek Analizi ve kayıtları için askeri standartlar (S3000L, 2014; MIL-STD-1388-1A, 1993; MIL-STD-1388-2B, 1991).

Ayrıca yüksek maliyetli ve stratejik öneme haiz özellikle harp araç, silah ve malzemeler ile uzay ve havacılık sektörlerinde sistem ömür devrini, güvenilirliğini ve hazır olmayı arttırmak ve aynı zamanda sistem ömür devri maliyetini düşürmek için son zamanlarda özellikle Ömür Devri Yönetimi ve ELD konularında Savunma Sanayii Başkanlığı (Ankara) koordinatörlüğünde önemli çalışmalar başlatılmıştır. (<https://tssodyp.ssb.gov.tr/Sayfalar/default.aspx>).

ÖDY, ELD ve Lojistik alanında hazırlanmış ve Ulusal Tez Merkezinde bulunan 200 adet Doktora tezi ve 994 adet yüksek lisans tezi olmak üzere toplam 1194 adet lisansüstü tez çalışması incelenmiştir. İncelenen lisansüstü tezlerde yoğunluklu olarak aşağıda sunulan lojistik konularında çalışma yapıldığı görülmektedir.

- o Tedarik & tedarik zinciri (Sancar, 2006; Ceviz, 2007; Sezer, 2008; Balaban, 2014; Avcı, 2016; İzer, 2016;)
- o Bakım yönetimi & bakım optimizasyonu (Mete, 2007; Ünlüakın, 2008; Özgen, 2008; Şimşir, 2008; Tokgöz, 2015; Erdoğan, 2018; Çetinkaya, 2019)
- o Ulaştırma & araç rotalama (Yel, 2009; Pekmezci, 2015; Turan, 2019)
- o Ömür devri maliyeti (Fazlıoğulları, 2003; Çalık, 2014; Abacı, 2016)
- o Envanter Planlama (Çalık, 2014)
- o Arıza Analiz (Akar, 2009; Neşe, 2014; Ünal, 2014)
- o Acil deprem lojistiği (Ünal, 2014)
- o Performansa dayalı lojistik (Bayram, 2010)
- o Güvenilirlik analizi (Alper, 2000; Çekyay, 2009;)
- o Depolama (Balca, 2007; Çelik, 2008; Şenol, 2008)
- o Filo yönetimi (Eryiğit, 2005)
- o Lojistik ağı optimizasyonu (Özgün, 2007).

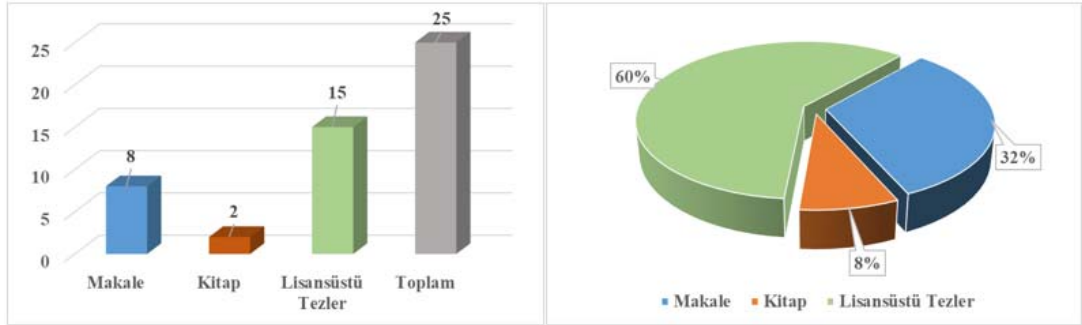
Lojistik alanında son zamanlarda ön plana çıkmaya başlayan Ömür Devri Yönetimi ve ELD konularında, diğer lojistik konulara nispeten daha az çalışma yapıldığı tespit edilmiştir.

Ömür devri yönetimi ve ELD alanlarında yapılan literatür incelemesinde, “Ömür Devri Karar Destek Sistemini” doğrudan konu alan bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

3.2 İnsansız Hava Aracı ile İlgili Yapılan Çalışmalar

İHA'ların keşif, gözetleme, hedef tespit ve imha gibi askeri amaçlı kullanımı yanında günümüzde çok farklı sivil alanda da kullanılmaya başlanmasına bağlı olarak bu alanda akademik çalışmaların da arttığı gözükmemektedir.

İHA ile ilgili toplam 177 adet çalışma incelenmiştir. Bu çalışmalardan iş bu tezin konusu ile bağlantılı olduğu değerlendirilen toplam 25 adet çalışma taksonomik literatür tarama tablosunda sunulmuştur. Taksonomik literatür tarama tablosuna eklenen çalışmaların türüne göre sayısal ve oransal dağılımı Şekil 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.9: İHA ile ilgili taksonomik literatür tablosuna eklenen çalışmaların dağılımı

Bu taramanın bulguları özet olarak Tablo 3.4'deki taksonomik literatür tarama tablosunda yer almaktadır.

Tablo 3.4: İnsansız hava araçları ile ilgili taksonomik literatür tarama tablosu

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Makale	İHA Tanıtımı	Y. Emre Tansü ve Sait Katrancı	Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences	2020	İnsansız hava araçlarının muharebe - savunma alanında kullanımı ve Türk Silahlı Kuvvetlerinde insansız hava araçlarının etkisi (Tansü & Katrancı, 2020).	Alan araştırması	Bu çalışmada, İHA ve SİHA'ların küresel anlamda muhabere sahasında kullanımını ve Türk Silahlı Kuvvetleri'nde kullanımına ilişkin değerlendirmeler yapılmıştır.
Makale	İHA Kullanımı	Sezer Çoban ve Tuğrul Oktay	Journal of Aviation	2018	Unmanned Aerial Vehicles (UAV's) According to Engine Type (Çoban & Oktay, 2018).	Alan araştırması	Motor tiplerine göre İHA'ların tanıtımı ve sınıflandırılması yapılmıştır.
Makale	İHA Tanıtımı	Muzaffer Kahveci ve Nazlı Can	S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg	2017	İnsansız hava araçları: tarihçesi, tanımı, dünyada ve türkiye'deki yasal durumu (Kahveci & Can, 2017).	Alan araştırması	Bu makalede, İHA'ların sivil kullanım alanları, amaçları ile Türkiye ve Dünya'daki mevzuata ilişkin durum tespiti yapılmış ve önerilerde bulunulmuştur.
Makale	İHA Tanıtımı	Yüksel Korkmaz, Osman İyibilgin ve Fehim Fındık	SAÜ Fen Bilimleri Dergisi	2016	Geçmişten günümüze insansız hava araçlarının gelişimi (Korkmaz, vd., 2016).	Alan araştırması	Bu çalışmada, İHA araştırmaları gözden geçirilmiş ve İHA'ların uygulama alanları incelenmiştir. İHA'yı oluşturan temel parçalar tanıtılmış, uygulanan mekanik testler, kaldırma kuvveti ve aerodinamik testler özetlenmiştir.
Makale	İHA Yasal İnceleme	Mustafa Dikmen	Savunma Bilimleri Dergisi	2015	İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemlerinin Hava Hukuku Bakımından İncelenmesi (Dikmen, 2015).	Alan araştırması	Bu çalışmada, sivil maksatlı İHA kullanımını hukuki bağlamda irdelenmiştir. Uluslararası ve ulusal hukuki düzenlemelerin kapsamını incelemiş ve sınırlı ölçekte sivil İHA kullanımına yönelik düzenleyici bir konsept önerisi yapılmıştır.
Makale	İHA Tanıtımı ve Sınıflandırma	Suraj G. Gupta, Mangesh M. Ghonge ve P. M. Jawandhiya	International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology	2013	Review of Unmanned Aircraft System (UAS) (Gupta, vd., 2013)	Alan araştırması	Bu çalışmada, İHA sistemi genel olarak tanıtılmış ve İHA'lar boyut, ağırlık, performans gibi faktörlere göre sınıflandırılmıştır.

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Makale	İHA Kullanımı	Matthew DeGarmo ve Gregory M. Nelson,	American Institute of Aeronautics and Astronautics	2004	Prospective Unmanned Aerial Vehicle Operations in the Future National Airspace System. (DeGarmo & Nelson, 2004)	Alan araştırması	İHA'ların gelecekte ulusal hava sahasında kullanımına yönelik görev senaryoları tanımlanmıştır.
Makale	İHA Tanıtımı	Taner Altunok	Bilim ve Teknik	2010	Türkiye'nin İHA Servisini (Altunok, 2010).	Alan araştırması	İHA'nın tanıtımı yapılmış ve Türkiye'deki İHA çalışmaları anlatılmıştır.
Kitap Bölümü	İHA Tanıtımı	Konstantinos Dalamagkidis	Handbook of Unmanned Aerial Vehicles / Springer	2015	Aviation History and Unmanned Flight (Dalamagkidis, 2015)	---	"Aviation History and Unmanned Flight" kitabının dördüncü bölümünde İHA teknolojisinin tanıtımı, gelişimi ve İHA çeşitleri tanıtılmaktadır.
Kitap	İHA Tarihi	Laurence R. Newcome	American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc.	2004	Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles (Newcome, 2004)	---	İHA sisteminin tanıtılması, tarihi gelişimi ve sınıflandırması anlatılmıştır.
Tez	İHA Kullanım	Tamer Savaş	Doktora Tezi Eskişehir Teknik Üniversitesi	2019	İnsansız hava aracı sistemlerinin ayrılmamış hava sahasına entegrasyonunun pilotaj ve hava trafik yönetimi açısından değerlendirilmesi (Savaş, 2019).	Gerçek zamanlı simülasyon yöntemi kullanılmıştır.	İHA sistemlerinin sivil alandaki potansiyel kullanımlarını artırmak ve sürdürülebilir bir ilerleme kaydetmek için mevcut insanlı havacılık kurallarının İHA'lara uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. İHA sistemlerinin, insanlı hava araçları ile birlikte uçuş operasyonlarını içeren bir model önerisi sunulmuştur.
Tez	İHA Baz İstasyonu	Cihan Tuğrul Çiçek	Doktora Tezi TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi	2019	İnsansız hava aracı baz istasyonlarının 3 boyutlu yerleşim ve kaynak atama problemlerinin optimizasyonu (Çiçek, 2019).	Matematiksel modellerle algoritma geliştirilmiştir.	İHA'ların hareketli baz istasyonu olarak yeni nesil kablosuz haberleşme ağlarına entegrasyonu ve çeşitli senaryolar için İHA Baz istasyonlarının (İHABİ) yerleşim ve kaynak atama problemleri ele alınmıştır
Tez	İHA Rotalama	Bayram Ali Buran	Doktora Tezi İstanbul Kültür Üniversitesi	2019	Kısıtlara bağlı matematiksel modelleme ile insansız hava aracı için yunusatılmış rota planlaması (Buran, 2019).	Genetik Algoritma	İHA için matematiksel rota planlama yöntemleri incelenmiştir. Genetik Algoritma yöntemi kullanılarak İHA'nın kontrol noktalarını hangi sıra ile dolaşılacağı belirlenmiştir.

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Tez	İHA Dağıtım ağı ve optimizasyonu	Aboharba Salah	Atilım Üniversitesi Doktora Tezi	2018	Development of a collaborative delivery system with unmanned aerial vehicles and delivery trucks (Salah, 2018).	Karınca kolonisi optimizasyonu ve en yakın komşuluk algoritması kullanılmıştır	Tezde, paket dağıtım amacıyla farklı bir şekilde kullanımını incelemektedir. Kısıtlı batarya kapasitesi ve sınırlı uçuş süresi gibi problemler göz önünde bulundurularak, İHA ve dağıtım kamyonu işbirliği yapan bir sistem önerilmektedir. İHA'nın dağıtım güzergâhı optimizasyonu üzerine çalışma yapılmıştır.
Tez	İHA Tasarım	Sezer Çoban	Erciyes Üniversitesi Doktora Tezi	2018	Taktik İHA (TIHA) tasarımı, imalatı ve otonom kontrolü (Çoban, 2018).	Matematiksel hesaplamalar, modelleme ve simülasyon yöntemleri kullanılmıştır.	Bu çalışmada, ZANKA-III isimli bir Taktik İHA, hem pasif hem de aktif başkalaşabilecek şekilde otopilotla birlikte eş zamanlı olarak tasarlanıp üretilmiştir. İHA'nın tasarlanmasına yönelik dinamik modellemesi gerçekleştirilip, daha sonra boyulanması ve yanal durum uzay modelleri çıkarılmıştır. Tasarım faaliyetlerinde Solidworks, Maple ve MATLAB yazılımlarından faydalanılmıştır.
Tez	İHA Rotalama	Emine EŞ Yürek	Uludağ Üniversitesi Doktora Tezi	2018	İnsansız hava aracı destekli araç rotalama problemi (Yürek, 2018).	Genetik Algoritma	Kamyon ve İHA'ların, zaman ve konum olarak koordinasyonunu sağlayarak eşzamanlı dağıtım yapmalarını sağlamak amaçlamaktadır. Kamyon ve İHA için iki adet rotalama sistemi geliştirilmiş ve bu iki rotayı birleştirmek için genetik algoritma yöntemi kullanılmıştır.
Tez	İHA Modelleme	Resul Çömert	Uludağ Üniversitesi Doktora Tezi	2018	İnsansız hava aracı verilerinden nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımı ile sığ heyelanların tespiti (Çömert, 2018).	Matematiksel modelleme	Karadeniz Bölgesinde ani yağışlara bağlı gelişen heyelan olayları sonrası insansız hava aracından elde edilen verilere nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımı uygulanarak heyelanların hızlı haritalanmasına yönelik Sayısal Yüzey Modeli ve Sayısal Arazi Modeli geliştirilmiştir.

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Tez	İHA Güvenilirlik Analizi	Yılmaz Koç	Doktora Tezi ODTÜ	2017	Reliability analysis of tactical unmanned aerial vehicle (UAV) (Koç, 2017).	Matematiksel hesaplamalar	Bu çalışmada, Taktik İHA için güvenilirlik analizi gerçekleştirilmiştir. Güvenilirlik hesaplanmasında üstel ve Weibull dağılımlar kullanılmıştır.
Tez	İHA Güvenlik	İsmet Çuhadar	Doktora Tezi Gazi Üniversitesi	2017	İnsansız hava aracı sistemlerinde bilgi güvenliği ve risk tabanlı çok kriterli karar verme modeli ile değerlendirilmesi (Çuhadar, 2017).	Matematiksel modellere	İHA'ların son zamanlarda kullanım alanlarının artmasıyla beraber kötü amaçlı kullanımların da arttığı değerlendirilmiştir. İHA'ların ele geçirilmesi, yönetilmesi ve yanıtılması gibi kötü amaçlı istismlara karşı Risk Tabanlı Çok Kriterli Karar Verme yönteminin geliştirilmesi hedeflenmiştir.
Tez	İHA Tasarım	Ugur Özdemir	Doktora Tezi Uludağ Üniversitesi	2015	Dikey iniş kalkış yapabilen sabit kanatlı insansız hava aracı tasarım, üretimi ve uçuş testleri (Özdemir, 2015).	Matematiksel hesaplamalar ve analizler yapılarak İHA geliştirilmiştir.	Tez kapsamında, dikey iniş kalkış yapabilen sabit kanatlı insansız hava aracı tasarımı için matematiksel hesaplamalar ve analizler yapılarak TURAÇ DJKY İHA geliştirilmiştir.
Tez	İHA Tasarım	Levent Ünlüsoy	Doktora Tezi ODTÜ	2014	Effects of Morphing On Aeroelastic Behavior of Unmanned Aerial Vehicle Wings (Ünlüsoy, 2014).	Theodorsen teorisi ve Aeroelastik analizler kullanılmıştır.	İnsansız hava aracı kanatlarının doğrusal aeroelastik davranışı olmak üzere, şekil değiştirebilmenin kalkış, turmanış, seyir ve avare uçuş olmak üzere dört farklı uçuş evresine olası etkileri üzerine bir çalışma yapılmıştır.
Tez	İHA Model geliştirme	Zuhal Kale Demirkıran	Doktora Tezi Kara Harp Okulu	2011	Teknoloji eleme ve seçme modeli: insansız hava aracı haberleşme sistemi uygulaması (Demirkıran, 2011).	Matematiksel hesaplamalar, modelleme ve simülasyon yöntemleri kullanılmıştır.	Bu çalışmada, tedarik planlama aşamasında uygulanabilecek, sistemleri birbirleri ile etkileşimli olarak değerlendiren ve nicel yöntemlerden faydalanan bir model önerilmektedir. Teknoloji Eleme ve Seçme Modeli; teknoloji değerlendirme, tahmin ve planlama alanında kullanılan ve sistem mühendisliğinde faydalanan yöntem, araç ve teknikler kullanılarak kurgulanmıştır.

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Tez	İHA Tasarım	Ali Dinç	Doktora Tezi Anadolu Üniversitesi	2010	İnsansız hava aracı ve güç grubu müşterek öntasarımın seçkinici genetik algoritma yöntemiyle en iyilemesi (Dinç, 2010).	Seçkinici genetik algoritma	Bu çalışmada, İHA için uygun güç sistemi seçimi ve uçak-güç grubu ön tasarımının en iyilemesi, seçkinici genetik algoritma yöntemiyle yapılmıştır. Çalışma kapsamında İHA motorunun analitik yöntemle boyutlandırılması için bir yazılım da geliştirilmiştir.
Tez	İHA Kontrol Algoritması Geliştirilmesi	Mustafa Karaca	Y.L. Tezi Erciyes Üniversitesi	2010	Bulanık Mantık Kullanılarak İnsansız Hava Aracı İrtifa Kontrolü ve Simülasyonu (Karaca M. , 2010)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, Rascal İHA için otonom olarak çalışmasına yönelik bulanık mantık kullanılarak kontrol algoritmaları ve aviyonik sistemler geliştirilmiştir.
Tez	Havacılık Uçak Yaktı	Ümit İSKENDER	Doktora Tezi Gazi Üniversitesi	2007	Bulanık mantık Denetleyicisi İle Uçak Yaktı Tüketiminin Modellenmesi (İskender, 2007)	Bulanık Mantık, Yapay zeka	Bu çalışmada, uçak jet motorunun yakıt kontrolünü gerçekleştirmek için bulanık mantık ve yapay zeka kullanılarak bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.

İHA ile ilgili toplam 177 adet çalışma incelenmiştir. Bu çalışmalardan iş bu tezin konusu ile bağlantılı olduğu değerlendirilen toplam 25 adet çalışma taksonomik literatür tarama tablosuna eklenmiştir. İHA ile ilgili incelenen makalelerde genellikle aşağıdaki konularda çalışmalar yapıldığı görülmüştür.

- İnsansız hava araçlarının muharebe alanında ve terörle mücadelede devrimsel dönüşümü (Akyürek, vd., 2012)
- Türkiye'nin İHA serüveni (Altunok, 2010)
- İHA sistemlerinin hava hukuku bakımından incelenmesi (Dikmen, 2015)
- Motor tiplerine göre İHA çeşitleri (Çoban ve Oktay, 2018)
- İHA tarihçesi, tanımı, dünyada ve Türkiye'deki yasal durumu (Kahveci ve Can, 2017)
- Geçmişten günümüze İHA'ların gelişimi (Korkmaz, vd., 2016)
- Gelecekteki muhtemel hava operasyonlarında İHA kullanımı (DeGarmo ve Nelson, 2004)
- Gözetleme/saldırı amaçlı mini İHA tasarımı ve üretimi (Akgül ve Hacıoğlu, 2010)
- İnsansız hava araçlarının muharebe - savunma alanında kullanımı ve türk silahlı kuvvetlerinde, insansız hava araçlarının etkisi (Tansü ve Katrancı, 2020)

Newcome (2004) tarafından yayımlanan “Unmanned Aviation:A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles” kitabında İHA sistemi tanıtılmakta, İHA'nın tarihsel gelişimi ve sınıflandırılmasına yer verilmektedir.

Dalamagkidis (2015) tarafından yayımlanan “Aviation History and Unmanned Flight” kitabının dördüncü bölümünde İHA teknolojisinin, gelişimi ve İHA çeşitleri tanıtılmaktadır.

İHA konusunda hazırlanmış ve ulusal tez merkezinde bulunan 13 adet Doktora tezi ve 124 adet yüksek lisans tezi olmak üzere toplam 137 adet lisansüstü tez çalışması incelenmiştir. Bu tezlerde yoğunluklu olarak aşağıdaki konularda çalışma yapıldığı görülmektedir.

- İHA tasarımı ve tasarım optimizasyonu (Dinç, 2010; Demirkıran, 2011; Ünlüsoy, 2014; Özdemir, 2015; Cömert, 2018; Çoban, 2018; Çiçek, 2019)

- İHA rota optimizasyonu (Aboharba, 2018; Yürek, 2018; Buran, 2019)
- İHA kullanımı (Çuhadar, 2017; Savaş, 2019)

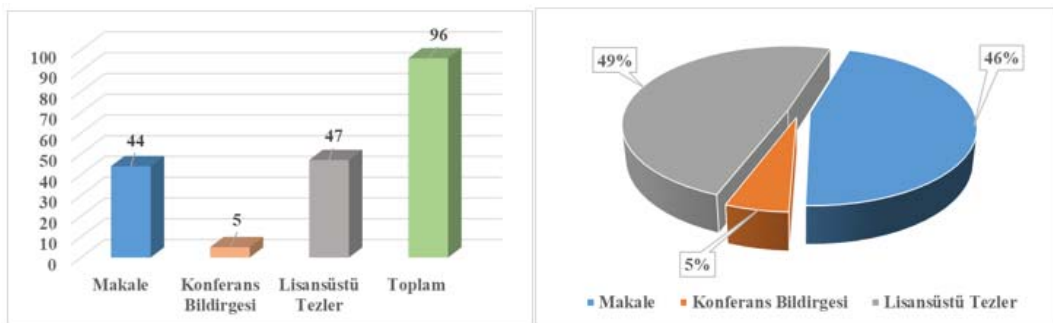
İnsansız Hava Aracı başlığı altında hazırlanan çalışmalarda genel olarak İHA'nın operasyonel kullanımı, İHA rotalama optimizasyonu, İHA geliştirme gibi konularda karar destek sistemleri oluşturulduğu gözlemlenmiştir.

Yapılan literatür incelemesinde; İHA Ömür Devri Yönetimi, İHA Entegre Lojistik Destek Sistemi ve İHA Ömür Devri Karar Destek Sistemini doğrudan konu alan bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

3.3 Karar Destek Sistemi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

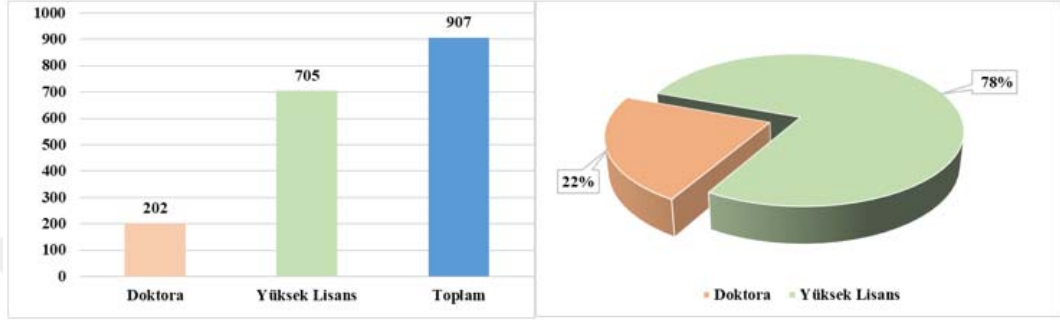
Eğitim, tıp, mühendislik, ziraat, savunma, ekonomi, lojistik gibi alanlarda karar vermeyi kolaylaştırmak ve süreçleri daha kolay sevk ve idare etmek amacıyla bir çok KDS oluşturulmuştur. Bu bölümde, yoğunluklu olarak lojistiğin alt bölümlerinde oluşturulan KDS'ler ile bu KDS'lerin oluşturulmasında kullanılan yöntemler incelenmiştir.

KDS kapsamında 968 adet çalışma incelenmiş ve bunlardan iş bu çalışmanın konusu ile ilgili olduğu değerlendirilen toplam 96 adet çalışma taksonomik literatür tarama tablosuna eklenmiştir. Bu çalışmaların konularına göre sayısal ve oransal dağılımı Şekil 3.10'da sunulmuştur.



Şekil 3.10: KDS ile ilgili taksonometrik literatür tablosuna eklenen çalışmaların dağılımı

Ulusal Tez Merkezi resmi internet sitesinde KDS ile ilgili yapılan inceleme sonucunda, 202 adet doktora ve 705 adet yüksek lisans seviyelerinde olmak üzere toplam 907 adet lisansüstü tez çalışması yapıldığı görülmüştür. KDS alanında yapılan çalışmaların lisansüstü seviyelerine göre sayısal ve oransal dağılımı Şekil 3.11’de sunulmuştur.



Şekil 3.11: KDS alanında yapılan çalışmaların lisansüstü seviyelerine göre dağılımı

Bu çalışmanın konusuna yakın olduğu değerlendirilen, işletme ve endüstri mühendisliği alanında hazırlanan KDS ile ilgili 47 adet lisansüstü çalışma detaylı olarak incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 3.5’deki taksonomik literatür tarama tablosunda sunulmuştur.

Tablo 3.5: Lojistik alanındaki KDS ile ilgili taksonomik literatür tarama tablosu

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Makale	Algoritma Geliştirme	P. Senthil Kumar	Int J Syst Assur Eng Manag / Springer	2019	Algorithms for solving the optimization problems using fuzzy and intuitionistic fuzzy set (Kumar S., 2019).	Bulanık Mantık	Bu makalede, optimizasyon problemlerini çözümü için bulanık mantık ve sezgisel bulanık kümesi kullanılarak algoritma geliştirilmiştir.
Makale	Arıza Tespit ve Bakım	Sajid Hussain	Journal of Intelligent & Fuzzy Systems 28/6	2015	Fuzzy information system for condition based maintenance of gearbox (Hussain, 2015, pp. 2509-2518)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, şanzıman arızalarının doğru ve zamanında tespit etmek ve gerekli bakımlarını yapmak için bulanık mantık kural yaklaşımı kullanılarak bir çıkarım sistemi oluşturulmuştur.
Makale	Tedarikçi Davranışları Kontrolü	Ifeyinwa Juliet Orji ve Sun Wei	Computers & Industrial Engineering	2015	An innovative integration of fuzzy-logic and systems dynamics in sustainable supplier selection: A case on manufacturing industry (Orji & Wei, 2015).	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, bulanık ortamda tedarikçi davranışını kontrol etmeye yönelik, simülasyon modelleme tekniği ile karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Makale	Gezi, Ulaştırma	Ashu Shivkumar Kedia, Krishna Bhuneshwar Saw, Bhimaji Krishnaji Katti	A case study of Indian metropolitan city, Transport	2015	Fuzzy logic approach in mode choice modelling for education trips (Kedia, Saw, & Katti, 2015, pp. 286-293)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, Hindistandaki okul gezilerini halkın ekonomik durumu vb bir çok faktörü göz önünde bulundurularak planlayacak bulanık mantık tabanlı bir çıkarım sistemi oluşturulmuştur.
Makale	Arıza Tespit	Sehee Lee, Sang-Uk Cheon and Jeongsam Yang	Quality and Reliability Engineering International, 31/5	2014	Development of a Fuzzy Rule-based Decisionmaking System for Evaluating the Lifetime of a Rubber Fender (Lee, Cheon, & Yang, 2014, pp. 811-828)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, uzmanların bilgi ve deneyimlerine göre çamurlukların arızalarını teşhis ederek ve kullanım ömürlerini değerlendirerek lastik çamurlukların bakım zamanlamasını tahmin etmek için bulanık, kural tabanlı bir karar verme sistemi oluşturulmuştur.

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Makale	Arıza Tespiti ve Bakım	J. Smoczek, J. Szpytko	Engineering Applications of Artificial Intelligence	2014	Evolutionary algorithm-based design of a fuzzy TBF predictive model and TSK fuzzy anti-sway crane control system (Smoczek & Szpytko, 2014, pp. 190-200)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, arızalar arası zamanın bulanık mantık tabanlı veriye dayalı tahmin modeli ve uyarlanabilir vinç kontrol sistemi tasarımı için evrimsel tabanlı algoritma önerilmiştir. Aritmetik çarpaz ve ekleme/silme mutasyonu birleştirilerek oluşturulan sezgisel arama stratejisi ile kural tabanlı sistemin etkinliği artırılmıştır. Evrimsel algoritmanın etkinliği, salınım önleyici vinç kontrol sisteminde Takagi – Sugeno – Kang (TSK) bulanık kontrolör tasarlanarak doğrulanmıştır.
Makale	Hayvancılık	Aslı Akıllı ve Hülya Atıl	Researchgate	2014	Süt Sığırılığında Yapay Zeka Teknolojisi: Bulanık Mantık ve Yapay Sinir Ağları (Akıllı & Atıl, 2014).	Alan araştırması	Bu çalışmada, sığır yetiştirici ve araştırmacılara, karar verme ve değerlendirme süreçlerinde kullanılan karar destek sistemleri sayesinde büyük kolaylıklar sağlayan “bulanık mantık” ile oldukça başarılı verim tahminleri ve çeşitli sınıflandırmalar gerçekleştiren “yapay sinir ağları” yöntemleri tanıtılmış ve süt sığırılığı alanında gerçekleştirilen uygulamalar anlatılmıştır.
Makale	İşletme Optimizasyonu	Mayadevi N., Vinodchandra SS., S. Ushakumari	International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE) Vol.4/1	2014	A Review on Expert System Applications in Power Plants (Mayadevi, Vinodchandra, & Ushakumari, 2014, pp. 116-126)	Bulanık Mantık Sinir Ağları	Bu çalışmada, elektrik santrallerinin işletmesini sağlayacak yetiştirilmiş personel bulmanın zor olduğundan, bu zafiyeti giderecek ve tesislerde işletmeyi kolaylaştıracak bulanık mantık, sinir ağları gibi yaklaşımında içinde olduğu bir çok uzman sistem yaklaşımlarını tanımlayan literatür araştırması yapılmıştır.

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Makale	Petrol tesisi arızacılık ve bakım takibi	Qingzhong Zhou, Huic Zeng	2013 Fifth International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics	2013	The Intelligent Integration System of Oil Equipment Information (Zhou & Zeng, 2013)	Durum tabanlı ve Kural tabanlı çıkarım modelleri kullanılmıştır.	Bu çalışmada, petrol tesislerindeki ekipmanların kontrolü, takibi, arızaların tespiti ve uygulanması öngörülen bakım proseslerinin tahmini gibi hususların takibi için durum tabanlı çıkarım ve kural tabanlı çıkarım modelleri kullanılarak hibrid bir model geliştirilmiştir.
Makale	Bakım Optimizasyonu	Rosmani ahmad, ve Shahrul Kamaruddin	International Journal of Performability Engineering, 9/3	2013	Maintenance decision-making process for a multicomponent production unit using output-based maintenance technique: a case study for non-repairable two serial components' unit (Ahmad & Kamaruddin, 2013, pp. 305-319)	Kural Tabanı	Bu çalışmada, çok bileşenli sistemlerin bakımının karar sürecini daha anlaşılır hale getirmek için kural tabanlı karar ağacı yaklaşımı kullanılarak bir bakım karar verme algoritması geliştirilmiştir.
Konferans Bildirisi	Bakım Optimizasyonu	Khairy A H Kobbacy	IFAC Proceedings on Advanced Maintenance Engineering, Services and Technology 45/31	2012	Application of Artificial Intelligence (AI) in maintenance modelling and management (Kobbacy, 2012, pp. 54-59)	Yapay Zeka	Bu çalışmada, yapay zeka uygulamaları ve yapay zekanın bakım optimizasyonu konusunda uygulanması ile ilgili literatür taraması sonucu sunulmuştur.
Makale	Arıza Tespiti	Stephen Oonk and Francisco J. Maldonado	Journal Of Aerospace Computing, Information, and Communication Vol. 9/4	2012	Predictive Fault Diagnosis System for Intelligent and Robust Health Monitoring (Oonk & Maldonado, 2012, pp. 125-143)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, sağlık izleme uygulamalarındaki sistem, alt sistem ve komponentlerindeki arızaların tespiti, teşhisini ve kontrolünü sağlayacak bulanık kural tabanlı bir çıkarım sistemi oluşturulmuştur.
Makale	İHA FMECA	Luping Gan, Yanfeng Li, Ning-Cong Xiao, Yu Liu, Hong-Zhong Huang	International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering.	2012	Apply Degree of Match & Fuzzy Rule Based Mode for FMECA in Flight Control System (Gan & Li, 2012, pp. 176-179)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, FMECA analizinin kritiklik değerinin hesaplanmasında kullanılmak üzere bulanık mantık tabanında bir çıkarım sistemi oluşturulmuştur.

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Makale	Vinç Kullanım Problemleri	Jaroslav Smoczek and Janusz Szpytko	Int. J. Intelligent Systems Technologies and Applications, Vol.11	2012	Fuzzy rules-based approach to estimate the availability of transportation system (Smoczek & Szpytko, 2012, pp. 117-137)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, çeşitli vinç kullanım problemlerini çözecek ve vinçlerin güvenilirliğini yükseltecek bulanık mantık tabanlı bir çıkarım sistemi oluşturulmuştur.
Makale	Yönetim Optimizasyonu	Masao Okabe, Akiko Yoshioka, Keido Kobayashi, Takahira Yamaguchi	IEICE Transactions on Information and Systems	2010	Organizational knowledge transfer using ontologies and a rule-based system (Okabe, Yoshioka, Kobayashi, & Yamaguchi, 2010, pp. 763-773)	Kural Ontolojisi Kural Tabanı	Bu çalışmada, herhangi bir eğitim almadan organizasyonel bilgi aktarımını sağlamak için kural ontolojisi ve kural tabanının bileşiminden oluşan bir sistem geliştirilmiş ve Tokyo Electric Power C. şirketine ait hidroelektrik santralinin uzaktan kumanda ve bakım ofislerinde kullanılmıştır.
Makale	Arıza Tespiti ve Bakım	A. Azadeh, V. Ebrahimpour, P. Bavar	Expert Systems Applications	2010	A fuzzy inference system for pump failure diagnosis to improve maintenance process: The case of a petrochemical industry (Azadeh, Ebrahimpour, & Bavar, 2010, pp. 627-639)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, Pompa arızalarını zamanında tespit etmek ve gerekli bakımların zamanında yapılmasını sağlayacak bulanık mantık tabanlı bir çıkarım sistemi oluşturulmuştur. Bu sistemle; insan hatalarının azaltılması, onarım sürelerinin kısaltılması, bakım maliyetlerinin azaltılması hedeflenmektedir.
Konferans Bildirisi	Bakım Optimizasyonu	Saleem B.M. MuhammadA. Martinezenriquez A.M., Escalada-Imaz G.	2010 Ninth Mexican International Conference on Artificial Intelligence	2010	A Rule based system for reliability centered maintenance (Saleem, Muhammad, Martinezenriquez, & Escalada-Imaz, 2010, pp. 57-62)	Kural tabanı	Bu çalışmada, üretim tesisi ekipmanlarının bakım performansını ve güvenilirlik merkezli bakım analizlerinin doğruluğunu artırmak amacıyla sinir ağlar da kullamları modeli de kullamlarak kural tabanlı bir sistem geliştirilmiştir.
Makale	Bakım Optimizasyonu	Sophie Hennequin and Gabriel Arango	Journal of Quality in Maintenance Engineering	2009	Optimization of imperfect maintenance based on fuzzy logic for a single-stage single-product production system (Hennequin & Arango, 2009, pp. 412-429)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, kural tabanlı bulanık mantık kullamlarak kruvucu ve önleyici bakım optimizasyonunu için bir yaklaşım önerilmiştir.

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Konferans Bildirisi	Bakım Optimizasyonu	Filippo De Carlo, Orlando Borgia, Mario Tucci, Mario Rapaccini	2009 Annual Reliability and Maintainability Symposium.	2009	A Rule Based Expert System for Maintenance as a Competitive Advantage (Carlo, Borgia, Tucci, & Rapaccini, 2009)	Koşul Taban	Bu çalışmada, benzer işler yapan bakım şirketlerinden oluşan bir ağ için seçilendirilmiş bir koşul tabanlı bakım platformu geliştirilmiştir. Bu çalışmada geliştirilen uzman sistem, hem izlenen sistemi hem de bakımını tam olarak bilen bir uzman ekibinin becerilerini barındırmaktadır.
Makale	Basketbolda Oyuncu Seçimi	Serkan Ballı, Bahadır Karasulu, Aybars Uğur ve Serdar Korukoğlu	İTÜ dergisi	2009	Basketbolda oyuncu seçimi için sinirsel-bulanık karar destek sistemi (Ballı, vd., 2009).	Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık	Bu çalışmada, basketbolda oyuncu seçimine yönelik sayısal olarak değerlendirilebilen kriterlerin ve sayısal olarak ölçülemeyen dilsel kriterler kullanılarak, Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık bileşimi ile melez bir eşzamanlı Sinirsel-Bulanık Karar Destek Sistemi (SBKDS) geliştirilmiştir.
Makale	Bakım Optimizasyonu	Rolando Quintana, Mark T. Leung, J. Rene Villalobos, Michael Graul	International Journal of Production Research 47(13)	2009	Corrective maintenance through dynamic work allocation and pre-emption: Case study and application (Quintana, Leung, Villalobos, & Graul, 2009, pp. 3539-3557)	Kural Tabanı	Bu çalışmada, üretim tesislerindeki makinelerin düzenli bakımlarının optimizasyonuna yönelik kural tabanlı yenilikçi bir yönetim ve programlama sistemi geliştirilmiştir.
Makale	Bakım Optimizasyonu	Giuseppe Aiello, Antonella Certa, and Mario Enea	Lecture Notes in Computer Science	2009	A Fuzzy Inference Expert System to Support the Decision of Deploying a Military Naval Unit to a Mission (Aiello, Certa, & Enea, 2009, pp. 320-327)	Bulanık Mantık	Deniz Kuvvetlerine ait savaş donanımları, operasyon esnasında ağır bakım gerektirmemesi gereken kompleks ünitelerden oluşmaktadır. Görev esnasında bu üniteleri değiştirmek büyük bir karar süreci gerektirmektedir. Bu çalışmada, bahse konu kararları desteklemek için bulanık mantık yaklaşımı kullanılarak bir karar destek sistemi kullanılmıştır.
Makale	Bakım Optimizasyonu	Zhou, Z.J., Hu, C.H., Wang, W.B., Zhang,	Expert Systems with Applications 39(6)	2009	Condition-based maintenance of dynamic systems using online failure prognosis and	Kural Tabanı	Bu çalışmada, uzman bilgisi ve değişik arıza analizleri kullanılarak sistemin mevcut ve gelecekteki performansı

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
		B.C., Xu, D.L., Zheng, J.F.			belief rule base (Zhou, et al., 2012, pp. 6140-6149)		arasındaki ilişkiyi yakalamak için kural tabanlı bir model geliştirmiştir.
Makale	Bakım Optimizasyonu	Damien Serre, Laurent Peyras, Pierre Maurel, Rémy Tourment	Journal of Decision System 18(3)	2009	A Spatial Decision Support System Aiding Levee Managers in their Repair and Maintenance Planning (Serre, Peyras, Maurel, & Tourment, 2009, pp. 347-373)	Kural Tabanı	Bu çalışmada, sel felaketlerinin önlenmesi amacıyla kurulan setlerin bakımları ve onarımları için verilecek kararlarda yöneticilere yardımcı olması amacıyla kural tabanlı bir yaklaşım geliştirilmiştir.
Konferans Bildirisi	Bakım Optimizasyonu	Orlando Borgia, Filippo De Carlo, Mario Tucci	Safety, Reliability and Risk Analysis: Theory, Methods and Applications	2009	From diagnosis to prognosis: A maintenance experience for an electric locomotive (Borgia, De Carlo, & Tucci, 2009, pp. 211-218)	Kural Tabanı	Bu çalışmada, İtalya demiryollarında çalışan elektrikli lokomotiflerin bakım performansını iyileştirmek için kural tabanlı bir sistem geliştirilmiştir. Bakım siparişleri de açabilecek otomatik bir sistem de oluşturulmuştur.
Makale	Yönetim Optimizasyonu	Gerhard Schreck ve Alexei Lisounkin	International Journal of Production Research 46/9	2008	Knowledge modelling for rule-based supervision and control of production facilities (Schreck & Lisounkin, 2008, pp. 2531-2546)	Matematiksel Modelleme	Bu çalışmada, modern üretim tesislerinin teknolojik karmaşıklığı, artan operasyon prosedürlerine ilişkin talepler, otomasyon çözümleri ve işletme personelinin yeterliliği gibi konuların üstesinden gelebilecek; işlem bilgisi, matematiksel modelleme, veri yönetimi, senaryo odaklı denetim, kontrol rutinleri gibi modeller birleştiren bir yaklaşım geliştirilmiştir.
Makale	Arıza Teşhis	Hossam A.Gabbar, Akimlade Damilola, Hanaa E.Sayed	IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics.	2007	Trend Analysis Using Real Time Fault Simulation for Improved Fault Diagnosis (Gabbar, Damilola, & Sayed, 2007, pp. 3829-3833)	Trend Analizi	Bu çalışmada, kimyasal tesislerde erken arıza tespiti, güvenli işletim ve bakımı sağlamak için trend eşleme yaklaşımı kullanılarak erken uyarı sistemi oluşturulmuştur.
Makale	Bakım Optimizasyonu	Xiaojun Zhou, Lifeng Xi, Jay Lee	Reliability Engineering & System Safety 92/4	2007	Reliability-centered predictive maintenance scheduling for a continuously monitored system subject to degradation	Matematiksel Modelleme	Bu çalışmada, sistem güvenilirliğini arttırmak için güvenilirlik tabanlı kestirimci bakımın planlanmasına

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
					(Zhou, Xi, & Lee, 2007, pp. 530-534)		yönelik koşul tabanlı bir sistem geliştirilmiştir.
Makale	KDS inceleme	S. Eom ve E. Kim	Journal of the Operational Research Society	2006	A survey of decision support system applications 1995–2001 (Eom & Kim, 2006).	Alan araştırması	Bu çalışmada, 1995 ile 2001 tarihleri arasında Karar Destek Sistemi ile ilgili yayımlanmış dokümanlar incelenmiş, altı kategoride sınıflandırılmış ve analiz edilmiştir.
Makale	Üretim ve Bakım	M. N. Yuniarto and A. W. Labib	International Journal of Production Research, Vol.44/1	2006	Fuzzy adaptive preventive maintenance in a manufacturing control system: a step towards self-maintenance (Yuniarto & Labib, 2006, pp. 159-180)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, bulanık mantık kullanılarak koruyucu bakım (PM) ve üretim faaliyetlerinin entegre kontrol edilmesi için bir karar destek sistemi oluşturulmuştur.
Makale	Bulanık Üyelik Geliştirme	József Dombi ve Zsolt Gera	Fuzzy Sets and Systems	2005	The approximation of piecewise linear membership functions and Łukasiewicz operators (Dombi & Gera, 2005).	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, sigmoid fonksiyonu ve aritmetik işlemler yardımıyla parçalı lineer üyelik fonksiyonları önerilmiştir. Önerilen bulanık yaklaşımın operatörlere ve farklılaşmanın istendiği üyelik fonksiyonlarına uygulanabileceği ifade edilmiştir.
Makale	Bakım optimizasyonu	Yin-Ho Hao, Amy J. C. Trappey, Ctafi Ku, G.Y.P. Lin	Mechatronics, 2005.ICM '05. IEEE International Conference	2005	Develop an intelligent equipment maintenance system using cyber-enabled JESS technology (Hao, Trappey, Ku, & Lin, 2005, pp. 927-932)	Kural Tabanı	Bu çalışmada, ekipmanların bakım performansını arttırmak için, JAVA Expert System Shell (JESS) teknolojisi kullanılarak kural tabanlı bakım platformu geliştirilmiştir.
Makale	Karma Kural Tabanı Geliştirme	Jim Prentzas, ve Oannis Hatzilygeroudis	Data & Knowledge Engineering 55(2)	2005	Rule-based update methods for a hybrid rule base (Prentzas & Hatzilygeroudis, 2005, pp. 103-128)	Sembolik Kurallar, Sinir Ağları	Bu çalışmada, sembolik kuralları ve sinir ağlarını birleştiren bir tür melez kural olan nörokuralları içeren karma kural tabanı geliştirilmiştir. Nörokural tabanının, kaynak bilgisi adı verilen sembolik bir kural tabanına yeni bir kural ekleme veya var olan bir kuralın

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
							çıkartılması ile üretildiği ifade edilmiştir.
Makale	Üretim Optimizasyonu	M. N. Yuniarto and A. W. Labib	International Journal of Production Research, Vol. 43/21-1	2005	Optimal control of an unreliable machine using fuzzy-logic control: from design to implementation (Yuniarto & Labib, 2005, pp. 4509-4537)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, üretim sistemindeki bir makinenin gerçek zamanlı izlenmesi ve kontrolü için bulanık mantık kullanılarak bir karar destek sistemi oluşturulmuştur. Model 2 bölümden oluşturulmuştur. Bunlardan biri tedarik ve stok durumunu kontrol ederken diğeri de üretim proseslerini kontrol etmektedir.
Konferans Bildirisi	Harita ve Kadastro	M. Yılmaz E. Arslan	Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu		Bulanık Mantığın Jeodezik Problemlerin Çözümünde Kullanılması (Yılmaz & Arslan, 2005, pp. 512-522)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, bulanık mantık yöntemlerinden Mamdani ve Sugeno'nun avantajları ve dezavantajları açıklanmış ve sugeno yönteminin geotit belirlemede kullanılması uygulamalı olarak gösterilmiştir.
Makale	KDS Geliştirme	Gülçin Büyükoçkan, Cengiz Kahraman, Da Ruan	International Journal of General Systems	2004	A fuzzy multi-criteria decision approach for software development strategy selection (Büyükoçkan, vd., 2004).	Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Bulanık Mantık	Bu çalışmada, yazılım geliştirme projesinde, belirsiz koşullar altında, karar verme kalitesini artırmak için bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Makale	Bakım Maliyeti Optimizasyonu	Janaka Ruwanpura, Samuel Ariaratnam, Ashraf El-assaly	Civil Engineering and Environmental Systems 21/3	2004	Prediction models for sewer infrastructure utilizing rule-based simulation (Ruwanpura, Ariaratnam, & El-assaly, 2004, pp. 169-185)	Simülasyon ve Olasılık Analizi	Bu çalışmada, Kanada'nın Edmonton Şehrindeki kanalizasyon borularının bakımı ve islah maliyetini tahmin etmek ve maliyetleri etkili planlamak için kural tabanlı bir simülasyon ve olasılık analizlerinin kombinasyonundan oluşan bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Makale	Bulanık Mantık	Emre Kıyak ve Ayşe Kahvecioğlu	Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Dergisi	2003	Bulanık mantık ve uçuş kontrol problemine uygulanması (Kıyak & Kahvecioğlu, 2003).	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, öncelikle bulanık mantık teorisinin esasları anlatılmış ve bulanık mantık teorisi bir uçuş problemine uygulanması anlatılmıştır.

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Makale	Orman Yangınlarının Kontrolü	Çetin Elmas ve Yusuf Sönmez	Expert Systems with Applications	2003	A data fusion framework with novel hybrid algorithm for multi-agent Decision Support System for Forest Fire (Elmas, 2003).	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, orman yangınlarını kontrol etmek ve orman yangını zararlarını en aza indirmek amacıyla bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Makale	Model Oluşturma	Cordón, F. ve Herrera, O.	IEEE Trans. Syst.Man, Cybern.Part B Cybern.,26/9	1999	A Two-Stage Evolutionary Process for Designing TSK Fuzzy Rule-Based Systems (Cordon & Herrera, 1998, pp. 703-715)	Bulanık Mantık Takagi-Sugeno –Kang Modeli	Bu çalışmada, Takagi-Sugeno –Kang (TSK) yöntemi kullanılarak bulanık kural tabanlı karar destek sistemi oluşturulmuştur. Sayısal verilerle kullanılarak tanımlanan TSK ile bir çok problemlerin daha kolay çözülebileceği ifade edilmiştir. Ortaya konulan model, bazı üç boyutlu yüzeylerin bulanık modellenmesi ve İspanyol kasabalarının elektrik hatlarının maliyetlendirilmesinde kullanılmıştır.
Makale	Bulanık Mantık	John Yen ve Senior Member	IEEE Transactions On Knowledge And Data Engineering	1999	Fuzzy Logie—A Modern Perspective (Yen, 1999).	Alan araştırması	Bu çalışmada, bulanık mantık tanımı, tarihsel gelişimi ve bulanık mantık türleri tanımlanmıştır.
Makale	Bakım Optimizasyonu	Kunihiko Higa ve Ho Geun Lee	Information & Management 33/6	1998	A graph-based approach for rule integrity and maintainability in expert system maintenance (Higra & Lee, 1998, pp. 273-285)	Nesne Sınıflandırma	Bu çalışmada, bakım faaliyetlerini kolaylaştırarak bilgisayar mühendislerine yardımcı olmak amacıyla nesne sınıflandırma modeli kullanılarak grafik tabanlı bir kural tabanlı bir sistem geliştirilmiştir.
Makale	Bakım	AW Labib, GB Williams and RF O'Connor	Journal of the Operational Research Society Vol.49	1998	An intelligent maintenance model (system): an application of the analytic hierarchy process and a fuzzy logic rule-based controller (Labib, Williams, & O'Connor, 1998, pp. 745-757)	AHS ve Bulanık Mantık	Çalışmada, AHP ve Bulanık Mantık kullanılarak entegre bir bakım karar verme modeli oluşturulmuştur. Çalışmada ilk aşamada AHS kullanılarak kriterler, kritik makineler ve anızalar belirlenmiş ve bulanık mantık denetleyicisi için girdi olarak kullanılmıştır.

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Makale	Bakım	M. Setnes, R. Babuska, and H. B. Verbruggen	IEEE transactions on systems, man, and cybernetics Vol.28:1	1998	Rule-Based Modeling: Precision and Transparency (Setnes, Rabuska, & Verbruggen, 1998, pp. 165-169)	Bulanık Mantık	Çalışmada, bulanık kural tabanlı karar destek sistemlerinin/modellerin az miktarda kural ile daha şeffaf çalışabileceği gösterilmiştir. Özellikle bakım, operatör eğitimi, kontrol sistemlerinin tasarımı, kullanıcı arabirimi gibi alanlarda karar destek sisteminin oluşturulmasında uzman değerlendirmesinin fayda sağlayacağı ifade edilmiştir.
Makale	Malzeme ve üretim prosesi seçme	Ronald E. Giachetti	Journal of Intelligent Manufacturing 9/3	1998	A decision support system for material and manufacturing process selection (Giachetti, 1998, pp. 265-276)	MAM PS (Multi-attribute decision making)	Bu çalışmada, tasarım aşamasında tasarımcıların malzeme ve üretim prosesi seçmesi konusunda yardımcı olacak MAMPS diye adlandırılan bir karar destek modülü geliştirilmiştir. Karar destek sisteminde, malzeme seçme modülü, proses seçme modülü ve toplama modülü olmak üzere üç adet modül çalışmaktadır.
Makale	Arıza Teşhis ve Bakım İyileştirme	G. R. Liang and T. Y. Tserig	Proceedings IEEE Conference on Industrial Automation and Control Emerging Technology Applications	1995	Rule-based troubleshooter design for the maintenance of manufacturing devices (Liang & Tseng, 1995)	Hierarchy Transformation Method	Bu çalışmada, otomatik üretim tesislerinin bakımlarının iyileştirilmesi için kural tabanlı bir kontrol sistemi oluşturulmuştur. Çalışmada Hierarchy Transformation Method (HTM) kullanılmıştır. Sistem hatadan önce arızayı tespit etmek ve gidermek için geliştirilmiştir.
Makale	Yapay zeka geliştirme	Mingshu Li	Department of Artificial Intelligence University of Edinburgh	1993	A Rule-Based General AI Problem Solving Mechanism Supporting Real-Time and Cooperative Problem Solving (Li, 2013)	Yapay zeka	Bu çalışmada, kural tabanlı sistemlerin eksikliklerini analiz ederek gidermek ve gerçek zamanlı problemleri çözmek için yapay zeka problem çözme mekanizması oluşturulmuştur.
Makale	Arıza Teşhis ve Bakım Geliştirme	Y.Himeno T.Nakamura S.Terunuma	Reliability Engineering & System Safety	1992	Improvement of man-machine interaction by artificial	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, insan makina arayüzünü kontrol ederek nükleer reaktörlerde oluşması muhtemel insan kaynaklı

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
		T.Furubayashi	Volume 38/1		intelligence for advanced reactors (Himeno, Nakamura, Terunuma, & Furubayashi, 1992, pp. 135-144)	Sinir Ağları	hata ve arızaları zamanında önlemek için bir teşhis ve bakım destek sistemi geliştirilmiştir.
Makale	Bakım İyileştirme	Richard M.Feldman, William M. Lively, Tom Slade, L.G.McKee, Alan Talbert	Computers & Operations Research 19/5	1992	The development of an integrated mathematical and knowledge-based maintenance delivery system (Feldman, Lively, Slade, McKee, & Talbert, 1991, pp. 425-434)	Matematiksel Model	Bu çalışmada, sürekli üretim yapan tesislerde bakım problemlerini bakım, onarım yöntemleriyle gidermek yerine, maliyet etkinliğini, üretim şartlarını değiştirerek sağlayacak alt yapının kurulmasına yönelik kural tabanlı matematiksel bir model geliştirilmiştir.
Tez	Ulaştırma	Hasan Dündar	Doktora Tezi Hacettepe Üniversitesi	2020	Sürdürülebilir Şehir İçi Dinamik Araç Rotalama Problemi Üzerine Bir Karar Destek Sistemi Önerisi (Dündar, 2020).	Matematiksel modeller	Bu çalışmada, şehir içi dağıtım problemlerinin çözümüne yönelik matematiksel modelleri kullanarak bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen KDS Ankara merkez ilçelerindeki 42 tane aile sağlığı merkezlerinden laboratuvar örneği toplama senaryoları kullanılarak araç rotalama faaliyetinde kullanılmıştır.
Tez	Üretim, İnşaat	Meltem Ezel Çırpı	Mimar Sinan Üniversitesi Doktora Tezi	2020	Katmanlı Üretim Teknolojilerinin Yapılarda Uygulanabilirliğine Yönelik Bir Karar Destek Sistemi (Çırpı, 2020).	Damatael Yöntemi	Bu çalışmada, inşaat sektöründe katmanlı üretim sisteminin inşa edilecek yapılar için uygun bir bir üretim sistemi olup olmadığının çeşitli ölçütler üzerinden ortaya koyarak bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Tez	Robot Kol Kontrolü	Aslıhan KARACA	Y.L. Tezi	2019	Bulamık mantık Esaslı Karar Destek Sistemi İle Robot Elin Kuvvet Kontrolü (Karaca A. , 2019)	Bulamık Mantık	Bu çalışmada, beş parmaklı robot elin kuvvet kontrolü için bulamık mantık kullanılarak bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Kullanıcı, karar destek sistemine tut, sık, bırak türü komutlar gönderebilmektedir.
Tez	Ulaştırma	Hazar DÖRDÜNCÜ	Doktora Tezi İstanbul Üniversitesi	2018	Transit Merkezlerin Çok Kriterli	AHP TOPSIS ELECTRE	Bu çalışmada, İstanbul 3. Hava Limanının uluslararası transit bir merkez olma potansiyeli,

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
					Karar Destek Sistemi ile Performans Değerlemesi: İstanbul 3. Havalimanı Örneği (Dördüncü, 2018)		AHP, TOPSIS ve ELECTRE yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda 3. Havalimanı TOPSIS yönteminde en uygun transit merkez, ELECTRE yönteminde ise Dubai'den sonra en uygun transit merkez olacağı ortaya çıkmıştır.
Tez	Turizm	Özlem DOĞAN	Doktora Tezi Sakarya Üniversitesi	2018	Bulanık Mantık ve Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Temelinde Maliyet Hacim Kâr Analizleri: Bir Konaklama İşletmesi Örneği (Doğan Ö., , 2018).	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, turizm sektöründeki konaklama işletmelerinde karar almada insan sezgilerine dayanan ve uzman tecrübesini de analizlere dahil ederek, bulanık mantık kullanılarak bir karar destek sistemi oluşturulmuştur.
Tez	Tarım	Ashhan CANTÜRK	Doktora Tezi Mays Üniversitesi	2018	Patlican Bitkisinin Sulama Programlamasının Belirlenmesinde Bulanık Mantık Uygulamaları (Cantürk, 2018)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, arazide ve saksıda olmak üzere 2 farklı koşulda yetiştirilen patlican bitkisinin sulama programlaması için bulanık mantık kullanılarak karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Tez	İşletme, müşteri problemlerini çözüme	Kemal YAYLA	Doktora Tezi Ege Üniversitesi	2017	Müşteri Yönelimli Stratejik Kararlar İçin Çok Kriterli Dilsel Karar Destek Sistemi Önerisi (Yayla, 2017).	TODIM	Bu çalışmada, işletmelerde risk ve belirsizlik içeren stratejik nitelikli müşteri problemlerini çözmek için sıralama türündeki karar problemlerine çözüm getirmeyi amaçlayan TODIM yöntemi kullanılarak bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Tez	Üretim Optimizasyon	Hülya GÜÇDEMİR	Doktora Tezi Dokuz Eylül Üniversitesi	2017	Design and Implementation of a Rule-Based Decision Support System for Dynamic Customer Relationship Management (Güçdemir, 2017).	Simülasyon	Bu çalışmada, üretici firmaların üretim kabiliyetlerini geliştirmek ve müşteri memnuniyetini arttırmaya yönelik üretim planlama ve kontrol ve müşteri ilişkileri yönetimi yaklaşımları bütünleştirilerek bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Tez	Tedarik Zinciri	Hamit ERDAL	Doktora Tezi Atatürk Üniversitesi	2017	Tedarik Zinciri Ağında Riskin Yönetimi: Tedarik Yönlü Bir Karar Destek Sistemi Tasarımı (Erdal, 2017)	DEMATEL TOPSİS	Bu çalışmada, tedarik zinciri kapsamında oluşması muhtemel risklerin yönetilmesi amacıyla, bulanık DEMATEL ile bulanık TOPSİS yöntemleri kullanılarak bir karar destek sistemi oluşturulmuştur.
Tez	İşletme Maliyet Belirleme	Tunay ASLAN	Doktora Tezi Sakarya Üniversitesi	2017	Modern maliyet Muhasebesinde Bulanık Mantık Yaklaşımı: Bir Hastane Uygulaması (Aslan, 2017)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, işletmelerde üretilen mal ve hizmetlerin doğru fiyatlandırılmasını sağlamak amacıyla bulanık mantık ve güvenilir maliyetlendirme sistemi beraber kullanılarak bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Tez	Borsa	Saffet AKDAĞ	Doktora Tezi Nigde Ömer Halisdemir Üniversitesi	2017	Bulanık Mantıkla İle Gerçekleştirilen Portföy Optimizasyonunun Boğa ve Ayı Piyasalarında Karşılaştırılması: BİST Örneği (Kanat & Akdağ, 2017)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, Portföy optimizasyonunu sağlayarak piyasaların yönüne göre uygun seçimlerin yapılmasına yönelik, Konno Yamazaki doğrusal programlama modeli ile bulanık mantık modeli birleştirilerek bir karar destek sistemi oluşturulmuştur. BİST 100 endeksinde yer alan 58 firma üzerinde uygulama yapılmıştır.
Tez	İş Sağlığı ve Güvenliği	Muhammet Fatih AK	Doktora Tezi Yıldız Teknik Üniversitesi	2017	İş Sağlığı ve Güvenliğinde Sinüsel Bulanık Mantık Yaklaşımı Kullanılarak Risk Değerlendirmesi (AK, 2017)	Yapay Sinir Ağları Bulanık Mantık	Bu çalışmada, iş sağlığı ve güvenliği kapsamında risk değerlendirmesi yapmak için yapay sinir ağları ve bulanık mantık kullanılarak bir karar destek sistemi geliştirilmiş ve bir hastanede uygulanmıştır.
Tez	Hayvancılık	Lütfi BAYYURT	Y.L. Tezi Gaziosman İnönü Üniversitesi	2017	Bulanık Mantık Tabanlı Karar Destek Sistemi ile Broilerlerde Et Kalite Analizi (Bayyurt, 2017)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, hayvancılık sektöründe broilerde et kalitesini analiz etmek için bulanık mantık modeli kullanılarak bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Tez	Borsa	Ersin KANAT	Doktora Tezi İstanbul Üniversitesi	2016	Hisse Senedi Fiyatlarının Bulanık Mantık Yöntemi İle Tahmin Edilmesi (Kanat, 2016)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, teknik / temel analizler ile piyasa anomalileri birlikte kullanılarak, Borsa İstanbulda BİST 30

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
					Hisse Senedi Fiyatlarının Bulunak Mantık Yöntemi İle Tahmin Edilmesi., 2016)		firmalarında pay senetleri alım ve satım sinyali veren bir sistem oluşturulmuştur.
Tez	Gıda ve İçecek Endüstrisinde Talep Tahmini	Güzin TİRKEŞ	Doktora Tezi Atılım Üniversitesi	2016	Multi-Product, Multi-Stage Production Planning Model and Decision Support System Suggestion for F&B Industry (Tirkeş, 2016)	Bulanak Mantık	Bu çalışmada, gıda ve içecek endüstrisinde uygun talep tahmini yapabilmek için halihazırda kullanılan bir çok analiz yöntemleri ile birlikte bulunak mantık modeli kullanılarak bir karar destek sistemi oluşturulmuştur.
Tez	Ulaştırma, Araç Rotalama	Gökçe ÖZDEN	Doktora Tezi Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	2016	Çapraz Sevkiyatta Kapı Atama ve Kamyon Çizelgeleme Problemine Yönelik Bir Karar Destek Sistemi (Özden, 2016)	Tavlama Benzetimi Tabu Arama Algoritmaları	Bu çalışmada, çapraz sevkiyat merkezlerinde araç planlama, rotalama ve yönetiminin optimizasyonu için tavlama benzetimi, tabu arama algoritmaları ve meta sezgisel algoritmalar kullanılarak bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Tez	İşletmelerde Performans Değerlendirme	Dursun BALKAN	Doktora Tezi Gazi Üniversitesi	2016	İşletmeler İçin Yeni bir Performans Ölçüm Sistemi Tasarımı ve Web Tabanlı Karar Destek Sistemi (Balkan, 2016)	Analiz Web Tasarım	Bu çalışmada, tüm alanalar göz önünde bulundurularak işletme performanslarının değerlendirilebileceği biweb tabanlı bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Tez	Altı Sigma Değerlendirme Kriterleri	Engin ÇAKIR	Doktora Tezi Adnan Menderes Üniversitesi	2015	Bulanak Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Altı Sigma Projeleri Seçiminde Uygulanması (Çakır, Engin, 2015)	VIKOR TOPSIS COPRAS	Bu çalışmada, altı sigma proje değerlendirme kriterlerinin seçiminde bulanak mantık modeli kullanılmasına yönelik bulanak VIKOR, bulanak TOPSIS ve bulanak COPRAS yöntemleri kullanılarak bir sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntem Aydın ASTİM Organize sanayiinde bir işletmede uygulanmıştır.
Tez	Öngörü Modellemesi	Berna BULGURCU	Doktora Tezi Çukurova Üniversitesi	2014	Sinirsel Bulanak Mantık Yaklaşımı İle Öngörü modellemesi: İşsizlik Oranı İçin Türkiye Örneği (Bulgurecu, 2014)	Adaptif Ağ Yapısına Dayalı Bulanak Çıkarım Sistemi (ANFIS)	Bu çalışmada, yapay sinir ağları, bulanak mantık ve sinirsel bulanak çıkarım sistemlerinin birleşimi olan Adaptif Ağ Yapısına Dayalı Bulanak Çıkarım

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
							Sistemi (ANFIS) kullanılarak öngörü modellenmesi yapılmış ve Türkiye İstatistik Kurumunun işsizlik verileri üzerinde uygulama yapılarak bir sonraki yıl için öngöründe bulunulmuştur.
Tez	Tedarik Zinciri	Şebnem YILMAZ BALAMAN	Doktora Tezi Dokuz Eylül Üniversitesi	2014	A fuzzy Goal Programming Based Decision Support System for Design And Management of Biomass to Energy Supply Chains (Balaman, 2014)	Bulamık Mantık	Bu çalışmada, biyokitle – enerji tedarik zincirlerinin uygun maliyette ve zararsız bir şekilde tasarım ve yönetim optimizasyonunu sağlamak için bulamık mantık tabanlı bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Tez	Borsa	Sinan ESEN	Doktora Tezi Sakarya Üniversitesi	2013	Bulamık Mantık Yaklaşımıyla Teknik Analiz Yönteminin Uygulanması: İMKB 30 Örneği (Esen, 2013)	Bulamık Mantık	Bu çalışmada, İMKB 30 endeksinden belli kısıtlar çerçevesinde hisse senetlerinin değerlendirilerek uygun seçimin yapılmasını sağlayabilecek bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Tez	İHA Rotlama	Cihan ERCAN	Doktora Tezi Kara Harp Okulu	2013	Heterojen İnsansız Hava Sistemi Filosu Dinamik Rota Planlaması için Karar Destek Sistemi (Ercan, 2013)	Bulamık Mantık	Bu çalışmada, heterojen İHA sistemlerinin dinamik rotalamasının optimizasyonu için bulamık mantık modeli kullanılarak bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Tez	Lojistik Ağ Optimizasyonu	Ahmet Serhat ULUDAĞ	Doktora Tezi Gazi Üniversitesi	2013	Lojistik yönetiminde Lojistik Ağların Kullanımı ve Bir İşletme için Lojistik Ağın Geliştirilmesi (Uludağ, 2013)	Bulamık Mantık, TOPSIS, Karma Tamsayılı Programlama, Doğrusal programlama	Bu çalışmada, işletmelere rekabet avantajı sağlayacak lojistik bir ağı oluşturulmasına yönelik bulamık mantık, TOPSIS, karma tamsayılı programlama ve doğrusal programla yöntemleri kullanılarak bir sistem geliştirilmiştir.
Tez	Havalimanında Gecikmelerin Giderilmesi	Savaş S.ATES	Doktora Tezi Anadolu Üniversitesi	2013	Havacılık işletmelerinin Operasyon sürecinde	İstatistiksel Yöntemler	Bu çalışmada, Atatürk havalimanında gecikmelere sebep olan havayolu ile bağlantılı olduğu değerlendirilen işletmeler incelenmiş ve gecikmelerin

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
					Gecikmeleri Azaltmaya Yönelik Karar destek sistemi Model Önerisi ve Atatürk Havalimanında Uygulama (Ateş, 2013)		önlenmesine yönelik benzetim yöntemi kullanılarak bir karar destek sistmi oluşturulmuştur.
Tez	Savunma, Harbe Hazırlık	Ahmet KANDAKOĞLU	Doktora Tezi Istanbul Teknik Üniversitesi	2012	Harbe Hazırlığın Yönetimine Yönelik Bir Karar Destek Sistemi (Kandakoğlu, 2012)	Fayda Teorisi, Aksiyomlarla Tasarım, AHP, Ağırlıklı Çarpım Yöntemi, TOPSİS	Bu çalışmada, birliklerin harbe hazırlık durumunun gerçek zamanlı ve periyodik olarak değerlendirilecek ve kaynakların etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayacak bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Çalışmada, Fayda Teorisi, Aksiyomlarla Tasarım (AT), Analitik Hiyerarşi Süreç (AHP), Ağırlıklı Çarpım Yöntemi (AÇ) ve TOPSİS yöntemlerinin üstün yanları birlikte kullanılmıştır.
Tez	Hayvancılık	Aslı Akkaptan	Y.L. Tezi Ege Üniversitesi	2012	Hayvancılıkta Bulanık Mantık Tabanlı Karar destek Sistemi (Akkaptan, 2012)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, hayvancılık sektöründe çığ süt örneklerinin kalite sınıflarına ayrılması için bulanık mantık modeli kullanılarak bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Tez	İnsan Kaynakları Yönetimi, Personel Seçimi	Burcu DOĞANALP	Doktora Tezi Selçuk Üniversitesi	2012	İnsan kaynakları Seçme Sürecinde Bulanık Mantık Yaklaşımı: Görgül Bir Araştırma (Doğanalp, 2012)	HBTOPSİS	Bu çalışmada, insan kaynağı seçme sürecinde kullanılmak üzere HBTOPSİS yöntemi kullanılarak bir karar destek sistemi geliştirilmiş ve Türkiye'nin ilk 500 Büyük Sanayi Kuruluşunun birinde yönetici seçiminde kullanılmıştır.
Tez	İşletme Talep Tahmini Optimizasyonu	Onur DOĞAN	Doktora Tezi Dokuz Eylül Üniversitesi	2012	Talep Tahmininde Sinirsel Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Yöntemi (ANFIS) Kullanımı Ve Yalın Yapay Sinir Ağı Metodu ile Karşılaştırmalı Bir Uygulama (Doğan O. , 2012)	Yapay Sinir Ağları Bulanık Mantık	Bu çalışmada, işletmelerde talep tahmin problemlerine çözüm olması için yapay sınırlı ağırları ve bulanık mantık kullanılarak bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Tez	İşletme Kar optimizasyonu	Mihriban Coşkun ARSLAN	Gaziosmanpaşa Üniversitesi Doktora Tezi	2012	Kısıtlar teorisi ile Maliyet-Hacim-Kar Analizlerinde Bulanık Mantık Uygulamaları (Arslan, 2012)	Bulanık Mantık, Kısıtlar Teorisi	Bu çalışmada, işletmelerin karının hesaplanmasında ve en yüksek karı sağlayacak optimal mal karmasının belirlenmesine yönelik, bulanık mantık ve kısıtlar teorisi kullanılarak bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Tez	İşletme Talep Tahmini	Aslı AKSOY	Uludağ Üniversitesi Doktora Tezi	2012	Global Dış Satın Alma İçin Akıllı Karar Destek Sistemi Tasarımı (Aksoy, 2012)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, hazır giyim sektöründeki firmalarda talep tahminin yapılması, tedarik seçeneklerinin değerlendirilmesi için bulanık mantık yöntemi kullanılarak bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.
Tez	İşletme Üretim Planlama	Ayşegül TUŞ IŞIK	Adnan Menderes Üniversitesi Doktora Tezi	2011	Bütünleşik Üretim Planlamasında Bulanık Mantık Yaklaşımı ve Bir Uygulama (Tuş Işık, 2011)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, bir tekstil firmasının bütünleşik (iş gücü, stok, mesai, sipariş vb) üretim planlamasının yapılabilmesine yönelik "Etkileşimli Olabilirlikçi Doğrusal Programlama" modeli geliştirilmiştir.
Tez	İşletme Muhasebe	Gökhan BARAL	Sakarya Üniversitesi Doktora Tezi	2011	Bulanık Mantık Kuramını Kullanarak Belirsizlik Şartlarında Maliyet-Hacimkar Analizleri (Baral, 2011)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, işletmelerdeki tahmini verileri kullanılarak hesap kentsizliği ve belirsizliğini gidermek için bulanık mantık tabanlı bir model geliştirilmiştir.
Tez	İşletme HTEA İyileştirilmesi	Estra AYTAÇ	Adnan Menderes Üniversitesi Doktora Tezi	2011	Kalite İyileştirme Sürecinde Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Uygulama Örneği (Aytaç, 2011)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, işletmelerde kaliteyi yükseltmek amacıyla yapılan Hata Türü ve Etkileri Analizi (HTEA) uygulamalarında ortaya çıkan eksikliklerin giderilmesine yönelik, bulanık mantık ve bulanık küme teorisi kullanılarak bir model geliştirilmiş ve model Denizli'deki bir kablo fabrikasında uygulanmıştır.
Tez	İşletme Tedarikçi Seçimi	Atakan YÜCEL	Doktora Tezi Yıldırım Teknik Üniversitesi Doktora Tezi	2010	Tedarikçi Seçimi Probleminde Bütünleşik Simürel Bulanık Mantık Yaklaşımı (Yücel, 2010)	ANFIS	Bu çalışmada, işletmelerdeki tedarikçi seçim problemlerini çözümüne yönelik Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Mantık

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
							Çıkarım Sistemi (ANFIS) kullanılarak bir model geliştirilmiştir.
Tez	Eğitim	Zehra KAMUŞLU ÖZTÜRK	Eskişehir Osmanazi Üniversitesi Doktora Tezi	2010	Eğitimsel Zaman Çözme Problemleri İçin Çözüm Yaklaşımları ve Web Tabanlı Bir Karar Destek Sistemi Önerisi (Öztürk, 2010)	Algoritmalar	Bu çalışmada, üniversitelerde karşılaşılan çok amaçlı eğitimsel zaman çözme problemlerinin çözümüne yönelik rassal anahtar temelli bir genetik algoritma geliştirilerek bir karar destek sistemi oluşturulmuştur.
Tez	İşletme Süreç Optimizasyonu	Elif Kılıç DELİCE	Gazi Üniversitesi Doktora Tezi	2010	Kalite Fonksiyon Yayılım Sürecinin Eniyilenmesi: Çok Amaçlı Programlama Yaklaşımına Dayalı Bir Karar Destek Sistemi (Delice, 2010)	Matematiksel Programlama	Bu çalışmada, işletmelerde yeni ürün tasarımı veya var olan bir ürünün geliştirilmesi sürecinin iyileştirilmesine yönelik, Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama, Karma Tamsayılı Hedef Programlama ve Bulanık Karma Tamsayılı Hedef Programlama modelleri geliştirilerek bir karar destek sistemi oluşturulmuştur.
Tez	Model Geliştirme	Soner APLAK	Gazi Üniversitesi Tezi Doktora	2010	Karar verme Sürecinde Bulanık Mantık Bazlı Oyun Teorisi Uygulamaları (Parlak, 2010)	Bulanık Mantık Oyun Teorisi	Bu çalışmada, karar verme sürecinde bulanık mantık ve oyun teorisi yöntemleri kullanılarak çok amaçlı ve kriterli karar verme süreci oluşturulmuştur.
Tez	İşletme İş ve Personel Değerlendirme	Can ÜNAL	Ege Üniversitesi Doktora Tezi	2009	Bulanık Mantık Uygulamalarıyla Konfeksiyonda İşin ve Personelin Değerlendirilmesi (Ünal C., 2009)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, konfeksiyon sektöründeki firmalardaki işin ve personelin değerlendirilmesi için bulanık mantık yaklaşımı oluşturulmuştur.
Tez	Gemi İşletmeciliği	Metin ÇELİK	İstanbul Teknik Üniversitesi Doktora Tezi	2009	An Integrated Decision Support System Towards Risk-Based Analytical Modelling Of Managerial Processes in	Bulanık Bilgi Aksiyomu, Hata Ağacı Analizi, Analitik Ağ Süreci	Bu çalışmada, gemi işletmeciliğinde yönetsel süreçlerinin risk temelli analitik çözümü için Bulanık Bilgi Aksiyomu, Hata Ağacı Analizi, Analitik Ağ Süreci gibi yöntemler kullanılarak

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
					Shipping Business (Çelik M. , 2009)		Risk Bütünlük Karar Destek Sistemi Geliştirilmiştir.
Tez	İşletme Kalite Optimizasyonu	Ertuğrul ÇAVDAR	Doktora Tezi Gazi Üniversitesi	2009	Kalite Fonksiyonu Yayımlında Bulanık Mantık Tabanlı Değerlendirme: Yüksek Öğretimde Bir Uygulama (Çavdar, 2009)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, müşteri tatminini sağlayarak işletme kalitesini arttırmak için bulanık mantık yaklaşımı kullanılarak bir model geliştirilmiş ve bir yükseköğretim kurumunda uygulanmıştır.
Tez	İşletme Karar Verme Süreci Optimizasyonu	Umut H. İNAN	Doktora Tezi Yıldız Teknik Üniversitesi	2008	Kalite yönetim sistemlerinde tetkik Performansının bulanık mantık ile Analitik hiyerarsi süreci ve bulanık Analitik ag süreci kullanılarak Ölçülmesi (İnan, 2008)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, gelişen yönetim sisteminde karar alma sürecinde yöneticilere yardımcı olmak amacıyla Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemleri ile Bulanık Mantık birliktte kullanılarak bir yönetim sistemi geliştirilmiştir.
Tez	Tedarik Zinciri Optimizasyonu	Tuğba EFENDİĞİL	Doktora Tezi Yıldız Teknik Üniversitesi	2008	Müşteri Odaklı Sistemler İçin Yapay Sinir Ağı ve Bulanık Çıkarım Tabanlı Bir Karar Destek Sistemi Yaklaşımı (Efendiğil, 2008)	Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık	Bu çalışmada, tedarik zinciri paydaşlarının iş performansını arttırmak amacıyla yapay sinir ağı ve bulanık mantık yaklaşımları kullanılarak bir karar destek sistemi oluşturulmuştur. Geliştirilen model, dayanıklı tüketim malları sektöründe faaliyet gösteren bir işletmeye uygulanmıştır.
Tez	Katı Atık Depolama Sahası Tasarımı	Başak ÇELİK	Doktora Tezi Orta Doğu Teknik Üniversitesi	2008	Development of a Decision Support System for Performance-Based Landfill Design (Çelik B. , 2008)	Simülasyon ve Matematiksel Modeller	Bu çalışmada, katı atık depolama sahası tasarımı için sistem değişkenleri ile performans ölçütleri göz önünde bulundurularak ve simülasyon modelleri, tasarım modeli ve hesaplama Modülleri kullanılarak bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.

Türü	Konu	Yazar(lar)	Kaynak	Yıl	Çalışmanın Başlığı	Yöntem	Açıklama
Tez	Tedarik Zinciri	Ercan CEVİZ	Y.L. Tezi Bogaziçi Üniversitesi	2007	A Decision Support System For Consumer Driven Supply Networks (Ceviz, 2007)	Matematiksel Modeller	Bu çalışmada, tedarik zincirlerinde değişik seviyelerde karar verme problemlerini yönetmek için matematiksel modeller kullanılarak bir karar destek sistemi oluşturulmuştur.
Tez	Dency Planlama	Sevil ŞENTÜRK	Doktora Tezi Anadolu Üniversitesi	2006	Dency Planlamasında Bulanık mantık Yaklaşımı (Şentürk, 2006)	Bulanık Mantık	Bu çalışmada, dency planlaması ile Adaptif ağ tabanlı bulanık mantık çıkarm sistemi (ANFIS) arasındaki ilişkileri belirlemek üzere bulanık mantık kullanılarak bir model geliştirilmiş ve seramik sektöründe uygulama yapılmıştır.
Tez	İşletme Merkezi Seçimi	Yusuf Tansel İÇ	Doktora Tezi Gazi Üniversit esi	2006	İşleme Merkezlerinin Seçiminde Kullanılacak Bir Karar destek Sisteminin Geliştirilmesi (İç, 2006)	AHS, TOPSIS, Bulanık Mantık	Bu çalışmada, işletme merkezlerinin seçimi için AHS, TOPSIS ve bulanık mantık modelleri kullanılarak bir karar destek sistemi oluşturulmuştur.
Tez	İşletme, İmalat Optimizasyonu	Gonca TUNCEL	Doktora Tezi Dokuz Eylül Üniversitesi	2005	High-level Petri Net Based Decision Support System For Real-Time Scheduling And Control Of Flexible Manufacturing Systems: an Object-Oriented Approach (Tuncel, 2005)	Petri Ağları	Bu çalışmada, imalat sistemlerinin atölye bazlı çözelgeleme probleminin modellmesi ve bu alandaki problemlerin çözümü için Petri ağları modeli kullanılarak bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. İlk olarak imalat sisteminin nesne modelleme diyagramı oluşturulmuş, kaynak paylaşım probleminin çözümü için ise sezgisel kural esaslı bir model geliştirilerek, sistemin dinamik yapısı Petri ağlarıyla formüle edilmiştir.

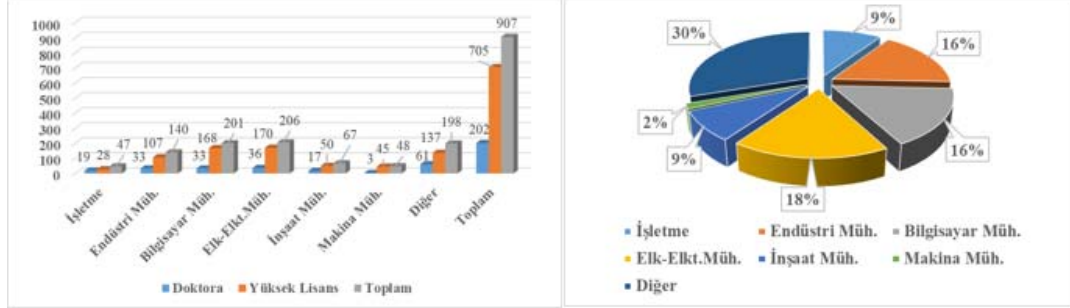
KDS ile ilgili 968 adet çalışma incelenmiş ve bunlardan iş bu çalışmanın konusu ile ilgili olduğu değerlendirilen toplam 96 adet çalışma taksonomik literatür tarama tablosuna eklenmiştir.

Ömür devri, ELD alanlarında yoğunluklu olarak bakım optimizasyonu, arıza tespiti ve bakım, işletme optimizasyonu gibi konularında KDS çalışmaları yapıldığı görülmektedir. İşbu tezin konusu ile ilişkili olduğu değerlendirilen KDS ile ilgili makale ve konferans bildirelerinden bazıları aşağıda sunulmuştur.

- Bakım optimizasyonu (Feldman, vd., 1991; Igra ve Lee, 1998; Labib, Williams, ve O'Connor, 1998; Setnes, Rabuska, ve Verbruggen, 1998; Ruwanpura, Ariaratnam ve El-assaly, 2004; Hao, Trappey, Ku ve Lin, 2005; Serre, Peyras, Maurel ve Tourment, 2009; Borgia, De Carlo ve Tucci, 2009; Hennequin ve Arango, 2009; Carlo, Borgia, Tucci ve Rapaccini, 2009; Quintana, Leung, Villalobos ve Graul, 2009; Aiello, Certa ve Enea, 2009; Zhou, vd., 2012; Ahmad ve Kamaruddin, 2013; Hussain, 2015)
- Arıza tespiti ve bakım (Gabbar, Damilola ve Sayed, 2007; Azadeh, Ebrahimipour ve Baver, 2010; Zhou ve Zeng, 2013; Onk ve Maldonado, 2012; Lee, Cheon ve Yang, 2014; Smoczek ve Szpytko, 2014)
- İşletme optimizasyonu (Liang vd., 1992; Mayadevi, Vinodchandra, ve Ushakumari, 2014)
- Yönetim optimizasyonu (Schreck ve Lisounkin, 2008; Okabe, Yoshioka, vd., 2010)
- Üretim Optimizasyonu (Giachetti, 1998; Yuniarto ve Labib, 2005; Yuniarto ve Labib, 2006)
- Teadarikçi seçimi (Orji ve Wei, 2015)
- Ulaştırma (Kedia, Saw ve Katti, 2015)
- FMRC Analizi (Gan, Li ve Liu, 2012)

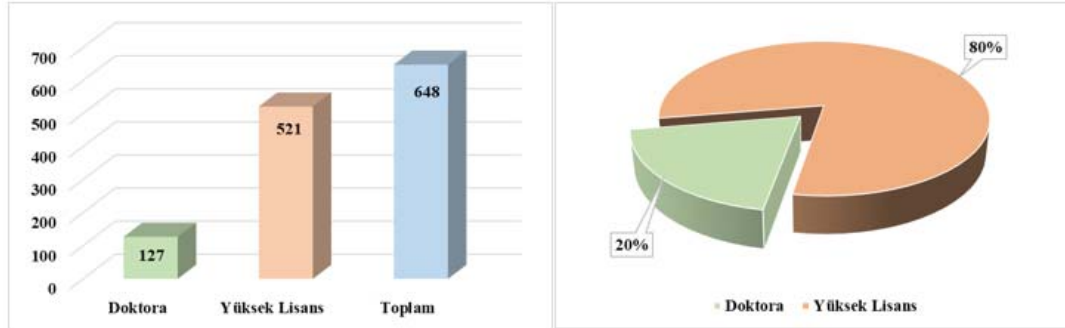
KDS konusunda hazırlanan lisansüstü tez çalışmalarının yoğunluklu olarak işletme, endüstri mühendisliği, bilgisayar mühendisliği, elektrik ve elektronik mühendisliği, inşaat mühendisliği, makina mühendisliği alanlarında yapıldığı görülmüştür. KDS alanında yapılan tezlerin çalışma alanlarına göre sayısal ve oransal dağılımı Şekil

3.12’de sunulmuştur. KDS oluşturma ile ilgili en fazla çalışmanın Bilgisayar Müh. ve Elkt-Elkt. Müh. alanlarına yapıldığı tespit edilmiştir.



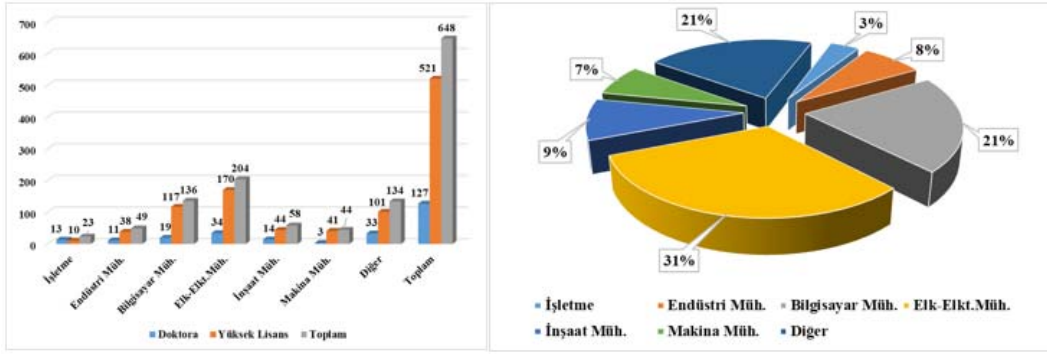
Şekil 3.12: KDS alanında yapılan tezlerin çalışma alanlarına göre dağılımı

Yapılan inceleme sonucunda, lisansüstü tez çalışmaları kapsamında geliştirilen KDS’lerde yoğunluklu olarak “Bulanık Mantık” modelinin kullanıldığı görülmüştür. Bulanık mantık modeli kullanılarak 127 adet doktora ve 521 adet yüksek lisans seviyelerinde olmak üzere toplam 648 adet lisansüstü tez çalışmasının yapıldığı tespit edilmiştir. Bu tezlerin lisans seviyesine göre sayısal ve oransal dağılımı Şekil 3.13’de sunulmuştur.



Şekil 3.13: Bulanık mantık kullanılan çalışmaların lisansüstü seviyelerine göre dağılımı

Bulanık mantık ile ilgili incelenen lisansüstü tezlerin çalışma alanlarına göre sayısal ve oransal dağılımı Şekil 2.14’de sunulmuştur. Bulanık mantık kullanılarak oluşturulan KDS oluşturma çalışmaları en fazla Bilgisayar Müh. ve Elkt-Elkt. Müh. alanlarına yapıldığı görülmektedir. Bulanık mantık modeli bu alanlarda yoğunluklu olarak nesnelerin programlanması ve otonom hareket ettirilmesi için kullanılmıştır.



Şekil 3.14: Bulanık mantık ile ilgili lisansüstü tezlerin çalışma alanlarına göre dağılımı.

Taksonomik literatür tarama tablosuna eklenen KDS ile ilgili lisansüstü tezlerden bazıları aşağıda sunulmuştur.

- Ulaştırma & Rotalama (Ercan, 2013; Özden, 2016; Dördüncü, 2018; Dündar, 2020),
- Üretim planlama & üretim optimizasyonu (Tuncel, 2005; Tuş Işık, 2011; Güçdemir, 2017; Çırpı, 2020),
- İşletme talep optimizasyonu (Doğan, 2012; Aksoy, 2012; Yayla, 2017; Tirkeş, 2016),
- Tedarikçi seçimi ((Yücel, 2010),
- İşletme maliyet & kar belirleme & optimizasyonu (Arslan, 2012; Aslan, 2017),
- Tedarik zinciri (Ceviz, 2007; Efendiğil, 2008; Balaman, 2014; Erdal, 2017),
- İş sağlığı ve güvenliği (AK, 2017),
- Borsa (Esen, 2013; Kanat, 2017; Akdağ, 2017),
- İşletme süreç optimizasyonu (Delice, 2010),
- İşletmelerde performans değerlendirme ((Balkan, 2016),
- Lojistik ağ optimizasyonu (Uludağ, 2013),
- Savunma, harbe hazırlık (Kandakoğlu, 2012),
- İKA personel seçimi (Doğanalp, 2012),
- İşletme, muhasebe ((Baral, 2011),
- Kalite optimizasyonu (Çavdar, 2009),
- İşletme merkezi seçimi (İç, 2006).

Yapılan literatür incelemesinde, “İHA Ömür Devri” ve “Ömür Devri Karar Destek Sistemini” doğrudan konu alan bir araştırmaya rastlanılmamıştır.

Bu bölümde, literatür taraması kapsamında ÖDY, ELD ve KDS konularında yapılan çalışmalar incelenmiş ve işbu çalışmanın başlığı ile doğrudan ilişkili olduğu değerlendirilen çalışmalar taksonomi tarama tablosuna eklenmiştir. Müteakip bölümde çalışmanın yöntemi detaylı olarak açıklanmıştır.





BÖLÜM 4

YÖNTEM

Bu bölümde, çalışmanın modeli, çalışmanın varsayımları ile sınırlılıkları, çalışmanın evreni ve örnekleme, verilerin toplanması, verilerin analizi, çalışma planı ve çalışmanın doğrulanmasına ilişkin bilgiler yer almaktadır.

4.1 Araştırmanın Modeli

Bu çalışmada; araç, silah ve benzeri sistemlerin lojistik desteğine yönelik alınacak kararlarda, karar vericilere destek olunması amacıyla ÖDKDS geliştirilmiştir. Oluşturulan ÖDKDS'nin uygulanmasında, jenerik olarak geliştirilen ARI İHA'ların tasarım ve saha verileri kullanılmıştır.

ÖDKDS'nin oluşturulmasında, Şekil 4.1'de gösterilen İHA-ÖDY-ELD kavramları arasındaki ilişkiden faydalanılmıştır.



Şekil 4.1: İHA, ELD ve sistem ömür devri ilişkisi

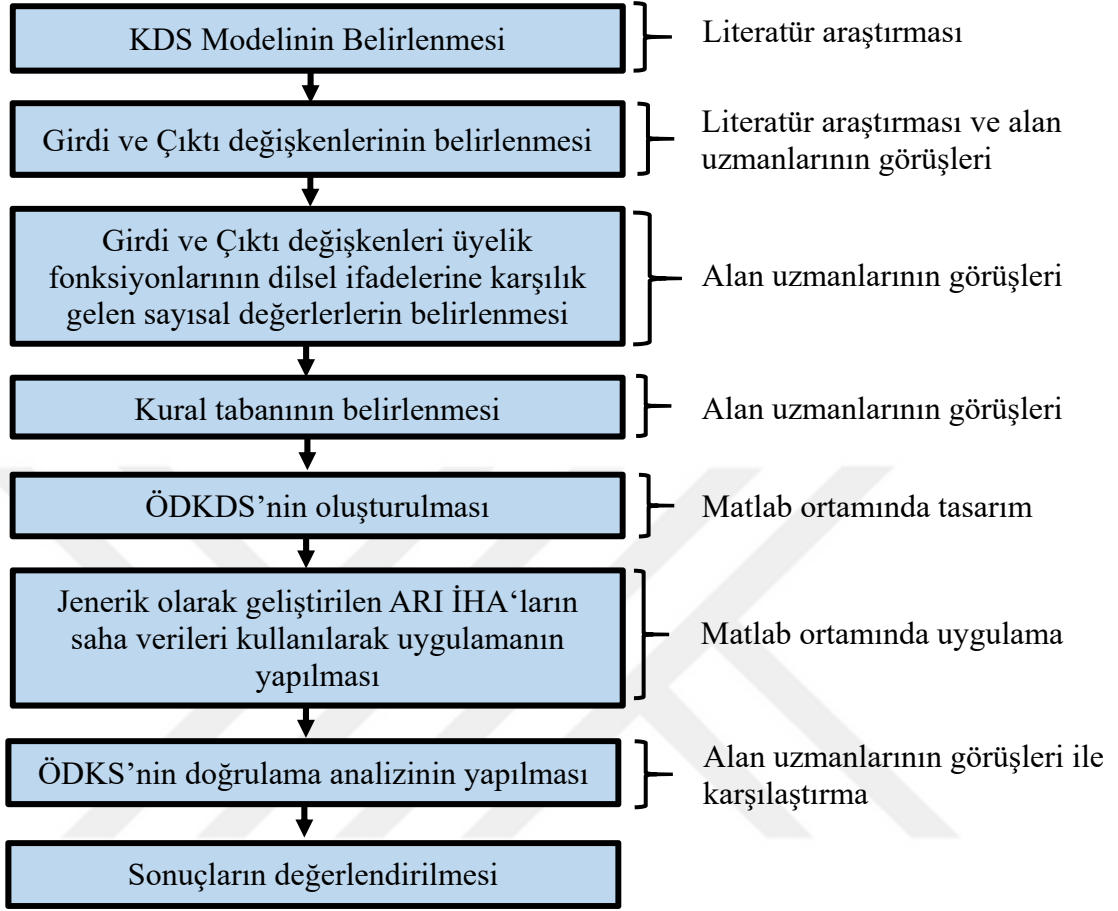
İHA'nın ömür devri ile ilgili ömür devri süresi, ömür devri maliyeti, performans, güvenilirlik değeri, hazır olma oranı gibi faktörler, İHA sistemine uygulanan ELD faaliyetleri ile doğrudan ilişkilidir. Örneğin desteklenebilir bir sistem tasarımı, sistemin güvenilirlik ve hazır olma oranları ile ömür devri süresini arttıracak ve ömür devri maliyetini düşürecektir. Aynı şekilde sisteme uygulanacak bakım faaliyetlerinin kalitesi ve yeterliliği de sistem ömür devrini doğru orantılı olarak etkileyecektir. Bu kapsamda saha verileri aslında sisteme uygulanan ELD faaliyetlerinin birer sonucu olduğu söylenebilir. Bu kapsamda, sistemlerin saha verilerine göre sistemin ömür devri kritiklik durumu tespit edecek ve elde edilen kritiklik seviyesine göre çözüm alternatifleri sunabilecek ÖDKDS geliştirilmiştir. ÖDKDS Tablo 4.1'de gösterilen akış şemasına göre oluşturulmuştur.

Çalışmanın ilk aşamasında, literatür araştırmasında tezin konusu ile ilgili çalışmalar incelenerek, oluşturulacak karar destek sisteminin modeli belirlenmiştir. Modelin gerektirdiği veriler, yoğunluklu olarak alan uzmanlarından Delphi tekniği ile toplanarak ÖDKDS geliştirilmiştir.

ÖDKDS'nin modellenmesinde, belirsizlik içeren durumlarda karar vermeyi sağlayan Bulanık Mantık Metodu (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003: 63-64) kullanılmıştır. İlk olarak kontrol süreçlerinde kullanılmaya başlanan bulanık mantık, günümüzde personel seçimi, tedarikçi seçimi, yazılım geliştirme stratejileri, tesis yeri ve yerleşimi seçimi gibi bir çok iş alanında problem çözümü olarak kullanılmaktadır (Büyükoçkan, Kahraman, vd., 2004: 260).

Bulanık mantık, sözel verilerden yararlanılarak, belirsizliğin matematiksel olarak temsil edilebilmesinden dolayı matematiksel olarak modellenemeyen, doğrusal olmayan ve zamanla değişen sistemlerde kolaylıkla uygulanabilmektedir (Ross, 2004: 3-5; Ballı, vd., 2009: 15-16; Paksoy, vd., 2013: 1; Orji ve Wei, 2015: 1; Nguyen, vd., 2018: ix-x; Kumar S., 2019: 1-3;).

Tablo 4.1: ÖDKDS oluşturulmasına ait akış şeması



İHA saha verileri kullanılarak hesaplanan “güvenilirlik”, “hazır olma”, “ömür devri süresi” ve “yıllık ömür devri maliyeti” farklı karar vericilere veya farklı operasyonel durumlara göre belirsizlikler içermektedir. Örneğin, 20 yıl ömür devri süresi olan sistemlerin 0-5 yaş yeni, 5-15 yaş orta ve 15 yaş üstüne ise eski olarak sınıflandırıldığını farz edelim. Bu üyelik fonksiyonlarına göre 14 yaşında olan bir sistem orta yaşlı kabul edilirken, 16 yaşındaki sistem ise eski sayılmaktadır. Bu durumu bulanık küme teorisine göre incelenirse, 15 yaşındaki sistem belli oranda eski iken, belli oranda da orta yaşlı sayılabilmektedir.

İnsanoğlunun mantığı ve karar verme yapısı gereği keskin sınırları olan kararlar yerine “yeni” veya “eski”, “düşük” veya “yüksek” gibi daha muğlak karar terimleri kullandığı görülmektedir. Lojistik destek ile ilgili bu tür problemlerde nicel yargılardan çok yeni-eski, düşük-yüksek gibi nitel yargıların bulunması ve karar

vermenin esnekliğini arttıran bir etken olması nedenleri ile bulanık mantık tabanlı bir Ömür Devri Karar Destek Sistemi oluşturulması tercih edilmiştir.

Sonuç olarak, matematiksel modellerin, lojistik destek alanının esnekliğini modele tam yansıtamayacağından, ÖDKDS'nin oluşturulmasında insan doğasının karar alma mekanizma esnekliğine daha yatkın olduğu değerlendirilen bulanık mantık modeli kullanılmıştır (Ross, 2004:3-5; Ballı, vd., 2009:15-16; Paksoy, vd., 2013:1; Orji & Wei, 2015:1; Nguyen, vd., 2018:ix-x; Kumar S., 2019:1-3).

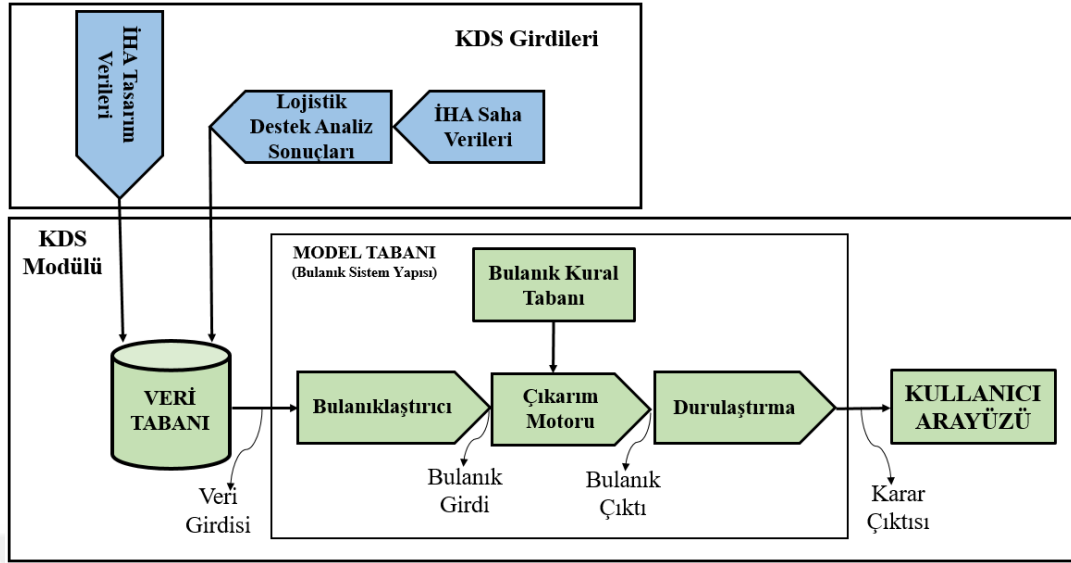
Bulanık mantık kullanılarak oluşturulan KDS'nin, karar vericinin lojistik destek alanında karar almasına destek sağlaması planlanmaktadır. KDS'nin, karar vericinin yerine geçme gibi bir fonksiyonu olmayacaktır.

ÖDKDS, Şekil 4.2'de görüldüğü üzere iki ana modülden oluşmaktadır. İlk modül olan KDS Girdileri Modülü, KDS modülü için girdi verisi oluşturmaktadır. Bu modülde, Şekil 3.3'de gösterilen ARI İHA'ların kullanım ve lojistik destek verileri kullanılarak Lojistik Destek Analizleri (LDA) yapılmaktadır. LDA sonucunda İHA'nın "güvenilirlik", "hazır olma" "ömür devri süresi" ve "yıllık ömür devri maliyeti" durumları tespit edilmektedir. Bu veriler, ÖDKDS girdisi olarak KDS veri tabanına aktarılmaktadır. Çalışma kapsamında jenerik İHA'lar için oluşturulan LDA sonuçları kullanılmıştır.

İkinci modül olan KDS modülü, Veri Tabanı, Model Tabanı ve Kullanıcı Arayüzü olmak üzere üç temel bileşenden (Gökçen, 2007) oluşmaktadır. Veri tabanı ve kullanıcı arayüzü, modülün dışarıya açılan ve bilgi giriş-çıkışını sağlayan arayüzleridir.

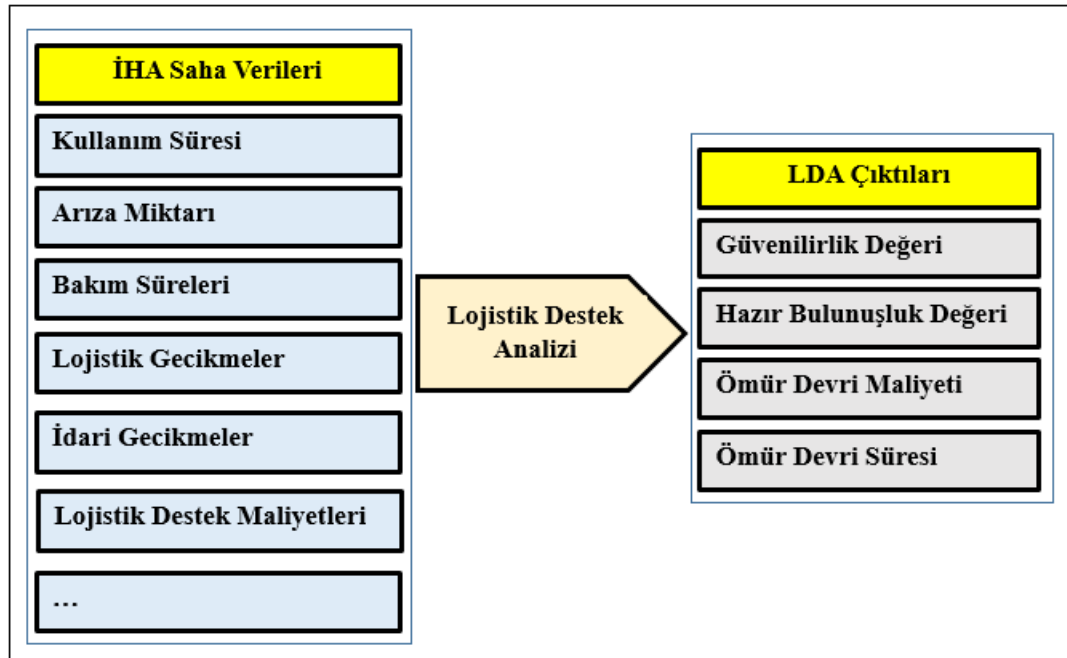
Girdi değişkenlerini, çıktıya dönüştüren Model Tabanı; "Bulanıklaştırıcı", "Bulanık Kural Tabanı", "Bulanık Çıkarım Motoru", "Durulaştırıcı" olmak üzere toplam dört bileşenden (Akıllı ve Atıl, 2014: 40) oluşmaktadır.

Bulanıklaştırıcı bölümünde; girdi değişkenleri, çıkarım motoru fonksiyonları ile bulanık kural tabanındaki bilgiler kullanılarak işlenebilir yapıya dönüştürülmektedir (Yen, 1999: 153; Dombi & Gera, 2005: 276; Siler ve Buckley, 2005: 29-82; Elmas, 2011: 186; Paksoy, vd., 2013).



Şekil 4.2: Çalışmanın modeli ve ÖDKDS çalışma akış diyagramı

(Yen, 1999:153; Dombi & Gera, 2005:276; Siler ve Buckley, 2005:29-82; Gökçen, 2007; Elmas, 2011:186; Paksoy, vd., 2013; Akıllı ve Atıl, 2014:40)'dan uyarlanmıştır.



Şekil 4.3: Lojistik destek analiz süreci

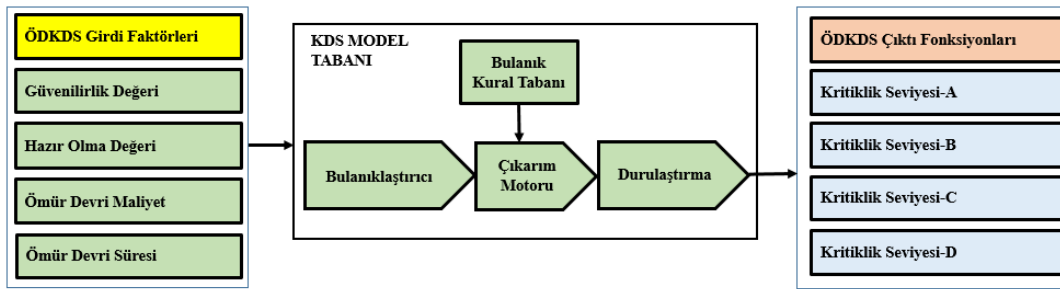
Bulanık Çıkarım Motorunda işlem yapmak için matematik denklemler yerine, bulanık kümeler ve kural tabanı kullanılmaktadır. Bulanık çıkarım motoruna gelen bulanıklaştırılmış veriler, “eğer-o halde” şeklinde tanımlanan fonksiyonlara göre işleme tabi tutulmaktadır. Bulanık çıkarım mekanizması, girdi değerine göre çıktı

değeri vermektedir (Ross, 2004:276; Baykal ve Beyan, 2004; Siler ve Buckley, 2005:85; Elmas, 2011:261; Şahin ve Okunus, 2011:295; Nguyen, vd., 2018:4-10; Kumar, 2019:15-16).

Bulanık Kural Tabanı, çıkarım motorunda işlem yapılmasını sağlayan ana kuralları barındırmaktadır.

Kural tabanında, Şekil 4.4’de gösterilen dört adet ÖDKDS girdi değişkeni ve her girdi değişkenine ait üçer adet üyelik fonksiyonu kullanılarak toplam 81 adet algoritma dizini oluşturulmuştur. Oluşturulan dizinler, uzman görüşü alınarak kural tabanına dönüştürülmüştür. Kural tabanı, ÖDKDS’ni kullanacak örgütlerin operasyonel gereksinimlerine, envanterlerindeki sistemlerin taktik/teknik özelliklerine ve lojistik destek altyapısına göre güncellenmelidir.

Durulaştırma bölümünde; Bulanıklaştırılmış ve Bulanık Çıkarım Mekanizmasında işleme tabi tutulan veriler Şekil 4.4’de gösterilen kesin sonuçlar haline dönüştürülmektedir (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003:70; Ross, 2004:380; Siler & Buckley, 2005:85). Girdilerin alacağı değerlere bağlı olarak, dört farklı çıktı değişkeni (kritiklik seviyesi) elde edilmektedir. Çıktı değişkenleri de girdi değişkenlerinde olduğu gibi örgütlerin operasyonel gereksinimlerine, envanterlerindeki sistemlerin taktik/teknik özelliklerine ve lojistik destek altyapısına göre güncellenmelidir.



Şekil 4.4: ÖDKDS girdi ve çıktı değişkenleri

ÖDKDS’nin girdi ve çıktı değişkenleri ile bulanık mantık tabanı için seçilen hesaplama yöntemleri ve bunların seçilme nedenleri Tablo 4.2’de özet olarak verilmiştir. Her bir seçim ile ilgili detaylı açıklama aşağıda sunulmuştur.

Tablo 4.2: Bulanık kural tabanlı karar destek sistemi seçimleri

KDS seçimleri		Açıklama
Girdi Değişkenleri	<ul style="list-style-type: none"> ○ İHA Güvenilirlik Değeri ○ İHA Hazır Olma Değeri ○ İHA Ömür Devri Süresi ○ İHA Yıllık Ömür Devri Maliyeti 	Bu dört faktör, lojistik destek kararlarının alınmasında etkili olan İHA ömür devri ile ilgili tüm hususları kapsadığı değerlendirildiğinden, karar destek sisteminin girdi değişkeni olarak kullanılmıştır.
Çıktı Değişkenleri	<ul style="list-style-type: none"> ○ “A” Kritiklik Seviyesi ○ “B” Kritiklik Seviyesi ○ “C” Kritiklik Seviyesi ○ “D” Kritiklik Seviyesi 	Sistemlere uygulanan lojistik destek faaliyetleri gruplandırıldığında, temel dört adet grup ortaya çıkmıştır. Bu gruplara bağlı olarak dört adet çıktı değişkeni tanımlanmıştır. <i>Grup-1</i> = Yenileştirme (overhaul) ve elden çıkartma, <i>Grup-2</i> = İyileştirme ve Modernizasyon, <i>Grup-3</i> = Planlı/Plansız bakımları arttırma, <i>Grup-4</i> = Kullanıma devam.
Çıkarım Yöntemi	Mamdani	İnsan davranışlarını içeren problemlerin çözümüne daha uygun olması, yaygın bir kullanıma sahip olması ve diğer bulanık mantık modellerin temelini oluşturmasından dolayı Mamdani çıkarım yöntemi (Yen, 1999:153; Dombi ve Gera, 2005: 276; Siler ve Buckley, 2005:29-82; Elmas, 2011:186; Paksoy, vd., 2013) tercih edilmiştir.
Bulanıklaştırma Üyelik Fonksiyonu	Yamuk üyelik fonksiyonu	Çalışma kapsamında oluşturulan üyelik fonksiyonları $A = (A_1, A_2, A_3, A_4)$ şeklinde olduğundan, yamuk üyelik fonksiyonu kullanılmıştır.

ÖDKDS'nin girdi değişkenlerinin belirlenmesinde; uzman görüşleri, iş bu tezin birinci bölümünde lojistik destek ile ilgili yapılan literatür taraması sonuçları, Gnkur. Bşk.lığı tarafından 2002 yılında yayımlanan “Lojistik Mühendislik ile Başlayan Lojistik Değişim” adlı kitabında tanımlanan bakım stratejileri/metodları ve iş bu tezin 4.1.4 maddesinde tanımlanan ARI İHA için öngörülen lojistik destek konsepti kullanılmıştır. Bu kaynaklardan elde edilen veriler derlenerek, ARI İHA'lar için tanımlanabilecek muhtemel saha verileri ve bu saha verilerine karşılık gelen lojistik destek analizleri Tablo 4.3'de verilmiştir. Tabloda sunulduğu üzere ÖDKDS'nin girdi değişkenleri olarak “güvenilirlik”, “hazır olma”, “ömür devri süresi” ve “yıllık ömür devri maliyeti” faktörleri kullanılmıştır. Bu değişkenler, lojistik destek saha verilerinin analizi sonucunda belirlenmektedir. Başka bir deyişle bu dört değişken ARI İHA'nın tüm saha verilerinin bir özetidir. Örneğin, bir ARI İHA'nın gayri faal kalmasına neden olan idari, lojistik ve bakım süresi gibi tüm gecikmelerin analizi sonucunda “hazır olma” değeri elde edilmektedir. Aynı şekilde değişik nedenlerle sistemin gayri faal kalmasına neden olan tüm arızaların analizinde sistemin güvenilirlik değerini vermektedir.

Tablo 4.3: ÖDKDS girdi değişkenlerini etkileyen lojistik destek faktörleri

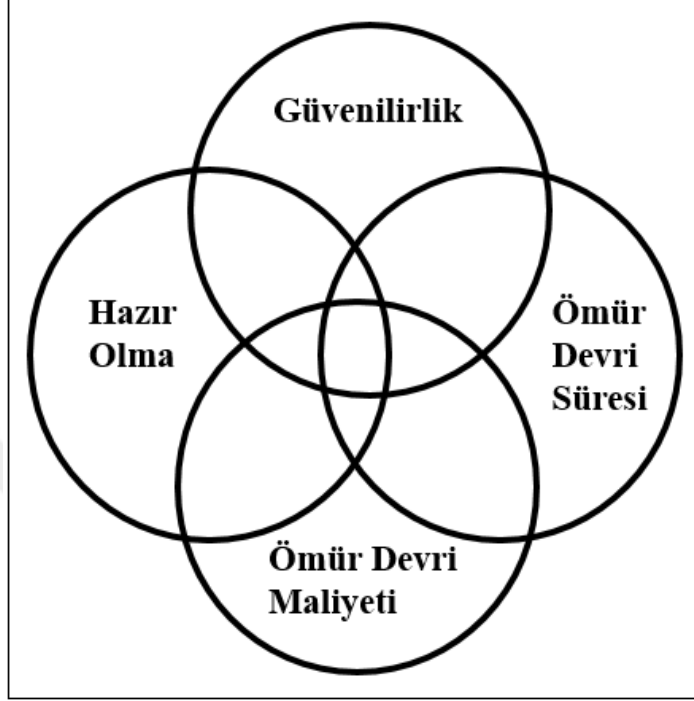
Saha Verileri	Muhtemel Sebepleri	LDA
<ul style="list-style-type: none"> ○ Arıza oranı, ○ Arızaya kadar ortalama süre, ○ Arızalar arası ortalama süre, ○ Deformasyon, ○ Görevini hedeflenen performans seviyesinde yerine getirememe, ○ Kaza, vb. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Tasarım ve üretim zafiyetleri, ○ Uygulanan bakımın yetersizliği, ○ Sistemin fiziksel ömrünü doldurması, ○ Uygunsuz ve zorlayıcı kullanma, ○ Uygunsuz depolama şartları, ○ Çevresel etkiler, vb. 	Güvenilirlik

Tablo 4.3 (Devam): ÖDKDS girdi değişkenlerini etkileyen lojistik destek faktörleri

<ul style="list-style-type: none"> ○ Sistemin gayri faal kalması, ○ İdari gecikmeler, ○ Lojistik gecikmeler, ○ Ortalama arıza giderme süreleri, vb. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Uygulanan lojistik destek stratejisinin uygunsuzluğu, ○ Bakım altyapı yetersizliği, ○ Tecrübeli teknik personel yetersizliği, ○ İşletme yedeği yetersizliği, ○ Yedek parça temin sürelerinin uzunluğu, ○ Yedek parça tedarik edilememe (demodelik) durumu, ○ Ulaştırma/nakliye sürelerinin uzunluğu ○ Sistem ile ilgili operasyonel planların uygunsuzluğu, ○ Yönetim kadrosunun etkinsizliği vb. 	<p>Hazır Olma</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Kullanım süresi, ○ Depolama süresi, ○ Bakım süresi, vb. 	<p>kullanım, depolama, bakım vb. faaliyetler.</p>	<p>Ömür Devri Süresi</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Kullanım maliyetleri, ○ Bakım maliyetleri, ○ Elde bulundurma maliyetleri vb. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Güvenilirlik ve hazır olma oranlarının yükseltme gereksinimi ve buna bağlı bakım maliyetleri, ○ İlave operasyonel görevler, ○ Uygunsuz bakım stratejisileri, ○ Uygunsuz kullanım, depolama ve bakım uygulamaları, ○ Alınan uygunsuz lojistik destek kararları, vb. 	<p>Ömür Devri Maliyeti</p>

Belirlenen bu dört değişken Şekil 4.5’de gösterildiği üzere birbirleriyle etkileşim halindedir. Örneğin sistemin eskimesi, sistem parçalarının daha sık arızalanmasına sebep olacaktır. Artan arıza oranı, ve bu arızaları gidermek için sarf edilen zaman ve kaynak, sistem güvenilirliğini ve hazır olma oranını düşürürken, ömür devri maliyetini arttıracaktır. Aynı şekilde tasarım zafiyetleri, kullanıcı hatası veya yetersiz lojistik destek altyapısı gibi nedenlerle beklenmeyen sistem arızaları oluşabilir veya arızalar hedeflenen zamanda giderilemeyebilir. Tüm bu zafiyetler,

sistem yeni olsa bile, sistemim güvenilirliğini ve hazır olmasını düşürecek ve sistem ömür devri maliyetini arttıracaktır.



Şekil 4.5: ÖDKDS girdi değişkenlerinin birbirleri ile etkileşimi

Çıktı değişkenleri için; uzman görüşü, savunma birimlerinin uyguladıkları bakım faaliyetleri ve ARI İHA bakım senaryoları göz önüne alınarak “A”, “B”, “C” ve “D” olmak üzere dört adet kritiklik seviyesi oluşturulmuştur. Yapılan uzman görüşmelerinde, sistemlerin yaşına, arıza/hasar durumuna, güvenilirlik/hazır olma değerine vb. faktörlere bağlı olarak sistemlere, lojistik destek kapsamında planlı ve plansız bakımların, iyileştirme, modernizasyon, yenileştirme (overhaul/rektefiye) ve nihai olarak çözüm bulunamamsı durumunda elden çıkartma faaliyetlerinin yapıldığı ifade edilmiştir. Savunma birimlerinin yönergelerinde, envanterindeki sistemlere lojistik destek kapsamında uzman personelin ifade ettiği tüm bakım faaliyetlerinin uygulandığı belirtilmektedir. ARI İHA’ların lojistik desteği kapsamında yukarıda açıklanan benzer bakım faaliyetlerinin uygulanacağı öngörülmektedir.

İşletme, bakım, idame açısından maliyet etkin olmayan, güvenilirlik ve hazır olma oranı hedeflenen seviyenin altına düşen, fiziki ve teknolojik olarak hareket ihtiyaçlarına yetersiz kalan, planlanan ömür devri süresini tamamlayan, kullanımı/idamesi can ve mal güvenliği için sorun yaratan ana malzeme ve sistemlere

iyileştirme, modernizasyon, yenileştirme (overhaul) ve nihai olarak çözüm üretilmediği durumlarda envanterden çıkartma faaliyetleri uygulanmaktadır. Bu kararların alınmasında, teknolojik gelişmeler, tehditte/görevde meydana gelen değişiklikler, uygulamalardaki tecrübeler, ulusal/uluslararası hukuk, gelecekte sisteme ihtiyaç olup olmadığı, ekonomik kaynak gibi faktörlerde etkili olabilmektedir (Gn.kur.Bşk.lığı, 2002). Tehditte/görevde meydana gelen değişikliklere bağlı olan fiziksel ve teknolojik yetersizlikler, ulusal/uluslararası hukuk gibi faktörlere bağlı iyileştirme/yenileştirme/modernizasyon kararları stratejik kararlardır. Bu çalışmada, sisteme ait güvenilirlik, hazır olma, ömür devri maliyeti ve ömür devri süresi (yaşı) gibi faktörler göz önüne alınmıştır.

Lojistik destek kapsamında uygulanan faaliyetler gruplandırıldığında, temel dört adet grup ortaya çıkmaktadır. Elde edilen lojistik destek faaliyet gruplarına Tablo 4.4’de belirtildiği üzere kritiklik seviyeleri atanarak “A”, “B”, “C” ve “D” kritiklik seviyeleri oluşturulmuştur.

Tablo 4.4: Kritiklik seviyeleri listesi

Gruplar	Yapılan Faaliyetler	Kritiklik Seviyesi
Grup-1	Yenileştirme (overhaul), elden çıkartma	“A”
Grup-2	İyileştirme, modernizasyon	“B”
Grup-3	Planlı / Plansız bakımları arttırma	“C”
Grup-4	Normal Kullanıma Devam	“D”

İyileştirme faaliyeti, kullanıcının ve/veya teknik personelin ihtiyacı doğrultusunda ilgili ana malzeme ve sistemlerde kapasite arttırımı, kullanım ve bakım kolaylığı, ömür uzatımı, maliyet tasarrufu sağlayacak teknik çözümleri kapsamaktadır.

Modernizasyon faaliyeti, ana malzeme ve sistemlerin konfigürasyonunda görülen aksaklıkların düzeltilmesi ya da daha uygun duruma getirilmesi maksadıyla yapılan değişiklikleri kapsamaktadır. Ayrıca teknolojik gelişmelere ve hareket ihtiyaçlarına bağlı olarak envanterdeki sistemlerin ve/veya yazılımların kullanım ömrünü ve performansını arttırılması amacıyla da modernizasyon yapılmaktadır.

Yenileştirme, yenisinin sahip olduğu çalışma standartlarına getirilmesi maksadıyla, malzemenin teknik yayımında belirtildiği gibi sökülmesi, muayene edilmesi, ölçülmesi, değerlendirilmesi, ayarlanması, onarılması veya kullanılmayacak durumda olanların yenileri ile değiştirilmesi faaliyetlerini kapsamaktadır. Yenileştirme faaliyeti ile yeni hale getirilen ana malzeme ve sistemin bakımının kolaylaştırılması, ömür devri maliyetinin düşürülmesi, güvenilirliğinin ve hazır olma seviyelerinin artırılması, ömür devri süresinin uzatılması, can ve mal güvenliğinin sağlanması hedeflenmektedir (Gn.kur.Bşk.lığı, 2002).

“Güvenilirlik”, “hazır olma”, “ömür devri süresi” ve “yıllık ömür devri maliyetinden” oluşan girdi değişkenlerinin değerlerine göre bulanık kural tabanı çıktı değişkenlerinden (“A”, “B”, “C” ve “D”) birini verecektir. Kritiklik seviyesi, analiz edilen sistemin operasyon yapabilirlik durumu ile sistemin görevini hedeflenen seviyede yerine getirebilmesi için alınacak lojistik destek kararlarını ortaya koymaktadır. Çıktı değişkenlerini oluşturan kritiklik seviyeleri ile ilgili tanımlamalar ve her bir kritiklik seviyesi için alınacak muhtemel lojistik destek kararları Tablo 4.5’de sunulmuştur.

Tablo 4.5: Çıktı değişkenleri ve kritiklik seviyesine göre alınabilecek kararlar

Çıktı Değişkenleri	Değerlendirme	Muhtemel Lojistik Destek Kararları
“A” Kritiklik Seviyesi	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sistemin operasyonel görevini yerine getirmesinde ciddi derecede sıkıntılar bulunmaktadır. ○ Güvenilirlik ve hazır olma oranları oldukça düşmüştür. ○ Tüm bu zafiyetlere bağlı olarak ömür devri maliyeti yükselmiştir. ○ Sistemin kullanımı operasyon başarısızlığına, can ve mal kaybına sebep olabilir. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sistemin kullanılabilirliği, can ve mal güvenliği açısından değerlendirilir, ○ Sistem ömür devrini tamamlamamış ise sistemin yenileştirilmesi sağlanır. ○ Hazır olma oranını düşüren lojistik ve idari gecikmeler ile bakım süresini düşürecek tedbirler alınır, ○ Arıza miktarını arttıran etkenlere (kullanıcı, aşırı yüklenme, çevresel etkiler, vb.) karşı önlemler alınır, ○ Sistem güvenilirliği ve hazır olma oranı, maliyet etkin bir şekilde yükseltilemiyorsa, sistemin envanterden çıkartma faaliyetleri planlanır.

Tablo 4.5 (Devam): Çıktı değişkenleri ve kritiklik seviyesine göre alınabilecek kararlar

Çıktı Değişkenleri	Değerlendirme	Muhtemel Lojistik Destek Kararları
“B” Kritiklik Seviyesi	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sistem, hedeflenen seviyede görevini yerine getirememektedir. ○ Arıza oranı artmıştır ○ Sistemin gayri faal olduğu süre artmaya başlamıştır. ○ Sistem ömür devri maliyeti planlanan miktarın üzerine çıkmıştır. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sistem/sistem parçalarına iyileştirme ve/veya modernizasyon uygulanır, ○ Bakım stratejisi ve uygulanan bakımın yeterliliği değerlendirilir, ○ Sistemin gayri faali olmasına sebep olan gecikmelerin giderilmesine yönelik önlemler alınır,
“C” Kritiklik Seviyesi	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sistem güvenilirlik ve hazır olma değerleri tasarım verilerine veya biraz altına düşmüştür. ○ Arıza miktarı artmaya başlamıştır. ○ İlave bakım ve onarıma bağlı olarak maliyetler artmaya başlamıştır. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Planlı ve plansız bakımlar artırılır, ○ Bakım altyapısının yeterliliği değerlendirilir, ○ Kullanıcı ve bakım personelinin yeterliliği değerlendirilir. ○ İdari, lojistik ve bakım sürelerinden kaynaklı gecikmeler için önlem alınır.
“D” Kritiklik Seviyesi	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sistemin kullanımında hiç bir sıkıntı yoktur. ○ Güvenilirlik ve hazır olma oranları tasarım değerlerinin üzerindedir. ○ Lojistik destek stratejisi ve uygulanan bakım faaliyetleri iyi seviyededir. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Sistemin kullanımına devam edilir, ○ Planlı ve plansız bakımlara uygulandığı gibi devam edilir.

Her bir sistem için operasyonel, lojistik destek, envanterden çıkartma gibi her türlü ömür devri kararlarının uygun ve maliyet etkin alınmasında, belirlenen girdi değişkenlerinin etkin olarak kullanıldığı görülmektedir. Tüm bu ana faktörler ve buna bağlı alt faktörler göz önünde bulundurularak, filoları oluşturan bir çok sistemin manuel olarak kontrol edilmesi, uygun operasyonel ve lojistik destek kararlarının alınması oldukça zor olmaktadır. Yaşanmakta olan zafiyetin giderilmesine yönelik bu çalışma kapsamında, ARI İHA’ların saha verilerinin analizi sonucunda elde edilen “güvenilirlik”, “hazır olma”, “ömür devri süresi” ve “ömür devri maliyeti”

faktörleri girdi değişkeni olarak kullanılarak, sistemlerin kritiklik seviyesini belirleyebilecek bir ÖDKDS oluşturulmuştur. ÖDKDS'nin çıktısı ARI İHA'ların kritiklik seviyesini ortaya koymaktadır. Kritiklik seviyesi, her bir ARI İHA'nın operasyonel kullanılabilirliği, maliyet etkinliği, lojistik destek durumu gibi konularda bilgi vermektedir.

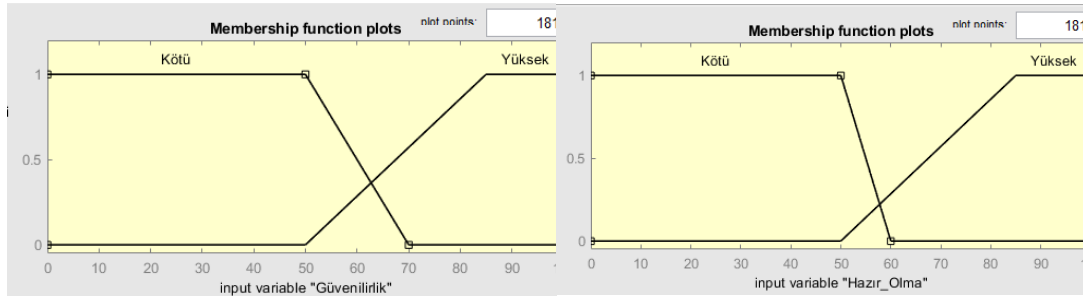
ARI İHA'lar ile ilgi bulanık kural tabanlı karar destek sisteminin oluşturulmasında, MATLAB programının fuzzy logic toolbox modülü kullanılmıştır. Bu modül üzerinde ÖDKDS oluşturulmasına yönelik örnek bir çalışma aşağıda sunulmuştur. ÖDKDS, işbu çalışmanın 2.4'üncü maddesinde Karar Destek Sistemi başlığı altında tanımlanan hususlara göre oluşturulmuştur.

Bulanık mantık kullanılarak örnek bir karar destek sistemi oluşturmak için ilk olarak girdi ve çıktı değişkenleri tanımlanmıştır. Girdi değişkenleri olarak "güvenilirlik" ve "hazır olma" terimleri kullanılmış olup her değişken için "kötü" ve "yüksek" üyelik fonksiyonu (derecesi) tanımlanmıştır. Çıktı değişkeni için "A" ve "B" kritiklik seviyesi olmak üzere iki adet kriter tanımlanmıştır. Girdi ve çıktı değişkenleri üyelik fonksiyonlarına ait dilsel ifadeleri için Tablo 4.6'da tanımlanan sayısal değerler belirlenmiştir. Bu değerler, model oluşturmayı tanımlamak amacıyla örnek çalışma için rasgele belirlenmiş olup beşinci bölümde yapılan uygulamada alan uzmanlarının görüşlerinden faydalanılmıştır.

Tablo 4.6: Girdi ve çıktı değişkenleri üyelik fonksiyonlarına ait sayısal değerler

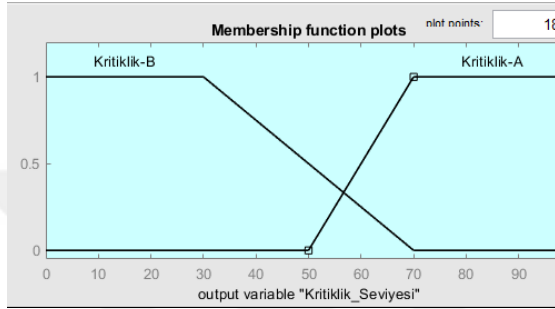
Girdi Değişkenleri				Çıktı Değişkenleri	
Güvenilirlik		Hazır olma		Kriter-1	Kriter-2
Kötü	Yüksek	Kötü	Yüksek	Kritiklik Seviyesi "A"	Kritiklik Seviyesi "B"
%60 altı	%50 üzeri	%70 altı	%50 üzeri	%50 üzeri	%70 altı

Girdi ve çıktı değişkenleri üyelik fonksiyonlarına ait dilsel ifadelerinin Tablo 4.6'da sunulan sayısal değerleri, MATLAB programının fuzzy logic toolbox modülüne girilerek bulanıklaştırılmış ve Şekil 4.6'daki grafikler oluşturulmuştur.



Girdi değişkeni “güvenilirlik”

Girdi değişkeni “hazır olma”



Çıktı değişkeni “kritiklik seviyesi”

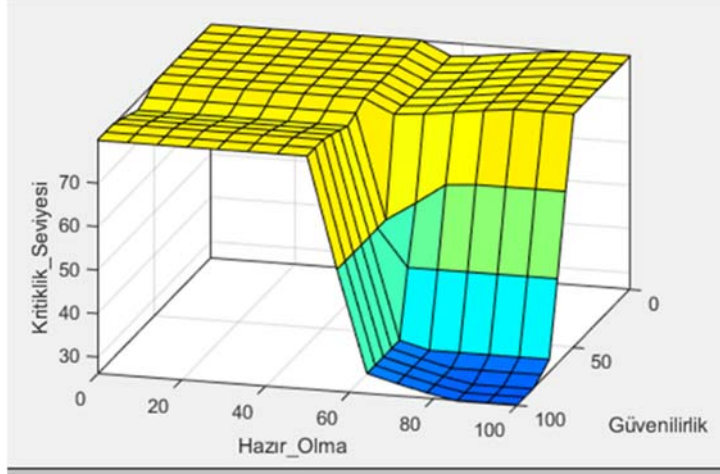
Şekil 4.6: Girdi ve çıktı değişkenlerinin bulanıklaştırılması

İkinci aşamada, girdi ve çıktı değişkenleri üyelik fonksiyonlarına ait dilsel ifadeler kullanılarak MATLAB programının fuzzy logic toolbox modülünde Tablo 4.7’de sunulan kurallar ve algoritma dizini oluşturulmuştur. Algoritma dizininde güvenilirlik ve hazır olma değişkenlerinin “yüksek” üyelik fonksiyonu için “B” kritiklik seviyesi ve diğer tüm algoritmalar için “A” kritiklik seviyesi tanımlanmıştır.

Tablo 4.7: Örnek çalışma için kurallar ve algoritma dizilimi

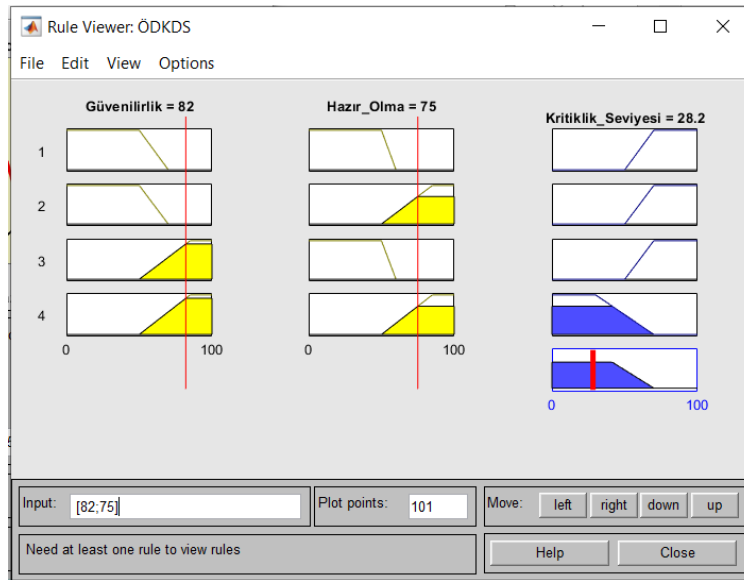
Kural Nu.	Eğer	Girdi Değişkeni	ve	Girdi Değişkeni	Çıktı
		-1- Güvenilirlik (G)		-2- Hazır Olma (H)	
1	Eğer	“G-Y”	ve	“H-Y”	B
2	Eğer	“G-Y”	ve	“H-K”	A
3	Eğer	“G-K”	ve	“H-Y”	A
4	Eğer	“G-K”	ve	“H-K”	A

Girdi değişkenlerine karşılık gelen çıktı değerinin üç boyutlu grafiği Şekil 4.7’de sunulmuştur.



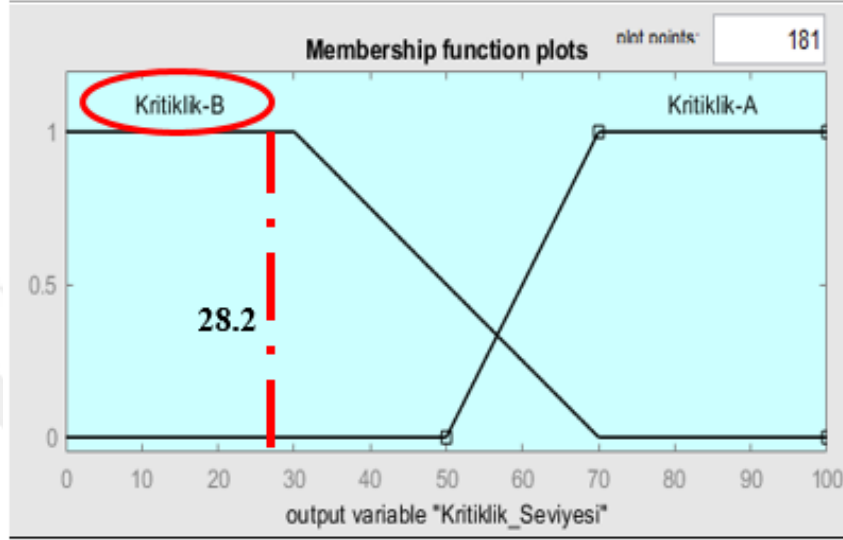
Şekil 4.7: Girdi değişkenlerine karşılık gelen çıktı değerinin üç boyutlu grafiği

Üçüncü aşamada, MATLAB programının fuzzy logic toolbox modülünün Şekil 4.8’de gösterilen Rule Viewer penceresinin “Input” bölümüne istenilen “güvenilirlik” ve “hazır olma” değerleri girilerek oluşturulan bulanık mantık tabanlı karar destek sistemi çalıştırılmıştır. Örnek çalışmada, güvenilirlik değişkeni için 82 ve hazır olma değişkeni için 75 değerleri girilerek analiz yapılmıştır. Kritiklik seviyesi olarak 28.2 değeri hesaplanmıştır. Ayrıca MATLAB programının fuzzy logic toolbox modülünün Rule Viewer penceresinde, oluşturulan kural tabanına göre yapılan işlemlerin grafiksel görselleri oluşturulabilmektedir.



Şekil 4.8: MATLAB fuzzy logic toolbox modülünün rule viewer penceresi

Son aşamada, Şekil 4.9'deki çıktı değişkeni üyelik fonksiyonu kullanılarak, % 28.2 olarak hesaplanan kritiklik puanına denk gelen "B" kritiklik seviyesi bulunmuştur. Bu aşamadan sonra, "B" kritiklik seviyesi için tanımlanan karar alternatifleri uygulanabilir.



Şekil 4.9: Kritiklik seviyesinin, çıktı değişkeni grafiği üzerinde gösterimi

4.2 Araştırmanın Varsayımları ve Sınırlılıkları

4.2.1 Çalışmanın Varsayımları

Çalışmanın planlanması ve yürütülmesi sürecinde aşağıdaki varsayımlardan hareket edilmiştir.

1. ÖDKDS için girdi değişkenleri olarak kullanılan ARI İHA'ların LDA sonuçlarının geçerli ve güvenilir olduğu varsayılmaktadır.
2. Bulanık Kural Tabanının oluşturulması için seçilen uzman personelin evreni temsil edebilecek nitelik ve nicelikte olduğu varsayılmaktadır.
3. Bulanık Kural Tabanının oluşturulmasında görüşme yapılan katılımcıların, soruları objektif ve samimi bir şekilde yanıtladığı varsayılmaktadır.
4. Çalışma kapsamında geliştirilen ÖDKDS uygulaması için jenerik olarak geliştirilen İHA'lar için tanımlanan tasarım ve LDA verilerinin gerçeğe uygun ve çalışma için yeterli olduğu varsayılmaktadır.

4.2.2 Çalışmanın Sınırlılıkları

Çalışma sürecinde kabul edilen sınırlılıklar aşağıdaki başlıklar altında ifade edilmiştir.

1. Çalışma kapsamında geliştirilen ÖDKDS uygulamasında kullanılan veriler, jenerik olarak oluşturulan İHA'lar için tanımlanan tasarım ve LDA verileri ile sınırlıdır.
2. ÖDKDS kapsamında oluşturulan Bulanık Kural Tabanının etkinliği alanında uzman kişilerin görüşleri ile sınırlıdır.

Evren ve Örneklem

Ömür Devri Karar Destek Sistemi, literatür taramasında elde edilen veriler, uzman görüşleri ve jenerik olarak oluşturulan ARI İHA'ların tasarım ve LDA verileri kullanılarak geliştirilmiştir.

ÖDKDS'nin girdi ve çıktı değişkenleri üyelik fonksiyonlarının sayısal değerlerinin belirlenmesinde ve bu değişkenler ve üyelik fonksiyonları kullanılarak oluşturulan kural dizinlerinin kritiklik değerleri çıktılarının tespit edilmesinde Delphi yöntemi kullanılarak uzman personel görüşlerinden faydalanılmıştır.

Delphi yönteminde, uzman grubun (katılımcı) büyüklüğü ile ilgili farklı görüşler bulunmaktadır. Rowe ve Wright (1999) tarafından yapılan çalışmada, Delphi yöntemi kullanılan çalışmalardaki uzman/katılımcı grubu büyüklüğü ile ilgili yaklaşık 27 tane çalışma derlenmiştir. Bu çalışmalarda en düşük 3, en fazla 59 katılımcının olduğu, yoğunluklu olarak 5-20 arasında katılımcı kullanıldığı belirtilmektedir. Katılımcılar ile görüşme tekrarının ise ortalama 2-4 arasında yapıldığı görülmektedir.

Bu kapsamda; araştırmanın evreni olarak yurt içerisinde kamu ve özel sektörde lojistik destek alanında çalışanlar ve örnekleme olarak ise yine yurt içerisinde kamu ve özel sektörde lojistik destek alanında çalışan ve bu konuda bilgili ve tecrübeli olduğu değerlendirilen 30 uzman personel kabul edilmiştir.

Araştırmanın örneklemini oluşturacak personelin seçiminde, lojistik destek alanında tecrübeli olduğu değerlendirilen dört kişinin görüşlerinden faydalanılmıştır. Uzman personel ile yüz yüze görüşmeler yapılarak araştırma grubuna seçilecek personelde bulunması gereken Tablo 4.8'deki nitelikler belirlenmiştir. Uzman görüşleri ile belirlenen bu niteliklere uygun 30 kişi seçilmiştir.

Tablo 4.8: Araştırma grubu belirleme kriterleri

Kriterler		Miktarı
Sektör	Kamu	14
	Özel Sektör	16
Uzmanlık Alanı	Entegre lojistik destek	11
	Bakım	12
	Tedarik	4
	Üretim	3
Mesleki Kıdem	5 yıl ve üzeri	30

4.3 Veri Toplama Teknik ve Araçları

Bu çalışma kapsamında geliştirilen ÖDKDS girdi de ve çıktı değişkenlerine ait üyelik fonksiyonlarının dilsel geçişkenlerine karşılık gelebilecek muhtemel sayısal değerlerinin belirlenmesinde ve ÖDKDS kural tabanının oluşturulmasında uzman görüşlerinden faydalanılmıştır.

Bu çalışmada veri toplama aracı olarak; uzman görüşlerinin anketler vasıtasıyla elde edilmesinde ve bunların düzenlenmesinde kullanılan Delphi tekniği/metodu (Dalkey, 1969) seçilmiştir.

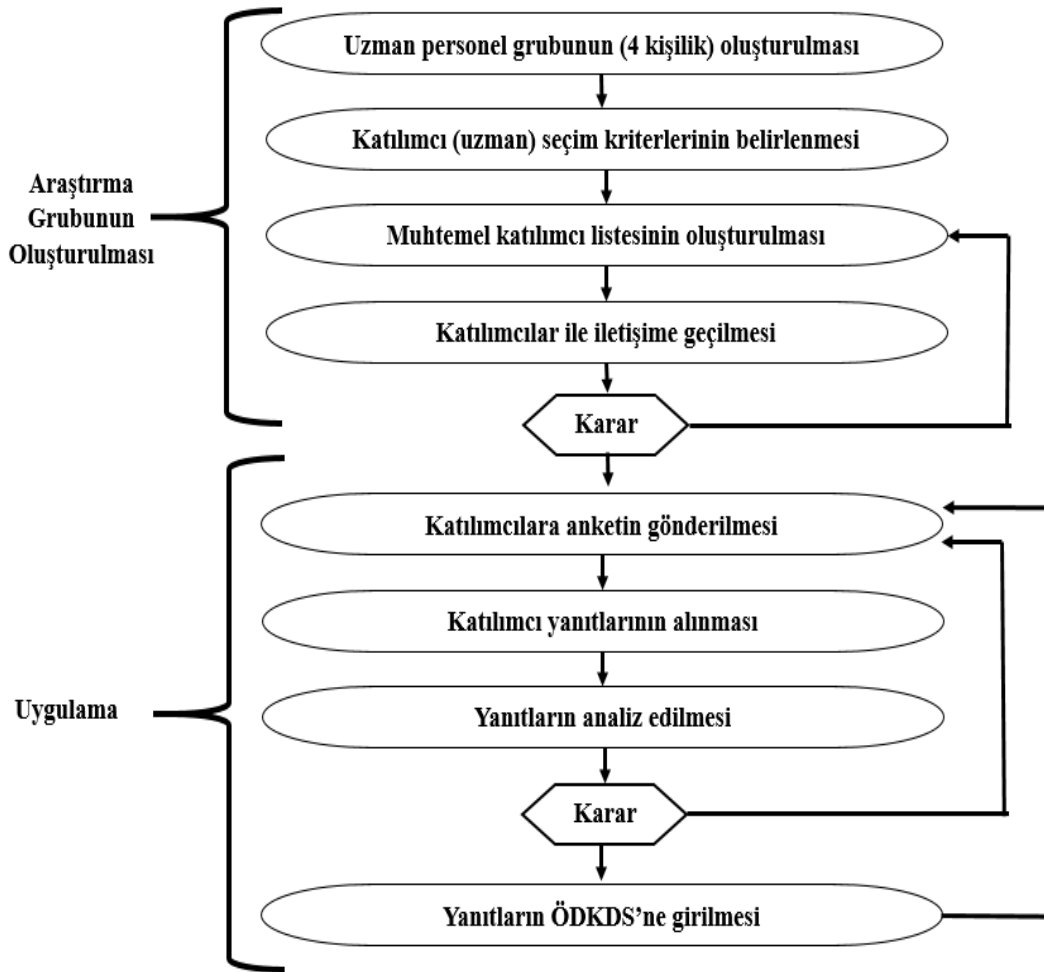
Delphi tekniğinde, uzmanlar belirli bir konu hakkında fikir birliği sağlanana kadar değişik iletişim yollarıyla bilgi, beceri, uzmanlık ve fikirlerini paylaşırlar. Delphi tekniğinde katılımcılara ardışık anketler uygulanarak süreç ilerletilir (Dalkey, 1969; Hsu ve Sandford, 2007; Davidson, 2013; Howard, 2018).

Dalkey (1969) Delphi anket turları sonucunda katılımcılardan elde edilen verilerin standart sapmasının ve ortalamasının, grup cevaplarının ortalama doğruluğu için geçerli bir gösterge olduğunu ifade etmektedir.

Tüm Delphi uygulamalarının temeli Dalkey (1969) tarafından geliştirilen Klasik Delphi türüne dayansada, kullanım amacı ve uygulanış biçimine göre Delphi tekniği, klasik Delphi tekniği, politika Delphi, değiştirilmiş Delphi, gerçek zamanlı Delphi, karar Delphi, e-Delphi, ayrıştırıcı Delphi ve teknolojik Delphi gibi çeşitli türlere ayrılmıştır (Davidson, 2013; Yakar, 2019).

Bu çalışmada, veri toplama yöntemi olarak Değiştirilmiş Delphi tekniği kullanılmıştır. Davidson (2013) göre Değiştirilmiş Delphi tekniğinde, ilk turda yüz yüze görüşmeler yapılarak veya odak grup belirlenerek süreç başlatılır ve devamında anket turları ile veri toplama faaliyetine devam edilir.

Bu çalışmada, Değiştirilmiş Delphi yöntemi kullanılarak Şekil 4.10'da gösterildiği üzere iki aşamada veri toplama işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.10: Delphi tekniği uygulama adımları

İlk aşamada; katılımcıları (alan uzmanlarını) seçmek için dört kişiden oluşan bir uzman grubu ile görüşmeler yapılarak araştırma grubunun seçilmesinde kullanılacak Tablo 3.8'deki kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler kullanılarak kamuda ve özel sektörde lojistik destek alanında çalışan ve alanında tecrübeli olduğu değerlendirilen kişilerle iletişime geçilerek 30 personel seçilmiştir. Araştırma grubunu oluşturan kişilerden bazıları ile yüz yüze, bazıları ile de değişik iletişim araçları ile görüşmeler yapılarak Delphi uygulama süreci başlatılmıştır. Oluşturulan muhtemel katılımcı listesindeki kişilere ulaşılamaması durumunda, sürecin başına dönülerek katılımcı listesi güncellenmiştir.

Veri toplamak amacıyla, literatür taramasından elde edilen bilgiler ve 4 kişiden oluşan uzman grubun görüşlerinden faydalanılarak bir anket hazırlanmıştır. Anketde yer alan faktörlerin seçimi ile ilgili açıklayıcı bilgiler bölüm 4.1'de detaylı olarak verilmiştir.

İkinci aşamada, önceden belirlenen katılımcılara dört kişilik uzman grubu ile birlikte hazırlanan Delphi anketi gönderilmiştir. Anketin ilk kısmında anket ile ilgili genel açıklamalar, ikinci kısmında katılımcıların kişisel bilgilerini belirtebilecekleri bölümler ve son kısmında ise doldurmaları talep edilen üç adet tablo yer almaktadır. Araştırmanın bu turunda katılımcıların dönüş (anketin cevaplanma) oranı %83 olarak gerçekleşmiştir. Anketin yanında, katılımcıların birçoğu ile çevrimiçi tekniklerle karşılıklı görüşmeler yapılarak kararsız kalınan konularda görüş alış verişinde bulunulmuştur.

İlk tur sonucunda katılımcılardan alınan verilere göre güncellenen EK-A'daki Delphi anketi ilk turda dönüş yapan katılımcılara tekrar gönderilmiştir. Araştırmanın bu turunda anketlerin %88'i cevaplandırılmıştır. İlk turda olduğu gibi bu turda da, uzlaşmaya varılamayan maddeler için katılımcılar ile çevrimiçi tekniklerle karşılıklı görüşmeler yapılmış, katılımcıların nihai kararları sorulmuş ve bu konularda yorumları alınmıştır. Böylelikle tutarlı verinin alınması sağlanmış ve veri kaybının önüne geçilmiştir. Delphi yöntemi kullanılarak yapılan veri toplama süreci ile ilgili frekanslar Tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.9: Delphi yöntemi kullanarak veri toplama süreci detayları

	Birinci Tur	İkinci Tur
Gönderilen Anket Sayısı	30	25
Cevaplanan Anket Sayısı	25	22
Cevaplama Oranı	%83	%88
Veri Toplama Aracı	Delphi Anketi (1. tur)	Delphi Anketi (2. Tur)
Toplanan Veriler-1	ÖDKDS girdi de ve çıktı değişkenlerine ait üyelik fonksiyonlarının dilsel geçişkenlerine karşılık gelebilecek muhtemel nicel değerler elde edilmiştir.	
Toplanan Veriler-2	ÖDKDS kural algoritmasına karşılık gelen kritiklik seviyeleri belirlenmiştir.	

4.4 Verilerin Analizi

Bu bölümde, çalışma kapsamında toplanan verilerin analiz süreci ve analizde kullanılan yöntemler açıklanmıştır.

Bu çalışma kapsamında alan uzmanlarından toplanan veriler; Delphi turları arasında geri beslemeyi sağlamak ve katılımcılar arasında fikir birliğinin sağlanıp, sağlanmadığını kontrol etmek amacıyla (Şahin, 2010) toplanan bazı verilerin analizleri yapılmıştır.

Çalışma kapsamında, karar destek sisteminin oluşturulmasına yönelik alan uzmanlarından iki farklı veri toplanmıştır. Bu verilerden ilki, Tablo 4.10 ve Tablo 4.11’de örnek olarak gösterilen karar destek sistemi girdi ve çıktı değişkenlerine ait üyelik fonksiyonlarının dilsel ifadelerine karşılık gelen sayısal değerleridir. Katılımcılardan kesin bir değer talep edilmemiş olup iki değer aralığını yazmaları talep edilmiştir. Örneğin, İHA’nın güvenilirlik değerinin “normal” olarak ifade edilmesi için güvenilirlik değeri oranının hangi değerler arasında olması gerektiğini belirtmesi istenmiştir. Aşağıda sunulan örnek tabloda görüldüğü üzere güvenilirlik ve hazır olma değişkenlerinin üyelik fonksiyonları için her bir alan uzmanı farklı sayısal değerler girmişlerdir. Katılımcıların aynı konuda farklı fikir beyan etmeleri nedeniyle, bu çalışmada “Bulanık Mantık” yöntemi kullanılarak karar destek sistemi

oluşturulmuştur. Her bir üyelik fonksiyonu için belirtilen sayısal değerlerin en düşük ve en yüksek değerleri kullanılarak üyelik fonksiyonlarının sınırları belirlenmiştir. Bu nedenle, elde edilen bu veriler için fikir birliğinin sağlanıp sağlanmadığına yönelik herhangi bir analiz yapılmamıştır. Oluşturulan karar destek sisteminin farklı örgütlerce kullanılması durumunda, bu değerler ilgili örgütün amacına ve sahip olduğu lojistik altyapısına göre güncellenmesi gerekmektedir.

Tablo 4.10: Girdi değişkenleri üyelik fonksiyonlarının dilsel ve sayısal örnek gösterimi

Katılımcılar	Girdi Değişkenleri					
	Güvenilirlik			Hazır olma		
	Kötü	Normal	İyi	Kötü	Normal	İyi
Katılımcı-1	%55 altı	%55-%80 arası	%80 üzeri	%60 altı	%60-%85 arası	%85 üzeri
Katılımcı-2	%50 altı	%50-%70 arası	%70 üzeri	%60 altı	%60-%80 arası	%80 üzeri
Katılımcı-3	%50 altı	%50-%75 arası	%75 üzeri	%55 altı	%55-%80 arası	%80 üzeri

Tablo 4.11: Çıktı değişkeni üyelik fonksiyonlarının dilsel ve sayısal örnek gösterimi

Katılımcılar	Çıktı Değişkenleri			
	Kriter-1	Kriter-2	Kriter-3	Kriter-4
	Kritiklik Seviyesi "D"	Kritiklik Seviyesi "C"	Kritiklik Seviyesi "B"	Kritiklik Seviyesi "A"
Katılımcı-1	%17 altı	%17-%30 arası	%30-%40 arası	%40 üzeri
Katılımcı-2	%15 altı	%15-%25 arası	%25-%50 arası	%50 üzeri
Katılımcı-3	%20 altı	%20-%30 arası	%30-%55 arası	%55 üzeri

Alan uzmanlarından toplanan ikinci veri ise, Tablo 4.12’de örnek olarak gösterilen kural tabanı dizilimlerine karşılık gelebilecek kritiklik seviyesinin belirlenmesidir. Katılımcılardan, üyelik fonksiyonlarının dilsel ifadelerine göre oluşturulmuş 81 adet

kural dizinin karşısına “A” veya “B” veya “C” veya “D” kritiklik seviyelerinden birini yazmaları istenmiştir. En yüksek kritiklik değeri “A” ve en düşük kritiklik değeri ise “D” olarak belirtilmiştir.

Tablo 4.12: Kural tabanı dizilimleri ve kritiklik değerleri örnek gösterimi

Kural Nu.	Eğer	Girdi Değişkeni-1	ve	Girdi Değişkeni	ve	Girdi Değişkeni	ve	Girdi Değişkeni	Çıktı
		-1-		-2-		-3-		-4-	
		Güvenilirlik (G)		Hazır Olma (H)		Ömür Devri Süresi (Ö)		Yıllık Ömür Devri Maliyeti (M)	Kritiklik Seviyesi
1	Eğer	“G-K”	ve	“H-K”	ve	“Ö-Y”	ve	“M-D”	?
42	Eğer	“G-N”	ve	“H-N”	ve	“Ö-O”	ve	“M-Y”	?
43	Eğer	“G-N”	ve	“H-N”	ve	“Ö-E”	ve	“M-D”	?
80	Eğer	“G-İ”	ve	“H-İ”	ve	“Ö-E”	ve	“M-N”	?

Gİ=Güvenilirlik İyi Hİ=Hazır Olma İyi ÖY=Ömür Devri Yeni MD=Maliyet Düşük
GN=Güvenilirlik Normal HN=Hazır Olma Normal ÖO=Ömür devri Orta MN=Maliyet Normal
GK=Güvenilirlik Kötü HK=Hazır Olma Kötü ÖE=Ömür Devri Eski MY=Maliyet Yüksek

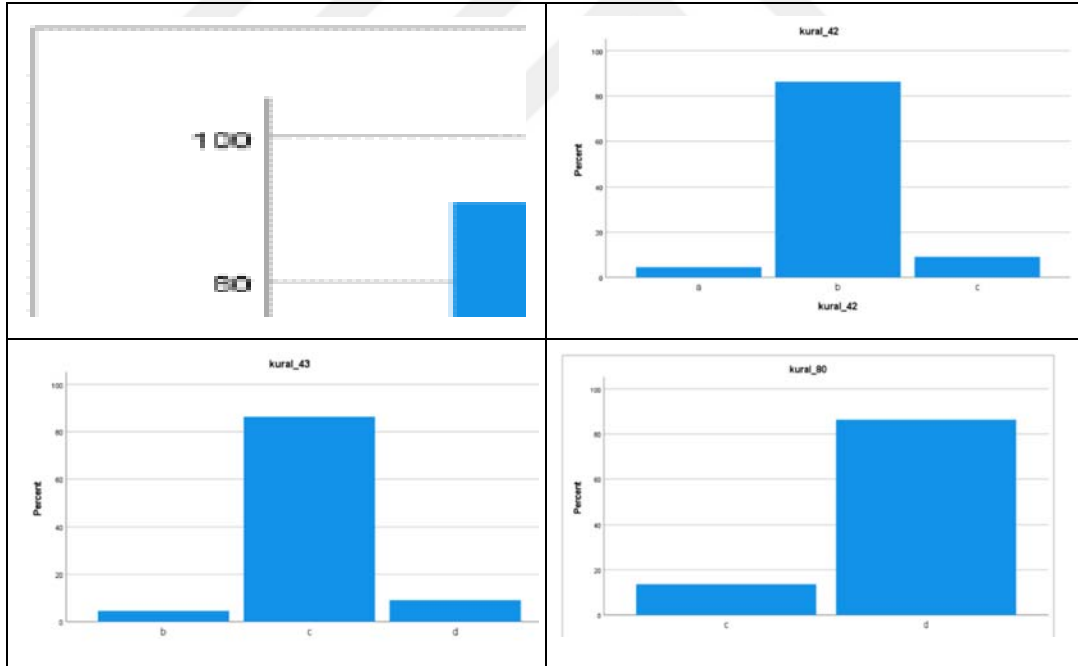
Delphi çalışmalarında, katılımcıların genel yargılarını belirlemek için merkezi eğilim (ortalama, medyan ve mod) ve merkezi dağılım ölçüleri (standart sapma, çeyrekler arası aralık) istatistikleri kullanılmaktadır (Gordon, 1994; Şahin A. E., 2010). Delphi anket turları sonucunda alan uzmanlarından elde edilen verilerin standart sapmasının ve ortalamasının, grup cevaplarının ortalama doğruluğu için geçerli bir göstergesidir (Dalkey, 1969).

Bu kapsamda, alan uzmanlarının kritiklik seviyesi seçimleri ile ilgili veriler SPSS-22 programı kullanılarak analiz yapılmıştır. Tablo 4.12’de verilen örnek kural dizinleri için elde edilen verilerin SPSS-22 betimsel analiz çıktısı Şekil 4.11’de, grafiksel gösterimi Şekil 4.12’de sunulmuştur.

Statistics					
		kural_1	kural_42	kural_43	kural_80
N	Valid	22	22	22	22
	Missing	0	0	0	0
Mean		1,0909	2,0455	3,0455	3,8636
Std. Deviation		,29424	,37509	,37509	,35125

Şekil 4.11: Kritiklik seviyesinin belirlenmesine yönelik örnek analiz istatistik çıktısı

Standart sapmaların düşük olmasından dolayı, alan uzmanları arasında fikir birliği olduğu söylenebilir. Kritiklik değerleri SPSS-22 programına “A”=1, “B”=2, “C”=3 ve “D”=4 şeklinde girildiğinden, Şekil 4.10’da verilen ortalama değerler, ilgili kural dizinlerine karşılık gelen kritiklik değerlerini ifade etmektedir.



Şekil 4.12: Kritiklik seviyesinin belirlenmesine yönelik örnek analiz grafik çıktısı

Kritiklik seviyesi seçimine yönelik alan uzmanlarından elde edilen verilerin analizi sonucunda elde edilen ortalama değerler, karar destek sistemi kural tabanının oluşturulmasında kullanılmıştır.

4.5 Veri Tutarlılığının Sağlanması

ÖDKDS oluşturulmasına yönelik yapılan bu çalışmada ihtiyaç duyulan veriler alanında uzman kişilerden, Delphi tekniği kullanılarak toplanmıştır. Bu çalışma kapsamında herhangi bir hazır ölçek kullanılmamış ve ölçek geliştirilmemiştir. Bu nedenle ölçek geçerliliği ve güvenilirliği ile ilgili analizler yapılmamıştır. Ancak toplanan verilerin tutarlılığını arttırmak için aşağıdaki faaliyetler gerçekleştirilmiştir.

Paykoç ve Ok (1990) Delphi çalışmalarının kapsam geçerliliğinin, detaylı literatür taramasına ve alan uzmanlarının görüşlerine dayandırılabilirliğini ifade etmektedirler. Bu kapsamda, araştırmada veri tutarlılığının sağlanması için sürece başlamadan önce detaylı literatür taraması yapılarak, karar destek sistemi girdi ve çıktı değişkenleri ve bunların üyelik fonksiyonlarının muhtemel dilsel ifadeleri ile alabilecekleri sayısal değerleri araştırılmıştır. Alan yazın taramasına eş güdümlü olarak süreç boyunca alan uzmanlarının görüşleri alınarak değerlendirilmiştir.

Delphi araştırmalarının geçerliliği, çalışma sürecinde görüşlerine başvuru alan uzman personelin seçimi ile doğrudan ilişkilidir (Fish & Busby, 2005). ÖDKDS'nin içeriği, alan uzmanlarının görüşleri doğrultusunda şekilleneceğinden, araştırmanın konusu ile doğrudan ilişkili alan uzmanlarının seçimi önem arz etmektedir. Bu kapsamda, alan uzmanlarının seçimine yönelik kriterlerin hazırlanması için 4 kişilik uzman grubu oluşturulmuştur. Uzman grubu ile yüz yüze görüşmeler yapılarak Tablo 4.8'de sunulan katılımcı (alan uzmanı) seçim kriterleri (ölçütleri) tablosu oluşturulmuştur. Araştırmaya katılacak alan uzmanları bu tabloya göre belirlenmiştir. Delphi turları sonucunda elde edilen veriler 4 kişilik uzman grubu ile birlikte değerlendirilerek veriler arasında tutarlılık sağlanmaya çalışılmıştır.

4.6 ÖDKDS'nin Doğrulanması

Bu çalışma kapsamında oluşturulan ÖDKDS'nin gerçek dünyada uygulanabilirliğine yönelik geçerlilik analizi yapılmıştır.

Jenerik olarak oluşturulan ARI-İHA'ların 2019 yılı LDA sonuçlarına göre alınabilecek muhtemel bakım kararlarının neler olabileceği uzman personele

sorulmuştur. Uzman personelden alınan cevaplar ile ÖDKDS çıktıları karşılaştırılmıştır. ÖDKDS'nin geçerliliği ile ilgili yapılan çalışma dördüncü bölümde detaylı olarak açıklanmıştır.

Yapılan literatür araştırmasında ömür devri karar destek sistemini doğrudan konu alan bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada literatürdeki bu boşluğu dolduracak ve alandaki paydaşlara karar alma sürecinde destek sağlayacak bir karar destek sistemini geliştirmek amaçlanmıştır. Bu kapsamda, bu bölümde bulanık mantık yöntemi kullanılarak özgün bir model geliştirilmiştir. Modelin oluşturulmasında sistem ömür devri safhaları bütüncül ele alınmış ve bu süreçlere ait parametreler, değişkenler ve kısıtlar arasında ilişkiler kurulmaya çalışılmıştır. Bu açıdan hazırlanan tezin özgün bir çalışma niteliğinde olabileceği değerlendirilmektedir.

Bunun yanında çalışmada kullanılan veri toplama yöntemi çalışmanın varsayımları ile sınırlılıkları, çalışmanın evreni ve örnekleme, verilerin toplanması, verilerin analizi, çalışmanın doğrulanması gibi konular da detaylı şekilde açıklanmıştır.

Müteakip bölümde ise dördüncü bölümde geliştirilen model ve sistematik doğrultusunda, ARI-İHA'ların saha verileri kullanılarak MATLAB fuzzy logic toolbox programında uygulama yapılmıştır.



BÖLÜM 5

ÖDKDS OLUŞTURMA VE İHA UYGULAMASI

Dörüncü bölümde geliştirilen model ve sistematik doğrultusunda bu bölümde bir saha çalışması yapılmıştır. Çalışmada, jenerik olarak oluşturulan ARI-İHA'ların saha verileri kullanılarak MATLAB fuzzy logic toolbox programında uygulama yapılmıştır.

Bu kapsamda ilk olarak karar destek sisteminin oluşturulmasında kullanılacak jenerik ARI-İHA ve saha verileri oluşturulmuştur. Müteakibinde bulanık mantık tabanlı karar destek sisteminin geliştirilmesi için ihtiyaç duyulan veriler, Delphi tekniği kullanılarak alan uzmanlarından toplanmıştır. Elde edilen veriler MATLAB fuzzy logic toolbox programına girilerek karar destek sistemi oluşturulmuştur. ARI-İHA saha verileri, oluşturulan ÖDKDS'ne girilerek uygulama yapılmıştır. Nihai olarak ise oluşturulan ÖDKDS'nin gerçek dünyada kullanılabilirliğinin yani geçerliliğinin doğrulanması yapılmıştır.

5.1 Jenerik İHA Tasarımı

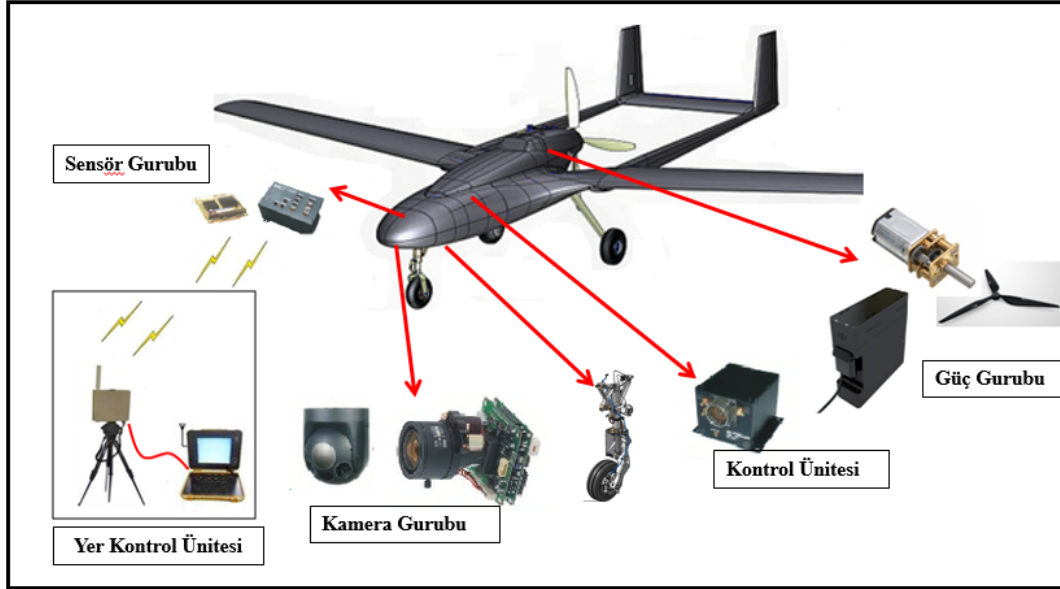
KDS veri tabanına girdi olacak verilerin oluşturulmasına yönelik aşağıdaki çalışmalar yapılmıştır.

- Jenerik bir İHA filosu oluşturulmuştur.
- Jenerik İHA'ların saha verileri kullanılarak hesaplanan “Güvenilirlik”, “Hazır Olma”, “Ömür Devri Süresi” ve “Ömür Devri Maliyeti” tanımlanmış ve ÖDKDS'ne girdi verisi olarak kullanılmıştır.

5.1.1. ARI İnsansız Hava Aracı (İHA) Tanıtımı

Bu bölümde, ÖDKDS'nin geliştirilmesinde kullanılacak İnsansız Hava Aracının teknik özellikleri, görev profili, bazı tasarım verileri ile lojistik destek saha verileri

tanımlanmıştır. Bu amaçla görseli Şekil 5.1’de sunulan ARI adında jenerik bir İHA oluşturulmuştur.



Şekil 5.1: ARI İHA ve parçalarının görüntüsü

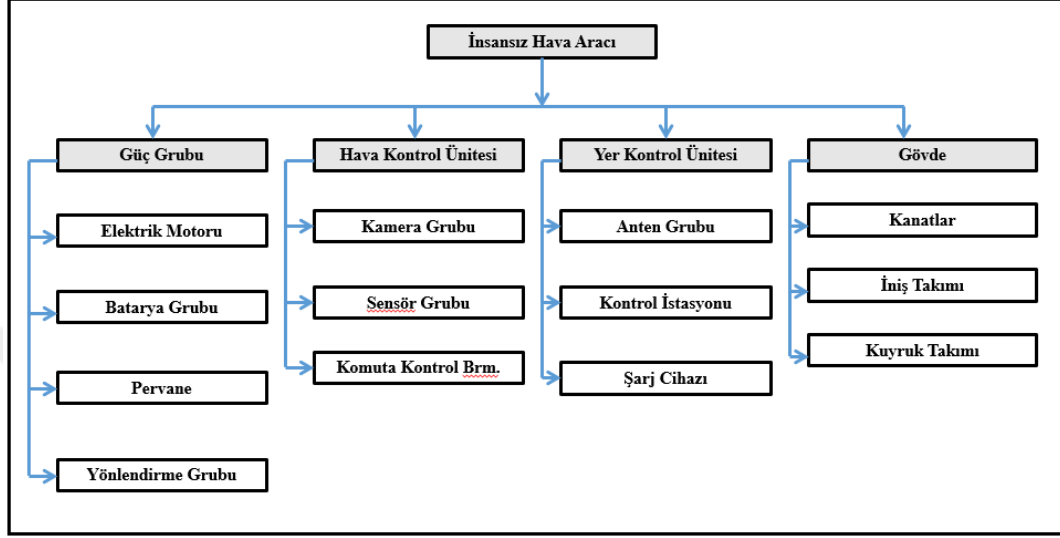
ARI İHA'lar keşif ve gözetleme operasyonları için tasarlanmıştır. Bu tezde kullanılan ARI İHA'lar petrol ve doğal gaz boru hatlarının gözetlenmesi, korunması ve muhtemel operasyonların sevk ve idaresini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Belirli mesafede ve yükseklikte uçarak; gündüz kamerası, gece görüş IR kamera, LiDAR (Light Detection and Ranging) ve Multi-Spectral gibi sensör sistemleri ile veri toplayıp, muharebe tertibatları vasıtasıyla anlık olarak yer istasyonuna bilgi göndermektedir. ARI İHA'nın temel teknik özellikleri Tablo 5.1’de sunulmuştur. ARI İHA çift kanatlı ve çift kuyruklu itme tipli konfigürasyona sahiptir.

Tablo 5.1: ARI İHA'nın teknik özellikleri

Maksimum kalkış ağırlığı	120 kg.
Maksimum faydalı yük ağırlığı	30 kg.
Motor gücü	21 HP (Elektrikli)
Maksimum irtifa (seyir yüksekliği)	3.000 m.
Maksimum hızı (deniz seviyesi)	85 m/s.
Maksimum havada kalma süresi	4-5 saat
Kanat açıklığı	5 m.
Toplam uzunluk	3.5 m.

ARI İHA, Tablo 5.2’de gösterildiği üzere Güç Grubu, Hava Kontrol Ünitesi, yer kontrol ünitesi ve gövde olmak üzere 4 temel bileşenden oluşmaktadır.

Tablo 5.2: ARI İHA alt parça listesi



5.1.2 ARI İHA’ların Görev Profili

ARI İHA’lar ile petrol ve doğal gaz boru hatınının 450 km uzunluğundaki bölümü üzerinde uçuş yapılarak gözetleme yapılmaktadır. Boru hatlarına yönelik başlıba tehditler aşağıda sunulmuştur;

- Terörist saldırıları,
- Petrol hırsızlığı,
- Kasti olmayan kazı çalışması ve boru üzerinden ağır araç geçirilmesi,
- Doğal tehditler (toprak göçmesi, heyelan vb.),
- Çürüme ve paslanmaya bağlı petrol sızıntısı vb.

Petrol ve doğal gaz boru hatlarının korunması için karakol noktaları, karakol devriye hatları, erken uyarı istemleri gibi değişik önlemler alınmıştır. Ancak terörist gruplar, güvenlik güçlerinin alışkanlıklarını, çalışma prosedürleri ile çalışma takvimlerini izleyip faaliyetlerini buna göre gerçekleştirmektedirler. Teröristler tarafından gözlem altında bulunmayan güzergahlar tercih edilmekte ve coğrafi olarak insan geçişinin zor olduğu geçiş yolları da bu amaçla kullanılmaktadır. Ayrıca kar, yağmur, don,

aşırı sıcak gibi meteorolojik olaylarda güvenlik güçlerinin faaliyetlerini kısıtlamaktadır. Boru hattı boyunca aynı güvenlik seviyesinde korunması için araçlarla devriye gezilmesi de kaynak kullanımını açısından maliyet etkin değildir.

Boru hattına yönelik kasti ve kasti olmayan saldırıları ve tehditleri erkenden tespit etmek amacıyla, gelişmiş sensörler ve kamera sistemleri ile donatılmış İHA gibi havadan sürekli gözetleme yapan sistemler kullanılmaktadır. İHA ile yapılan erken tespit ve teşhis güvenlik güçlerinin ve teknik personelin olaylara müdahale için gereken zaman kazandırılmaktadır. Bu sayede güvenlik personeli ve devriye sayısı asgari seviye indirilmekte ve maliyet etkinliği sağlanmaktadır.

Gündüz kamerası, gece görüş IR kamera, LiDAR (Light Detection and Ranging) ve Multi-Spectral gibi sensörlerle donatılmış ARI İHA boru hattının üzerinde uçarak gözetleme yapmaktadır. Boru hattına zarar verebilecek yönelik sabotaj, kaçak yapılaşma, izinsiz kazı, don, toprak kayması gibi tehditler, anında tespit ve teşhis edilerek yer istasyonuna anlık olarak iletilmektedir. Ayrıca ARI İHA, güvenilirlik güçleri ve teknik personel operasyonlarının sevk ve idaresinde de aktif olarak kullanılmaktadır.

ARI İHA'ların kullanılması, bakım ve idamesi dönüşümlü olarak görev yapan operatör ve teknik personel tarafından yapılmaktadır.

Boru hattı üzerinde 12 adet ARI İHA ile günlük 24 saat gözetleme yapılmaktadır. Her bir İHA günlük yaklaşık 10 saat havada kalmaktadır. ARI İHA'lar boru hattı üzerinde yaklaşık 1500-2000 m, yükseklikte uçmaktadır. Kontrol üssünde bulunan ARI İHA'lar dönüşümlü olarak kullanılmaktadır. İhtiyaç durumunda birden fazla İHA'da aynı anda kullanılmaktadır.

5.1.3 ARI İHA Tasarım Verileri

ARI İHA, bölüm 5.1.2'de tanımlanan görev profilini karşılayabilmesi amacıyla Tablo 5.3'de gösterilen özellik ve kabiliyetlerde tasarlanmış ve üretilmiştir.

Tablo 5.3: ARI İHA tasarım verileri.

Ömür devri süresi	20 yıl / 36.000 saat
Güvenilirlik değeri	0.85 ve üzeri
Hazır buluşluk değeri	0.85 ve üzeri
Ömür devri lojistik destek maliyeti	1 Milyon TL
Maksimum kalkış ağırlığı	120 kg.
Maksimum faydalı yük ağırlığı	30 kg.
Motor gücü	25 HP
Maksimumu irtifa (seyir yüksekliği)	3.000 m.
Maksimum hızı (deniz seviyesi)	85 m/s.
Maksimum havada kalma süresi	5-6 saat
Periyodik bakım aralığı	200 saat
Fabrika seviyesi bakım aralığı	5.000 saat

* ARI İHA için tanımlanan tüm bu değerler, geliştirilen ÖDKDS'nin uygulamasına yönelik jenerik olarak türetilmiştir. Herhangi bir İHA sistemi ile doğrudan ilişkisi bulunmamaktadır.

Hazır olma oranının yüksek tutulması amacıyla;

- ARI İHA'lara otomatik arıza tespit yeteneği kazandırılmış olup tüm alt parçalar test edilerek, test sonuçları yer istasyonuna iletilmektedir.
- Ayrıca teknik ekibin kullanılacağı bir test cihazı da geliştirilmiştir. İHA test cihazına bağlanarak tüm alt parçalar test edilebilmekte ve geçmiş test/arıza verilerine de ulaşılabilmektedir.
- ARI İHA'nın her parçası, sahada kolaylıkla yenisiyle değiştirilebilir şekilde modüler yapıda tasarlanmıştır.

5.1.4 ARI İHA Lojistik Destek Konsepti

ARI İHA'ların hazır olma oranını yüksek tutulması amacıyla, birlik ve üretici firma bakım kademeleri olmak üzere iki kademeli bakım sistemi oluşturulmuştur. İHA'ların bakımlarının yapılması, uçuşa hazırlanması gibi faaliyetleri yürütmesi için atölyede alanında uzman teknik personel istihdam edilmektedir. Sahada, yani İHA'ların bulunduğu hangarda kurulu bakım atölyesinde, İHA'ların çalışırılık ve hata tespit testleri yapılmaktadır. Tespit edilen arızalı ünteler, yenisiyle

değiştirilmektedir. Arızalı üniteler onarılması maksadıyla üretici firmaya gönderilmektedir. Direk değiştirme amacıyla, atölyede yeterli miktarda parça depolanmaktadır.

5.1.5 ARI İHA Lojistik Destek Saha Verileri

ARI İHA'ların kullanım ve bakım verilerinin, lojistik bilgi sistemi veri tabanına güncel olarak kaydedildiği ve bu saha verileri kullanılarak değişik Lojistik Destek Analiz (LDA) programları vasıtasıyla analizlerinin yapıldığı öngörülmektedir. Filoda bulunan 12 adet İHA'nın 2019 yılı saha verileri kullanılarak yapıldığı öngörülen LDA sonuçları Tablo 5.4'de sunulmuştur. ARI İHA'ların LDA sonuçları, oluşturulan ÖDKDS'nin geçerliliğini test edebilecek şekilde belirlenmiştir. LDA sonuçları, oluşturulan ÖDKDS'de girdi değişkenleri olarak kullanılmıştır.

Tablo 5.4: ARI İHA'ların 2019 yılı LDA sonuçları

İHA	2019 Yılı LDA Sonuçları			
	Güvenilirlik (%)	Hazır Olma (%)	Ömür Devri Süresi (yıl)	Yıllık Ömür Devri Maliyeti (TL)
ARI İHA -1	88	91	18	30
ARI İHA -2	85	70	15	49
ARI İHA -3	72	80	4	52
ARI İHA -4	72	71	14	50
ARI İHA -5	52	75	6	60
ARI İHA -6	85	68	8	60
ARI İHA -7	82	88	19	70
ARI İHA -8	92	94	5	45
ARI İHA -9	70	58	9	70
ARI İHA -10	82	88	20	50
ARI İHA -11	69	75	13	72
ARI İHA -12	87	89	3	75

5.2 İHA Uygulama Veri Setlerinin Oluşturulması

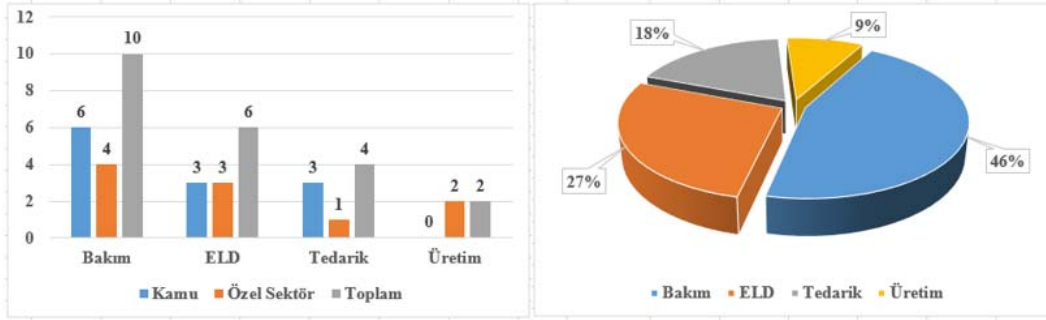
Kamu kurumları ve özel sektör firmaları için en önemli hedeflerden biri envanterlerindeki sistemlerin kritiklik seviyelerinin belirlenmesi ve buna göre sistemin ömür devri ile ilgili kararların zamanında ve maliyet etkin olarak alınmasını sağlamaktır. Sistemlerin kritiklik seviyesine göre sınıflandırılması operasyon ve bakım faaliyetleri başta olmak üzere bir çok faaliyetin başlangıç noktasıdır. Kritiklik seviyesi, stratejik hedeflere ve sistemlerden beklenen performansa bağlı olarak işletmelere göre değişiklik göstermektedir. Örneğin savunma amacıyla kullanılan bir İHA'nın güvenilirlik ve hazır olma gereksinimi, farklı amaçlarla kullanılan İHA'lardan çok daha yüksektir. Sistemlerin kritiklik seviyesinin belirlenmesi, örgütlerin faaliyet alanı ve stratejik hedefleri başta olmak üzere birçok değişkene bağlıdır. Bu değişkenler her örgüt için farklı olabileceği gibi aynı kritiklik seviyeleri değişik önem derecelerine sahip olabilmektedir. Örneğin işletme yedeği bulunan bir birimde bir İHA'nın hazır olma değerinin bir miktar düşmesi (gayri faal kalması) normal kabul edilirken, işletme yedeği olmayan bir birimde ise İHA'nın gayri faal kaldığı her dakikanın önemi artmaktadır.

ÖDKDS'nin oluşturulmasına yönelik ihtiyaç duyulan verilerin toplanması amacıyla Delphi tekniği kullanılarak, kamudan 12 kişi ve özel sektörden 10 kişi olmak üzere toplam 22 kişi ile görüşmeler yapılmıştır. Görüşme yapılan personele ilişkin frekanslar Tablo 5.5'de sunulmuştur.

Tablo 4.5: Katılımcılara ilişkin frekanslar

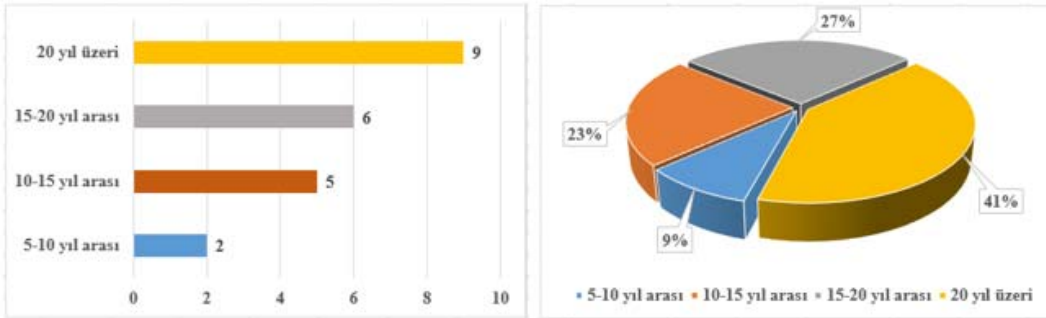
Kamu/Özel Sektör	Görev Alanı	Kişi Sayısı	Toplam	Yüzde (%)
Kamu	Bakım	6	12	
	ELD	3		
	Tedarik	3		
Özel Sektör	Bakım	4	10	
	ELD	3		
	Tedarik	1		
	Üretim	2		
Toplam			22	

Katılımcılar, dört kişilik uzman grubu ile hazırlanan seçme kriterlerine göre belirlenmiş olup, Şekil 5.2’de görüldüğü üzere yoğunluklu olarak bakım ve ELD alanında görev yapan kişilerden seçilmiştir.



Şekil 5.2: Katılımcıların çalışma alanlarına göre sayısal ve oransal dağılım grafikleri

Katılımcıların görev yaptıkları alanlarda tecrübeleri ile ilgili sayısal ve oransal dağılım Şekil 5.3’de verilmiştir. Katılımcıların büyük çoğunluğunun görev yaptıkları alanlarda 10 yıldan fazla tecrübeli oldukları görülmektedir.



Şekil 5.3: Katılımcıların çalışma yılları ile ilgili sayısal ve oransal dağılım grafikleri

ÖDKDS’nin girdi ve çıktı değişkenlerinin ve bu değişkenlerin dilsel ifadelerine karşılık gelen sayısal değerlerin belirlenmesine yönelik, katılımcılardan EK-A’da sunulan anket dokümanının doldurulması talep edilmiştir. Katılımcılardan elde edilen veriler, müteakip bölümlerdeki ilgili başlıklar altında açıklanmıştır.

5.2.1. KDS Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Bulanıklaştırılması

Uzman görüşü, savunma birimlerinin uyguladıkları bakım faaliyetleri, literatür taraması ve ARI İHA bakım senaryoları göz önüne alınarak, öncelikle ÖDKDS girdi ve çıktı değişkenleri belirlenmiştir. Girdi ve çıktı değişkenlerinin seçim kriterlerine yönelik detaylı açıklamalar dördüncü bölümde verilmiştir. Girdi değişkeni olarak; “güvenilirlik”, “hazır olma”, “ömür devri süresi” ve “ömür devri maliyeti”, çıktı değişkeni olarak “A”, “B”, “C” ve “D” kritiklik seviyeleri oluşturulmuştur.

Girdi ve çıktı dilsel değişkenlerine ait üyelik fonksiyonlarının dilsel değişkenlerine karşılık gelen sayısal değerleri uzman görüşü alınarak belirlenmiştir. Bu kapsamda, katılımcılara Ek-A'daki anket gönderilerek girdi ve çıktı değişkenlerine ait üyelik fonksiyonlarının dilsel ifadelerine karşılık gelebilecek muhtemel sayısal değerleri belirtmeleri istenmiştir. Girdi değişkenlerine yönelik katılımcıların görüşleri Tablo 4.6'da ve çıktı değişkenlerine yönelik katılımcıların görüşleri ise Tablo 4.7'de sunulmuştur. Katılımcılardan elde edilen veriler kullanılarak Tablo 5.8'deki ÖDKDS girdi değişkenleri kriter tablosu ile Tablo 4.9'da sunulan ÖDKDS çıktı değişkeni (kritiklik seviyesi) kriter tablosu oluşturulmuştur. Her bir değişkenle ilgili uzmanlardan alınan veriler müteakip bölümlerdeki ilgili başlıklar altında ayrı ayrı sunulmuştur.

Tablo 5.6: Girdi değişkenleri üyelik fonksiyonlarının sayısal değerleri ile ilgili uzman görüşleri

Katılımcılar	Girdi Değişkenleri															
	Güvenilirlik				Hazır olma				Ömür Devri Süresi				Yıllık Ömür Devri Maliyeti			
	Kötü	Normal	İyi	Kötü	Normal	İyi	Yeni	Orta	Eski	Düşük	Normal	Yüksek				
Katılımcı-1	%55 altı	%55-%80 arası	%80 üzeri	%60 altı	%60-%85 arası	%85 üzeri	5 yıl altı	5-15 yıl arası	15 yıl üzeri	40K altı	40K-55K arası	55K üzeri				
Katılımcı-2	%50 altı	%50-%70 arası	%70 üzeri	%60 altı	%60-%80 arası	%80 üzeri	7 yıl altı	7-14 yıl arası	14 yıl üzeri	30K altı	30K-60K arası	60K üzeri				
Katılımcı-3	%50 altı	%50-%75 arası	%75 üzeri	%55 altı	%55-%80 arası	%80 üzeri	6 yıl altı	6-17 yıl arası	17 yıl üzeri	40K altı	40K-55K arası	55K üzeri				
Katılımcı-4	%60 altı	%60-%80 arası	%80 üzeri	%50 altı	%50-%80 arası	%80 üzeri	5 yıl altı	5-14 yıl arası	14 yıl üzeri	20K altı	20K-50K arası	50K üzeri				
Katılımcı-5	%60 altı	%60-%85 arası	%85 üzeri	%60 altı	%60-%85 arası	%85 üzeri	6 yıl altı	6-15 yıl arası	15 yıl üzeri	30K altı	30K-55K arası	55K üzeri				
Katılımcı-6	%55 altı	%55-%75 arası	%75 üzeri	%55 altı	%55-%80 arası	%80 üzeri	5 yıl altı	5-13 yıl arası	13 yıl üzeri	40K altı	40K-60K arası	60K üzeri				
Katılımcı-7	%50 altı	%50-%78 arası	%78 üzeri	%50 altı	%50-%75 arası	%75 üzeri	6 yıl altı	6-16 yıl arası	16 yıl üzeri	40K altı	40K-60K arası	60K üzeri				
Katılımcı-8	%60 altı	%60-%82 arası	%82 üzeri	%60 altı	%60-%82 arası	%82 üzeri	7 yıl altı	7-17 yıl arası	17 yıl üzeri	35K altı	35K-60K arası	60K üzeri				
Katılımcı-9	%55 altı	%55-%85 arası	%85 üzeri	%50 altı	%50-%85 arası	%85 üzeri	6 yıl altı	6-15 yıl arası	15 yıl üzeri	38K altı	38K-55K arası	55K üzeri				
Katılımcı-10	%55 altı	%55-%85 arası	%85 üzeri	%60 altı	%60-%85 arası	%85 üzeri	7 yıl altı	7-17 yıl arası	17 yıl üzeri	20K altı	20K-50K arası	50K üzeri				

Tablo 4.6: (Devam) Girdi değişkenleri üyelik fonksiyonlarının sayısal değerleri ile ilgili uzman görüşleri

Katılımcılar	Girdi Değişkenleri															
	Güvenilirlik				Hazır olma				Ömür Devri Süresi				Yıllık Ömür Devri Maliyeti			
	Kötü	Normal	İyi		Kötü	Normal	İyi		Yeni	Orta	Eski	Düşük	Normal	Yüksek		
Katılımcı-11	%60 altı	%60-%85 arası	%85 üzeri	%60 altı	%60-%85 arası	%85 üzeri	%85 üzeri	6yıl altı	6-17 yıl arası	17 yıl üzeri	30K altı	30K-55K arası	55K üzeri			
Katılımcı-12	%60 altı	%60-%80 arası	%80 üzeri	%60 altı	%60-%80 arası	%80 üzeri	%80 üzeri	5 yıl altı	5-16 yıl arası	16 yıl üzeri	40K altı	40K-60K arası	60K üzeri			
Katılımcı-13	%50 altı	%50-%85 arası	%85 üzeri	%65 altı	%65-%85 arası	%85 üzeri	%85 üzeri	6 yıl altı	6-17 yıl arası	17 yıl üzeri	35K altı	35K-60K arası	60K üzeri			
Katılımcı-14	%60 altı	%60-%75 arası	%75 üzeri	%58 altı	%58-%85 arası	%75 üzeri	%85 üzeri	6 yıl altı	6-15 yıl arası	15 yıl üzeri	20K altı	20K-60K arası	60K üzeri			
Katılımcı-15	%50 altı	%50-%70 arası	%70 üzeri	%55 altı	%55-%70 arası	%70 üzeri	%70 üzeri	5 yıl altı	5-17 yıl arası	17 yıl üzeri	25K altı	25K-55K arası	55K üzeri			
Katılımcı-16	%60 altı	%60-%80 arası	%80 üzeri	%50 altı	%50-%80 arası	%80 üzeri	%80 üzeri	7 yıl altı	7-15 yıl arası	15 yıl üzeri	40K altı	40K-50K arası	50K üzeri			
Katılımcı-17	%60 altı	%60-%85 arası	%85 üzeri	%60 altı	%60-%85 arası	%85 üzeri	%85 üzeri	7 yıl altı	7-15 yıl arası	15 yıl üzeri	20K altı	20K-50K arası	50K üzeri			
Katılımcı-18	%60 altı	%60-%85 arası	%85 üzeri	%60 altı	%60-%85 arası	%85 üzeri	%85 üzeri	5 yıl altı	5-15 yıl arası	15 yıl üzeri	38K altı	38K-60K arası	60K üzeri			
Katılımcı-19	%50 altı	%50-%75 arası	%75 üzeri	%60 altı	%60-%85 arası	%75 üzeri	%85 üzeri	7 yıl altı	7-16 yıl arası	16 yıl üzeri	40K altı	40K-60K arası	60K üzeri			
Katılımcı-20	%55 altı	%55-%80 arası	%80 üzeri	%60 altı	%60-%80 arası	%80 üzeri	%80 üzeri	5 yıl altı	5-15 yıl arası	15 yıl üzeri	40K altı	40K-55K arası	55K üzeri			
Katılımcı-21	%50 altı	%50-%75 arası	%75 üzeri	%50 altı	%50-%75 arası	%75 üzeri	%75 üzeri	7 yıl altı	7-15 yıl arası	15 yıl üzeri	30K altı	30K-60K arası	60K üzeri			
Katılımcı-22	%60 altı	%60-%80 arası	%80 üzeri	%70 altı	%70-%85 arası	%80 üzeri	%85 üzeri	5 yıl altı	5-16 yıl arası	16 yıl üzeri	35K altı	35K-55K arası	55K üzeri			

Tablo 5.7: Çıktı değişkenleri üyelik fonksiyonlarının sayısal değerleri ile ilgili uzman görüşleri

Katılımcılar	Çıktı Değişkenleri				Katılımcılar	Çıktı Değişkenleri			
	Kriter-1 Kritiklik Seviyesi "D"	Kriter-2 Kritiklik Seviyesi "C"	Kriter-3 Kritiklik Seviyesi "B"	Kriter-4 Kritiklik Seviyesi "A"		Kriter-1 Kritiklik Seviyesi "D"	Kriter-2 Kritiklik Seviyesi "C"	Kriter-3 Kritiklik Seviyesi "B"	Kriter-4 Kritiklik Seviyesi "A"
Katılımcı-1	%17 altı	%17-%30 arası	%30-40 arası	%40 üzeri	Katılımcı-12	%17 altı	%17-%25 arası	%25-%50 arası	%50 üzeri
Katılımcı-2	%15 altı	%15-%25 arası	%25-%50 arası	%50 üzeri	Katılımcı-13	%18 altı	%18-%28 arası	%28-%45 arası	%45 üzeri
Katılımcı-3	%20 altı	%20-%30 arası	%30-%55 arası	%55 üzeri	Katılımcı-14	%15 altı	%15-%20 arası	%20-%50 arası	%50 üzeri
Katılımcı-4	%15 altı	%15-%25 arası	%25-%45 arası	%45 üzeri	Katılımcı-15	%20 altı	%20-%30 arası	%30-%40 arası	%40 üzeri
Katılımcı-5	%17 altı	%17-%28 arası	%28-%45 arası	%45 üzeri	Katılımcı-16	%20 altı	%20-%30 arası	%30-%45 arası	%45 üzeri
Katılımcı-6	%10 altı	%10-%25 arası	%25-%50 arası	%50 üzeri	Katılımcı-17	%10 altı	%10-%25 arası	%25-%50 arası	%50 üzeri
Katılımcı-7	%18 altı	%18-%30 arası	%30-%45 arası	%45 üzeri	Katılımcı-18	%20 altı	%20-%30 arası	%30-%55 arası	%55 üzeri
Katılımcı-8	%20 altı	%20-%30 arası	%30-%60 arası	%60 üzeri	Katılımcı-19	%20 altı	%20-%30 arası	%30-%60 arası	%60 üzeri
Katılımcı-9	%20 altı	%20-%30 arası	%30-%60 arası	%60 üzeri	Katılımcı-20	%12 altı	%12-%25 arası	%25-%55 arası	%55 üzeri
Katılımcı-10	%15 altı	%15-%25 arası	%25-%55 arası	%55 üzeri	Katılımcı-21	%17 altı	%17-%30 arası	%30-%45 arası	%45 üzeri
Katılımcı-11	%12 altı	%12-%30 arası	%30-%65 arası	%65 üzeri	Katılımcı-22	%18 altı	%18-%30 arası	%30-%60 arası	%60 üzeri

Tablo 5.8: KDS girdi değişkenleri kriter tablosu

S. Nu.	Girdi Değişkenleri	Kriterler											
		Kriter-1				Kriter-2				Kriter-3			
		Dilsel İfade	Üyelik Fonksiyonu Parametresi	Üyelik Fonksiyonu Tipi	Birimi	Dilsel İfade	Üyelik Fonksiyonu Parametresi	Üyelik Fonksiyonu Tipi	Birimi	Dilsel İfade	Üyelik Fonksiyonu Parametresi	Üyelik Fonksiyonu Tipi	Birimi
1	Güvenilirlik	Kötü	[0 0 50 60]	trapmf	%	Normal	[50 60 70 85]	trapmf	%	İyi	[70 85 100 100]	trapmf	%
2	Hazır Olma	Kötü	[0 0 50 60]	trapmf	%	Normal	[50 60 70 85]	trapmf	%	İyi	[70 85 100 100]	trapmf	%
3	Ömür Devri Süresi (Yaş)	Yeni	[0 0 5 7]	trapmf	yıl	Orta	[5 7 10 17]	trapmf	yıl	Eski	[13 17 20 20]	trapmf	yıl
4	Yıllık Ömür Devri Maliyeti (x1000)	Düşük	[0 0 20 40]	trapmf	TL	Normal	[30 40 50 60]	trapmf	TL	Yüksek	[50 60 100 100]	trapmf	TL

Tablo 5.9: KDS çıktı değişkeni (kritiklik seviyesi) kriter tablosu

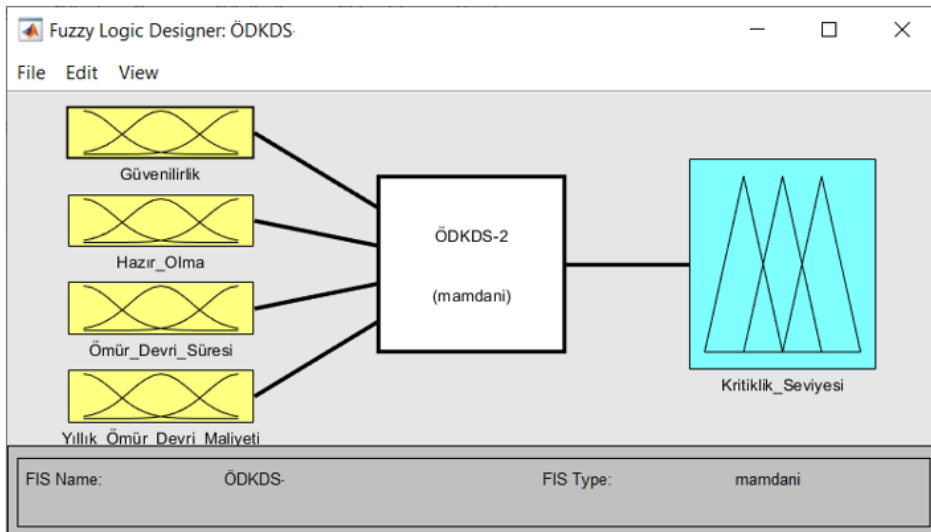
Çıktı Değişkeni	Kriterler															
	Kriter-1				Kriter-2				Kriter-3				Kriter-4			
	Dilsel İfade	Üyelik Fonksiyonu Parametresi	Üyelik Fonksiyonu Tipi	Birimi	Dilsel İfade	Üyelik Fonksiyonu Parametresi	Üyelik Fonksiyonu Tipi	Birimi	Dilsel İfade	Üyelik Fonksiyonu Parametresi	Üyelik Fonksiyonu Tipi	Birimi	Dilsel İfade	Üyelik Fonksiyonu Parametresi	Üyelik Fonksiyonu Tipi	
Kritiklik Seviyesi	D	[0 0 15 20]	trapmf		C	[15 20 25 30]	trapmf		B	[25 30 40 50]	trapmf		A	[40 45 100 100]	trapmf	

Girdi ve çıktı değişkenlerine ait üyelik fonksiyonları için uzman personelin belirttiği sayısal değerler arasında farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin; “güvenilirlik” girdi değişkeninin “Kötü” üyelik fonksiyonu için “%40-%50 altı”, “Normal” üyelik fonksiyonu için “%50-%85” arasında ve “İyi” üyelik fonksiyonu için “%70-%85 üzeri” şeklinde sayısal değerler belirtilmiştir. Katılımcılardan bazıları %70 ve üzeri güvenilirlik değerlerinin iyi seviyede olduğunu ifade ederken bazı katılımcılar ise %85 ve üzeri güvenilirlik değerini iyi olarak kabul etmektedir. Her bir üyelik fonksiyonu için katılımcılar tarafından farklı değerlendirmeler yapıldığından bu çalışmada bulanık mantık modeli kullanılmıştır.

Oluşturulan ÖDKDS’deki üyelik fonksiyon parametreleri, ARI İHA filosu için öngörülen operasyon beklentileri, lojistik destek stratejisi, bakım altyapısı gibi temel faktörler göz önüne alınarak belirlenmiştir. Üyelik fonksiyon parametreleri, ARI İHA’nın veya başka sistemlerin farklı operasyon gereksinimlerine ve/veya kullanıcıların taleplerine uygun olarak değiştirilmelidir.

5.2.1.1 Girdi Değişkenlerinin Bulanıklaştırılması

Girdi değişkenleri için tanımlanan üyelik fonksiyon parametrelerinin bulanıklaştırılması ve MATLAB fuzzy logic toolbox da gösterimi Şekil 5.4’de sunulmuş ve detayı müteakip maddelerde açıklanmıştır.



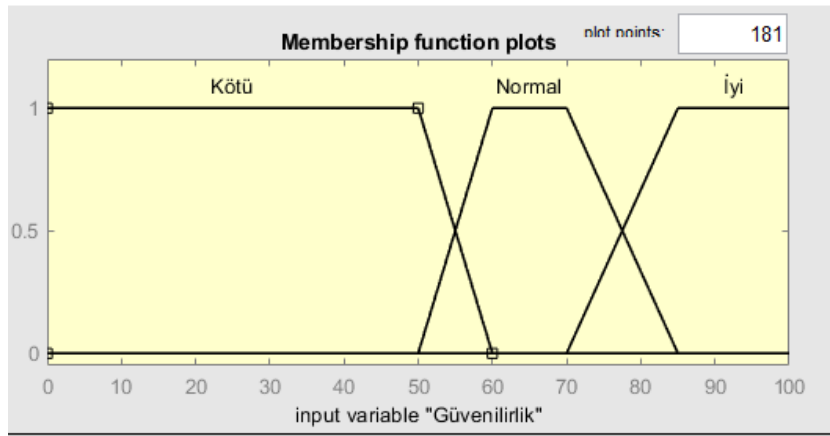
Şekil 5.4: Mamdani modeli bulanık çıkarım sistemi gösterimi

5.2.1.1.1. Güvenilirlik Değişkeninin Bulanıklaştırılması

“Güvenilirlik” girdi değişkeni için uzman görüşü, savunma birimlerinin uyguladıkları güvenilirlik kriterleri ve ARI İHA’ların tasarım öngörülere göz önüne alınarak “Kötü”, “Normal” ve “İyi” olmak üzere üç adet kriter tanımlanmıştır. Yapılan görüşmelerde uzman personel tarafından genel olarak %85 üzerindeki güvenilirlik değerler için “iyi”, %50-%85 arasındaki değerler “normal” ve %60’ın altındaki güvenilirlik değerleri için ise “kötü” dilsel ifadeleri kullanılmıştır. Savunma birimlerinin yönergelerinde, savunma sistemlerinin güvenilirlik değerlerinin %85 ve üzerinde olması hedeflemekte ve %70’in altında bir sistem güvenilirlik değeri için acil önlemler alınması gerektiği belirtilmektedir (GnKur.Bşk., 2002). Aynı zamanda ARI İHA’ların %85 ve üzeri güvenilirlik değeri göz önüne alınarak tasarlanıp üretildiği öngörülmektedir. Tüm bu veriler göz önünde bulundurularak %85’in altındaki güvenilirlik değerleri için “Normal” ve “Kötü” dilsel ifadeleri, %85’in üzerindeki güvenilirlik değerleri için ise “İyi” dilsel ifadesi kullanılmıştır. Güvenilirlik değişkenine ait kriter detayları Tablo 5.10’da, MATLAB fuzzy logic toolbox da tanımlanan üyelik fonksiyonu ise Şekil 5.5’de sunulmuştur.

Tablo 5.10: Güvenilirlik değişkeni kriter detayları

Girdi Değişkenleri	Kriter-1				Kriter-2				Kriter-3			
	Dilsel ifade	Üyelik Fonksiyonu Parametresi	Üyelik Fonksiyonu Tipi	Birimi	Dilsel ifade	Üyelik Fonksiyonu Parametresi	Üyelik Fonksiyonu Tipi	Birimi	Dilsel ifade	Üyelik Fonksiyonu Parametresi	Üyelik Fonksiyonu Tipi	Birimi
Güvenilirlik	Kötü	[0 0 50 60]	trapmf	%	Normal	[50 60 70 85]	trapmf	%	İyi	[70 85 100 100]	trapmf	%



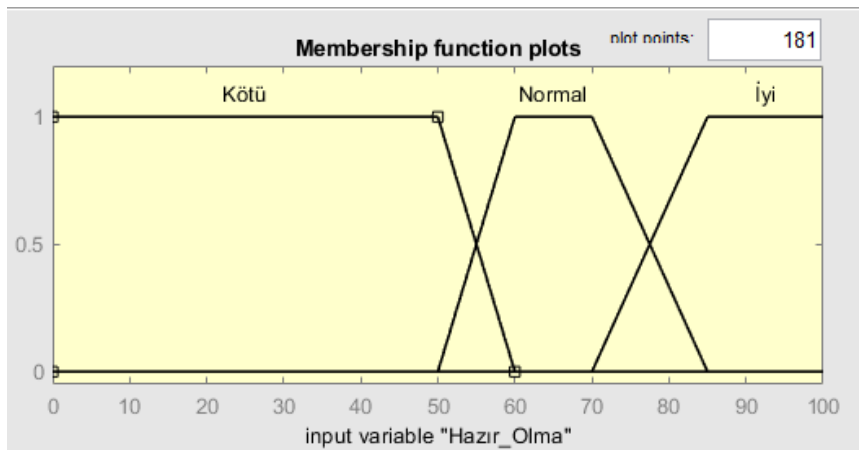
Şekil 5.5: Güvenilirlik değişkeni üyelik fonksiyonu gösterimi

5.2.1.1.2 Hazır Olma Değişkeninin Bulanıklaştırılması

“Hazır Olma” girdi değişkeni için uzman görüşü, savunma birimlerinin uyguladıkları güvenilirlik kriterleri ve ARI İHA tasarım öngörülleri göz önüne alınarak “Kötü”, “Normal” ve “İyi” olmak üzere üç adet kriter tanımlanmıştır. Yapılan görüşmelerde uzman personel tarafından genel olarak %85 üzerindeki hazır olma değerler için “iyi”, %60-%85 arasındaki değerler “normal” ve %60’ın altındaki hazır olma değerleri için ise “kötü” dilsel ifadeleri kullanılmıştır. Savunma birimlerinin yönergelerinde, savunma sistemlerinin hazır olma değerlerinin %85 ve üzerinde olması hedeflemekte ve %70’in altında bir sistem hazır olma değeri için acil önlemler alınması gerektiği belirtilmektedir. Aynı zamanda ARI İHA’ların %85 ve üzeri hazır olma değeri göz önüne alınarak tasarlanıp üretildiği öngörülmektedir. Tüm bu veriler göz önünde bulundurularak %85’in altındaki hazır olma değerleri için “Normal” ve “Kötü” dilsel ifadeleri, %85’in üzerindeki güvenilirlik değerleri için ise “İyi” dilsel ifadesi kullanılmıştır. Hazır olma değişkenine ait kriter detayları Tablo 5.11’de MATLAB fuzzy logic toolbox da tanımlanan üyelik fonksiyonu ise Şekil 4.6’da sunulmuştur.

Tablo 5.11: Hazır olma değişkeni kriter detayları

Girdi Değişkenleri	Kriter-1				Kriter-2				Kriter-3			
	Dilsel İfade	Üyelik Fonksiyonu Parametresi	Üyelik Fonksiyonu Tipi	Birimi	Dilsel İfade	Üyelik Fonksiyonu Parametresi	Üyelik Fonksiyonu Tipi	Birimi	Dilsel İfade	Üyelik Fonksiyonu Parametresi	Üyelik Fonksiyonu Tipi	Birimi
Hazır Olma	Kötü	[0 0 50 60]	trapmf	%	Normal	[50 60 70 85]	trapmf	%	İyi	[70 85 100 100]	trapmf	%



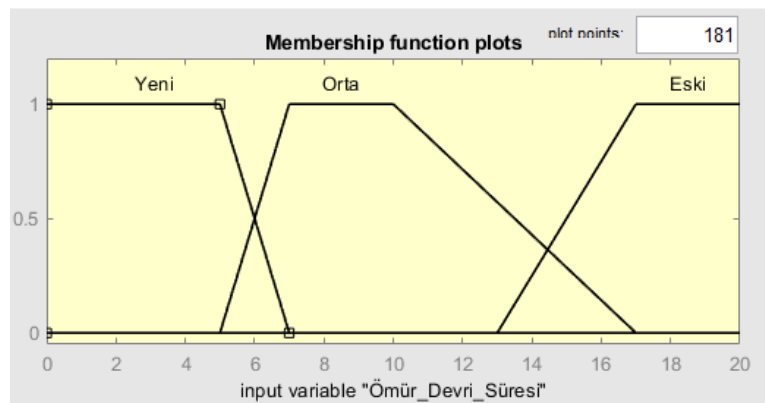
Şekil 5.6: Hazır olma değişkeni üyelik fonksiyonu gösterimi

5.2.1.1.3 Ömür Devri Süresi Değişkeninin Bulanıklaştırılması

“Ömür Devri Süresi” girdi değişkeni için uzman görüşü, savunma birimlerinin uyguladıkları sistem ömür devri süre kriterleri ve ARI İHA tasarım verileri göz önüne alınarak “Yeni”, “Orta” ve “Eski” olmak üzere üç adet kriter tanımlanmıştır. Yapılan uzman görüşmelerinde bu tür araçların 20 yıl ömre göre tasarlanıp üretildiği, 15 kullanım yılından sonra bu araçların eski sayıldığı ve bu araçların envanterden çıkartılmadan beş yıl öncesinden yenisinin tedarikinin başlatılması gerektiği ifade edilmiştir. Uzman personel tarafından bu tür araçların 5-7 yıl arasında “yeni”, 7-15 yıl arasında “orta yaşlı” ve 15 kullanım yılı üzerinde ise “eski” sayılabileceği ifade edilmiştir. Savunma birimlerinin yönergelerinde bu tür savunma araçlarının yaklaşık 20 yıl kullanım ömrüne göre tasarlanıp üretildiği, envanterden çıkartılmasına 5 yıl kala yeni sistem tedarikinin başlatılması gerektiği belirtilmektedir. ARI İHA’larında 20 yıl kullanım ömrüne göre tasarlanıp üretildiği öngörülmektedir. Tüm bu veriler göz önünde bulundurularak ARI İHA’ların ömür devri süreleri için 0-5 yıl için “Yeni”, 5-15 yıl için “Orta” ve 15-20 yıl için ise “Eski” dilsel ifadeleri kullanılmıştır. Ömür devri süresi değişkenine ait kriter detayları Tablo 5.12’de, MATLAB fuzzy logic toolbox da tanımlanan üyelik fonksiyonu ise Şekil 5.7’de sunulmuştur.

Tablo 5.12: Ömür devri süresi değişkeni kriter detayları

Girdi Değişkenleri	Kriter-1				Kriter-2				Kriter-3			
	Dilsel İfade	Üyelik Fonksiyonu Parametresi	Üyelik Fonksiyonu Tipi	Birimi	Dilsel İfade	Üyelik Fonksiyonu Parametresi	Üyelik Fonksiyonu Tipi	Birimi	Dilsel İfade	Üyelik Fonksiyonu Parametresi	Üyelik Fonksiyonu Tipi	Birimi
Ömür Devri Süresi (Yaş)	Yeni	[0 0 5 7]	trapmf	yıl	Orta	[5 7 10 17]	trapmf	yıl	Eski	[13 17 20 20]	trapmf	yıl

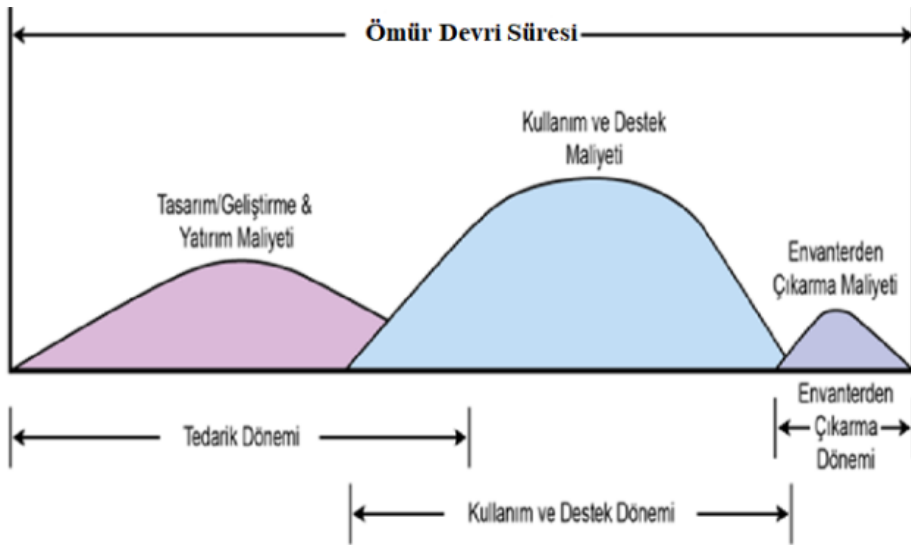


Şekil 5.7: Ömür devri süresi değişkeni üyelik fonksiyonu gösterimi

5.2.1.1.4 Yıllık Ömür Devri Maliyeti Değişkeninin Bulanıklaştırılması

Yıllık ömür devri maliyeti ile ARI İHA'nın lojistik desteği için ayrılan yıllık kaynağı ifade etmektedir. “Yıllık Ömür Devri Maliyeti” girdi değişkeni için uzman görüşü, savunma birimlerinin uyguladıkları sistem ömür devri süre kriterleri ve ARI İHA tasarım verileri göz önüne alınarak “Az”, “Orta” ve “Yüksek” olmak üzere üç adet kriter tanımlanmıştır. Yapılan uzman görüşmelerinde bu tür araçların ömür devri maliyetinin %30-40 arasında tasarım ve üretim maliyetinin, %60-%70 arasında ise lojistik destek maliyetinin olabileceği ifade edilmiştir. Uzman personel, bu tür araçların güvenilirlik ve hazır olma oranının yüksek tutulma hedefleri, güvenlik hususlarının daha çok dikkate alınma gerekliliği ve zorunlu değiştirilmesi gereken parçalardan dolayı bakım faaliyetlerinin yer araçlarına göre daha fazla olabileceği ve buna bağlı olarak da maliyetlerinin yükseleceği öngörülmüştür.

Ömür devri maliyetinin önemli bir kısmını, sistemin işletme ve lojistik destek safhalarında icra edilen faaliyetler oluşturmaktadır (Dhillon, 2010: 1; Jones, 2014: Bölüm-11). Sistem ömür devri maliyetinin yaklaşık %70'ini kullanım ve bakım faaliyetleri oluşturmaktadır (Blanchard, 2004: 8). NATO Yayını olan AAP-20'de ömür devri maliyeti dağılımı Şekil 5.8'de gösterildiği üzere en fazla maliyetin, sistemin kullanım ve lojistik destek sürecinde meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 5.8: Sistem ömür devri safhaları ve süreleri

(NATO/AAP-20, 2012: 29-30)

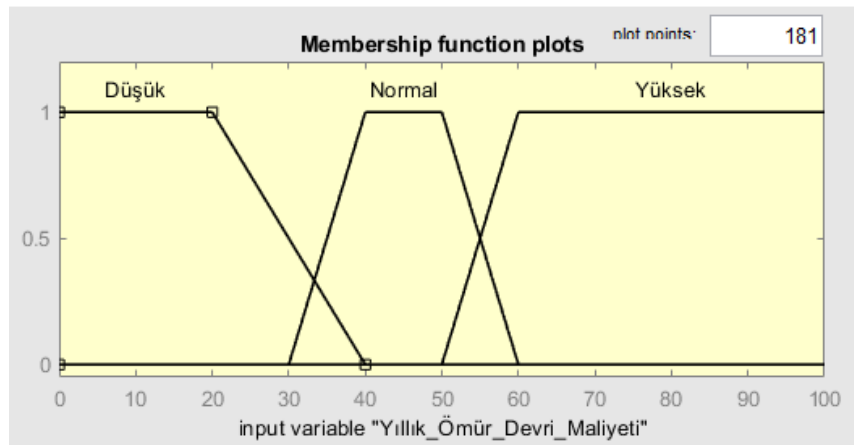
Savunma birimlerinin yönergelerinde bu tür savunma araçlarının yaklaşık ömür devri maliyetinin, uzman personelin belirttiği ve literatürde yer aldığı gibi %30-40 arasında tasarım ve üretim maliyetinin, %60-%70 arasında ise lojistik destek maliyetinin olabileceği belirtilmektedir.

Birim İHA'nın 20 yıllık kullanım ömür devri süresince lojistik desteğinin sağlanması için 1 Milyon TL'lik kaynak hesaplanarak tasarlanıp, üretildiği öngörülmektedir. Toplam 1 Milyon TL'lik kaynak, ömür devri süresine bölündüğünde yıllık yaklaşık 50.000 TL'lik bir idame bütçesi ortaya çıkmaktadır. İHA'nın ilk ve son yıllarında artabilecek idame maliyetleri bu çalışma kapsamında gözardı edilmiş ve 20 yıl süresince her yıl aynı seviyede idame maliyetinin oluşabileceği öngörülmüştür.

Yıllık Ömür Devri Maliyeti girdi değişkeni için “Az”, “Orta” ve “Yüksek” olmak üzere üç adet kriter tanımlanmıştır. ARI İHA'nın yıllık lojistik destek maliyetinin 50.000 TL altında olması durumunda “Az”, 30.000-60.000 TL arasında olması durumunda “Normal” ve 50.000 TL üzerinde olması durumunda ise “Yüksek” dilsel ifadeleri kullanılmıştır. Yıllık Ömür Devri Maliyeti değişkenine ait kriter detayları Tablo 5.13'de, MATLAB fuzzy logic toolbox da tanımlanan üyelik fonksiyonu ise Şekil 4.9'da sunulmuştur.

Tablo 5.13: Yıllık ömür devri maliyeti değişkeni kriter detayları

Değişken (x1000) Yıllık Ömür Devri Maliyeti	Düşük	[0 0 30 30]	Normal	[30 30 60 60]	Yüksek	[60 60 100 100]
Çıktı Değişkenleri	Düşük	Orta	Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek
	Kriter-1		Kriter-2		Kriter-3	



Şekil 4.9: Yıllık ömür devri maliyeti değişkeni üyelik fonksiyonu gösterimi

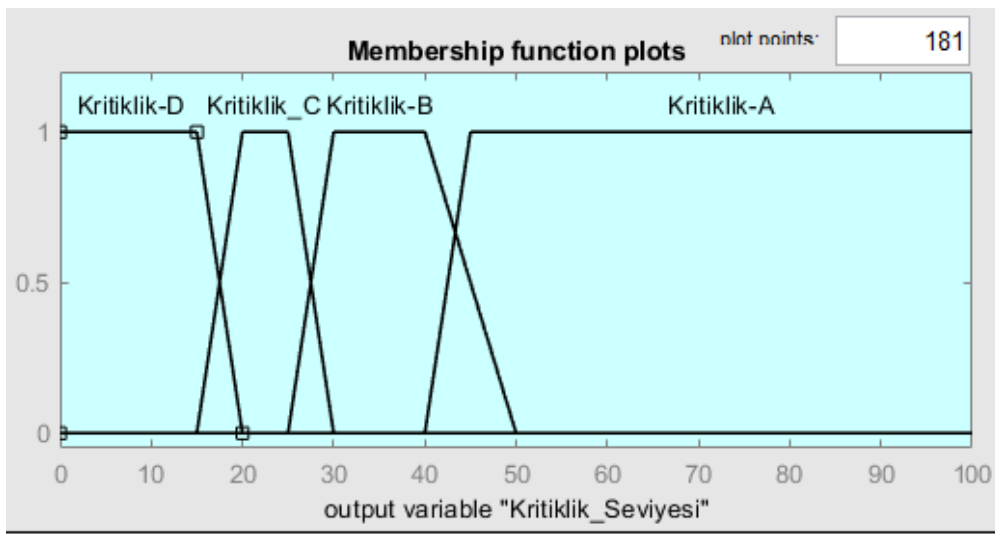
5.2.1.2 Çıktı Değişkenlerinin Bulanıklaştırılması

Çıktı değişkenleri için uzman görüşü, literatür taraması, savunma birimlerinin uyguladıkları bakım faaliyetleri ve ARI İHA bakım senaryoları göz önüne alınarak “A”, “B”, “C” ve “D” kritiklik seviyesi olmak üzere dört kriter oluşturulmuştur. Kritiklik seviyesinin değerlendirilmesi 100 tam puan üzerinden yapılmıştır. Görüşme yapılan uzman personelden her bir kritiklik seviyesinin alabileceği muhtemel puan aralıklarını belirtmeleri istenmiştir. Yapılan görüşmelerde uzman personel tarafından genel olarak “A” seviyesi kritiklik için 40-100 arası, “B” seviyesi kritiklik için 25-50 arası, “C” seviyesi kritiklik için 15-30 arası ve “A” seviyesi kritiklik için 0-20 arası puanlama verilmiştir.

Çıktı değişkenlerine ait kriter detayları Tablo 5.14’de, MATLAB fuzzy logic toolbox da tanımlanan üyelik fonksiyonu ise Şekil 5.10’da sunulmuştur.

Tablo 5.14: Çıktı değişkeni (kritiklik seviyesi) kriter detayları

Çıktı Değişkeni	Kriterler											
	Kriter-1			Kriter-2			Kriter-3			Kriter-4		
	Dilsel İfade	Üyelik Fonksiyonu Parametresi	Üyelik Fonksiyonu Tipi	Dilsel İfade	Üyelik Fonksiyonu Parametresi	Üyelik Fonksiyonu Tipi	Dilsel İfade	Üyelik Fonksiyonu Parametresi	Üyelik Fonksiyonu Tipi	Dilsel İfade	Üyelik Fonksiyonu Parametresi	Üyelik Fonksiyonu Tipi
Kritiklik Seviyesi	Kritiklik Seviyesi D	[0 0 15 20]	trapmf	Kritiklik Seviyesi C	[15 20 25 30]	trapmf	Kritiklik Seviyesi B	[25 30 40 50]	trapmf	Kritiklik Seviyesi A	[40 45 100 100]	trapmf



Şekil 5.10: Çıktı değişkeni (kritiklik seviyesi) üyelik fonksiyonu gösterimi

5.2.2. Bulanık Mantık Algoritmalarının ve Kuralların Oluşturulması

ÖDKDS, “Mamdani Çıkarım Modeli” kullanılarak, dört adet girdi değişkeni ve her bir değişkene ait üçer adet üyelik fonksiyonundan (alt kriterden) oluşturulmuştur. Girdi değişkenleri ve bu değişkenler için belirlenen üyelik fonksiyonları kullanılarak 81 satırdan oluşan kombinasyon dizilimi elde edilmiştir. Katılımcılara Ek-A’daki anket gönderilmiş ve her bir satırda yer alan girdi değişkenlerine ait üyelik fonksiyonlarının dilsel ifadelerine karşılık gelebilecek “A”, “B”, “C” ve “D” kritiklik seviyelerinden birini seçmeleri talep edilmiştir.

Uzman grubu ile yapılan değerlendirmeler sonucunda; “Güvenilirlik” ve “Hazır Olma” girdi değişkenlerinin üyelik fonksiyonlarından “Kötü” dilsel değişkeni olan kural dizinleri (1-36 ve 55-63 arası) için “A” kritiklik seviyesi verilmesi kararlaştırıldığından, bu dizinler ankette çıkarılmıştır. Uzman grubu, güvenilirlik ve hazır olma değişkenlerinin temel faktörler olduğunu ve %50 altı değer alması durumunda sistem için ciddi bakım önlemlerinin alınması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Elde edilen veriler SPSS-22 programında analiz edilerek, katılımcılar arasında fikir birliğine varılıp varılmadığı kontrol edilmiştir. Alan uzmanları arasında uzlaşma sağlanamayan kural dizinleri için Delphi turlarına devam edilmiştir. İkinci tur sonunda elde edilen verilerin SPSS-22 betimsel analiz çıktıları Tablo 4.15’de verilmiştir. SPSS analiz programına, kritiklik seviyesi “A” için “1”, “B” için “2”, “C” için “3” ve “D” için “4” sayısal değerleri girilerek analiz gerçekleştirilmiştir. “Güvenilirlik” ve “Hazır Olma” girdi değişkenlerinin üyelik fonksiyonlarından “Kötü” dilsel değişkeni olan kural dizinlerine (1-36 ve 55-63 arası) “A” kritiklik seviyesi verildiğinden, bu dizinler için analiz yapılmamıştır.

Tablo 5.15: Kural dizinlerinin SPSS program çıktıları

		Kural_37	Kural_38	Kural_39	Kural_40	Kural_41	Kural_42	Kural_43
N	Valid	22	22	22	22	22	22	22
	Missing	0	0	0	0	0	0	0
Mean		3,0000	3,0909	1,9545	2,9091	3,0909	2,0455	3,0455
Median		3,0000	3,0000	2,0000	3,0000	3,0000	2,0000	3,0000
Mode		3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	2,00	3,00
Std. Deviation		,53452	,42640	,37509	,29424	,29424	,37509	,37509

		Kural_44	Kural_45	Kural_46	Kural_47	Kural_48	Kural_49	Kural_50
N	Valid	22	22	22	22	22	22	22
	Missing	0	0	0	0	0	0	0
Mean		2,9091	1,1364	3,0455	3,0909	2,0455	3,0000	3,1364
Median		3,0000	1,0000	3,0000	3,0000	2,0000	3,0000	3,0000
Mode		3,00	1,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00
Std. Deviation		,29424	,35125	,37509	,29424	,37509	,43644	,35125

		Kural_51	Kural_52	Kural_53	Kural_54	Kural_64	Kural_65	Kural_66
N	Valid	22	22	22	22	22	22	22
	Missing	0	0	0	0	0	0	0
Mean		1,9091	3,0455	3,1364	1,0455	3,0909	3,0000	2,0455
Median		2,0000	3,0000	3,0000	1,0000	3,0000	3,0000	2,0000
Mode		2,00	3,00	3,00	1,00	3,00	3,00	2,00
Std. Deviation		,29424	,37509	,35125	,21320	,29424	,30861	,37509

		Kural_67	Kural_68	Kural_69	Kural_70	Kural_71	Kural_72	Kural_73
N	Valid	22	22	22	22	22	22	22
	Missing	0	0	0	0	0	0	0
Mean		3,0909	3,0909	1,8636	3,0455	3,0000	1,0909	3,9545
Median		3,0000	3,0000	2,0000	3,0000	3,0000	1,0000	4,0000
Mode		3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	1,00	4,00
Std. Deviation		,29424	,42640	,35125	,21320	,43644	,29424	,21320

		Kural_74	Kural_75	Kural_76	Kural_77	Kural_78	Kural_79	Kural_80	Kural_81
N	Valid	22	22	22	22	22	22	22	22
	Missing	0	0	0	0	0	0	0	0
Mean		3,9091	2,0455	3,9545	3,8636	1,8636	4,0000	3,9091	1,1364
Median		4,0000	2,0000	4,0000	4,0000	2,0000	4,0000	4,0000	1,0000
Mode		4,00	2,00	4,00	4,00	2,00	4,00	4,00	1,00
Std. Deviation		,29424	,37509	,21320	,35125	,35125	,00000	,29424	,35125

Dalkey (1969), Delphi anket turları sonucunda alan uzmanlarından elde edilen verilerin standart sapmasının ve ortalamasının, grup cevaplarının ortalama doğruluğu için geçerli bir gösterge olduğunu ifade etmektedir. Bu kapsamda oluşturulan kural dizinleri Tablo 5.16’da sunulmuştur.

Tablo 5.16: Kurallar ve algoritma dizilimi ile ilgili uzman görüşleri

Kural Nu.	Eğer	Girdi Değişkeni-1	ve	Girdi Değişkeni	ve	Girdi Değişkeni	ve	Girdi Değişkeni	Çıktı
		-1-		-2-		-3-		-4-	
		Güvenilirlik (G)		Hazır Olma (H)		Ömür Devri Süresi (Ö)		Yıllık Ömür Devri Maliyeti (M)	Kritiklik Seviyesi
1	Eğer	"G-K"	ve	"H-K"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-D"	A
2	Eğer	"G-K"	ve	"H-K"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-N"	A
3	Eğer	"G-K"	ve	"H-K"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-Y"	A
4	Eğer	"G-K"	ve	"H-K"	ve	"Ö-O"	ve	"M-D"	A
5	Eğer	"G-K"	ve	"H-K"	ve	"Ö-O"	ve	"M-N"	A
6	Eğer	"G-K"	ve	"H-K"	ve	"Ö-O"	ve	"M-Y"	A
7	Eğer	"G-K"	ve	"H-K"	ve	"Ö-E"	ve	"M-D"	A
8	Eğer	"G-K"	ve	"H-K"	ve	"Ö-E"	ve	"M-N"	A
9	Eğer	"G-K"	ve	"H-K"	ve	"Ö-E"	ve	"M-Y"	A
10	Eğer	"G-K"	ve	"H-N"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-D"	A
11	Eğer	"G-K"	ve	"H-N"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-N"	A
12	Eğer	"G-K"	ve	"H-N"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-Y"	A
13	Eğer	"G-K"	ve	"H-N"	ve	"Ö-O"	ve	"M-D"	A
14	Eğer	"G-K"	ve	"H-N"	ve	"Ö-O"	ve	"M-N"	A
15	Eğer	"G-K"	ve	"H-N"	ve	"Ö-O"	ve	"M-Y"	A
16	Eğer	"G-K"	ve	"H-N"	ve	"Ö-E"	ve	"M-D"	A
17	Eğer	"G-K"	ve	"H-N"	ve	"Ö-E"	ve	"M-N"	A
18	Eğer	"G-K"	ve	"H-N"	ve	"Ö-E"	ve	"M-Y"	A
19	Eğer	"G-K"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-D"	A
20	Eğer	"G-K"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-N"	A
21	Eğer	"G-K"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-Y"	A
22	Eğer	"G-K"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-O"	ve	"M-D"	A
23	Eğer	"G-K"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-O"	ve	"M-N"	A
24	Eğer	"G-K"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-O"	ve	"M-Y"	A
25	Eğer	"G-K"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-E"	ve	"M-D"	A
26	Eğer	"G-K"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-E"	ve	"M-N"	A
27	Eğer	"G-K"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-E"	ve	"M-Y"	A
28	Eğer	"G-N"	ve	"H-K"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-D"	A
29	Eğer	"G-N"	ve	"H-K"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-N"	A
30	Eğer	"G-N"	ve	"H-K"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-Y"	A
31	Eğer	"G-N"	ve	"H-K"	ve	"Ö-O"	ve	"M-D"	A
32	Eğer	"G-N"	ve	"H-K"	ve	"Ö-O"	ve	"M-N"	A
33	Eğer	"G-N"	ve	"H-K"	ve	"Ö-O"	ve	"M-Y"	A
34	Eğer	"G-N"	ve	"H-K"	ve	"Ö-E"	ve	"M-D"	A
35	Eğer	"G-N"	ve	"H-K"	ve	"Ö-E"	ve	"M-N"	A
36	Eğer	"G-N"	ve	"H-K"	ve	"Ö-E"	ve	"M-Y"	A
37	Eğer	"G-N"	ve	"H-N"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-D"	C
38	Eğer	"G-N"	ve	"H-N"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-N"	C
39	Eğer	"G-N"	ve	"H-N"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-Y"	B
40	Eğer	"G-N"	ve	"H-N"	ve	"Ö-O"	ve	"M-D"	C
41	Eğer	"G-N"	ve	"H-N"	ve	"Ö-O"	ve	"M-N"	C

Gİ=Güvenilirlik İyi Hİ=Hazır Olma İyi ÖY=Ömür Devri Yeni MD=Maliyet Düşük
GN=Güvenilirlik Normal HN=Hazır Olma Normal ÖO=Ömür devri Orta MN=Maliyet Normal
GK=Güvenilirlik Kötü HK=Hazır Olma Kötü ÖE=Ömür Devri Eski MY=Maliyet Yüksek

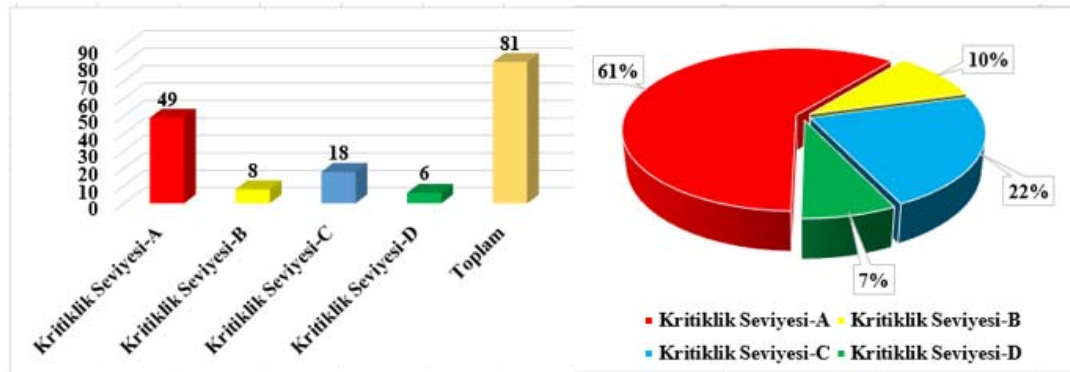
Tablo 5.16: (Devam) Kurallar ve algoritma dizilimi ile ilgili uzman görüşleri

Kural Nu.	Eğer	Girdi Değişkeni -1-	ve	Girdi Değişkeni -2-	ve	Girdi Değişkeni -3-	ve	Girdi Değişkeni -4-	Çıktı
		Güvenilirlik (G)		Hazır Olma (H)		Ömür Devri Süresi (Ö)		Ömür Devri Maliyeti (M)	
42	Eğer	"G-N"	ve	"H-N"	ve	"Ö-O"	ve	"M-Y"	B
43	Eğer	"G-N"	ve	"H-N"	ve	"Ö-E"	ve	"M-D"	C
44	Eğer	"G-N"	ve	"H-N"	ve	"Ö-E"	ve	"M-N"	C
45	Eğer	"G-N"	ve	"H-N"	ve	"Ö-E"	ve	"M-Y"	A
46	Eğer	"G-N"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-D"	C
47	Eğer	"G-N"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-N"	C
48	Eğer	"G-N"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-Y"	B
49	Eğer	"G-N"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-O"	ve	"M-D"	C
50	Eğer	"G-N"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-O"	ve	"M-N"	C
51	Eğer	"G-N"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-O"	ve	"M-Y"	B
52	Eğer	"G-N"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-E"	ve	"M-D"	C
53	Eğer	"G-N"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-E"	ve	"M-N"	C
54	Eğer	"G-N"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-E"	ve	"M-Y"	A
55	Eğer	"G-İ"	ve	"H-K"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-D"	A
56	Eğer	"G-İ"	ve	"H-K"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-N"	A
57	Eğer	"G-İ"	ve	"H-K"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-Y"	A
58	Eğer	"G-İ"	ve	"H-K"	ve	"Ö-O"	ve	"M-D"	A
59	Eğer	"G-İ"	ve	"H-K"	ve	"Ö-O"	ve	"M-N"	A
60	Eğer	"G-İ"	ve	"H-K"	ve	"Ö-O"	ve	"M-Y"	A
61	Eğer	"G-İ"	ve	"H-K"	ve	"Ö-E"	ve	"M-D"	A
62	Eğer	"G-İ"	ve	"H-K"	ve	"Ö-E"	ve	"M-N"	A
63	Eğer	"G-İ"	ve	"H-K"	ve	"Ö-E"	ve	"M-Y"	A
64	Eğer	"G-İ"	ve	"H-N"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-D"	C
65	Eğer	"G-İ"	ve	"H-N"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-N"	C
66	Eğer	"G-İ"	ve	"H-N"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-Y"	B
67	Eğer	"G-İ"	ve	"H-N"	ve	"Ö-O"	ve	"M-D"	C
68	Eğer	"G-İ"	ve	"H-N"	ve	"Ö-O"	ve	"M-N"	C
69	Eğer	"G-İ"	ve	"H-N"	ve	"Ö-O"	ve	"M-Y"	B
70	Eğer	"G-İ"	ve	"H-N"	ve	"Ö-E"	ve	"M-D"	C
71	Eğer	"G-İ"	ve	"H-N"	ve	"Ö-E"	ve	"M-N"	C
72	Eğer	"G-İ"	ve	"H-N"	ve	"Ö-E"	ve	"M-Y"	A
73	Eğer	"G-İ"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-D"	D
74	Eğer	"G-İ"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-N"	D
75	Eğer	"G-İ"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-Y"	B
76	Eğer	"G-İ"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-O"	ve	"M-D"	D
77	Eğer	"G-İ"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-O"	ve	"M-N"	D
78	Eğer	"G-İ"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-O"	ve	"M-Y"	B
79	Eğer	"G-İ"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-E"	ve	"M-D"	D
80	Eğer	"G-İ"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-E"	ve	"M-N"	D
81	Eğer	"G-İ"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-E"	ve	"M-Y"	A

Uzman personelin çoğunluğu tarafından, “Güvenilirlik” ve “Hazır Olma” değişkenleri temel kriter olarak kabul edilmiş ve bu değişkenlerden birinin veya her ikisinin “Kötü” üyelik fonksiyonu alması durumunda diğer değişkenlere bakılmaksızın 45 dizine “A” kritiklik seviyesi verilmiştir. Kalan diğer dizinler ise aldıkları üyelik fonksiyonlara göre katılımcılar tarafından tek tek değerlendirilmiş ve uygun görülen kritiklik seviyesi verilmiştir.

Ömür devri süresi değişkeninin “Eski” veya “Yeni” ve ömür devri maliyeti değişkeninin “Yüksek” üyelik fonksiyonları aldığı sekiz dizinde katılımcılar tarafından farklı kriter seviyesi seçimleri yapılmıştır. Bu tür farklı kritiklik seviyesi seçimleri yapılan dizinler için katılımcılar ile çevrimiçi cihazlar vasıtasıyla görüşmeler yapılarak katılımcıların nihai kararları ve yorumları alınmıştır. Kural dizinlerine, SPSS-22 programı sonucuna göre kritiklik seviyesi atanmıştır. SPSS-22 analizi sonucunda standart sapması.550’den yüksek çıkan dizinler için Delphi turları tekrarlanarak katılımcılar arasında uyum sağlanmaya çalışılmıştır.

Tüm bu değerlendirmeler sonucunda elde edilen kurallar dizinindeki kritiklik seviyesi seçimlerinin sayısal ve oransal dağılımı Şekil 5.11’de sunulmuştur.



Şekil 5.11: Kritiklik seviyesi seçimlerinin sayısal ve oransal dağılımı

Uzman personel görüşlerine göre oluşturulan kural dizilimindeki kritiklik seviyesi seçimleri kullanılarak Tablo 5.17’de sunulan özet tablo oluşturulmuştur.

Tablo 5.17: Algoritma dizilimi ve kurallar ile ilgili uzman personel görüşlerinin özeti

Güvenilirlik	Hazır Olma	Ömür Devri Süresi	Ömür Devri Maliyeti	Kritiklik Seviyesi
Kötü	Kötü	Yeni Normal Eski	Düşük Normal Yüksek	A
İyi veya Normal	İyi veya Normal	Eski	Yüksek	A
İyi veya Normal	İyi veya Normal	Yeni Normal	Yüksek	B
İyi Normal	İyi Normal	Yeni Normal Eski	Düşük Normal	C
İyi	İyi	Yeni Normal Eski	Düşük Normal	D

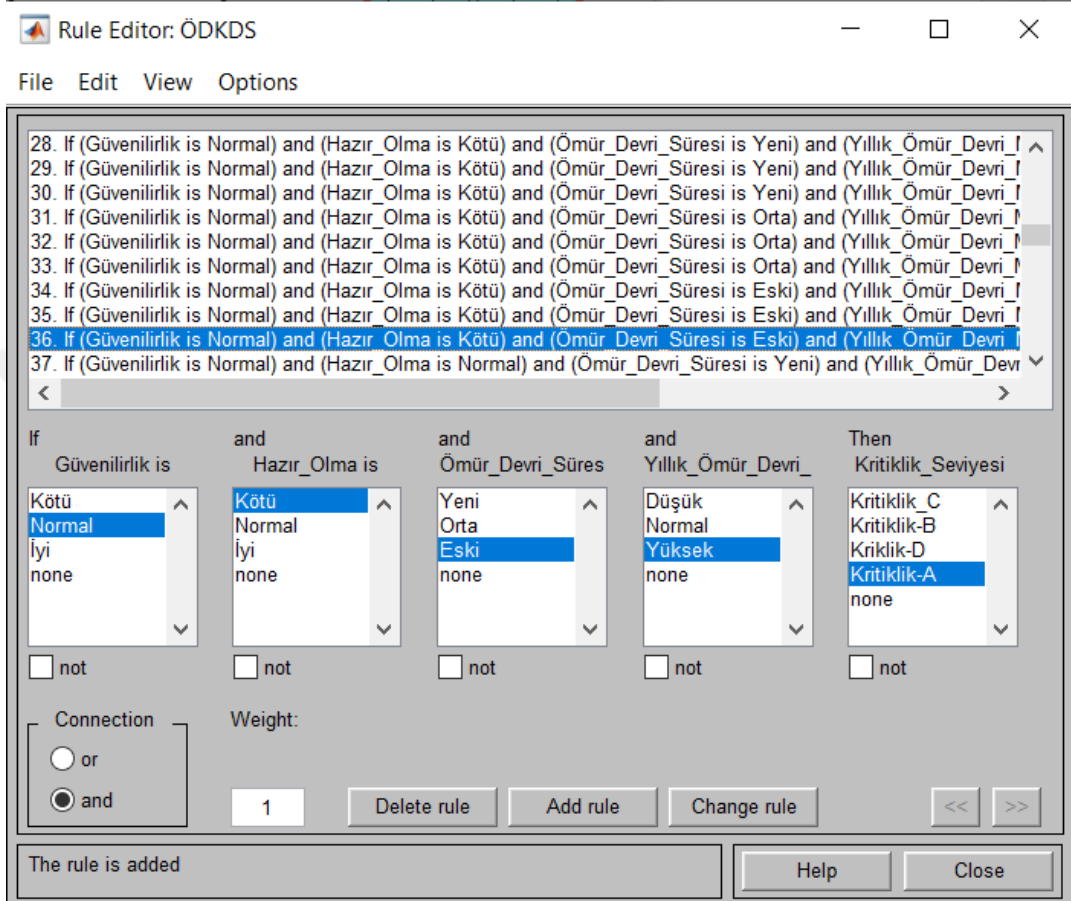
Güvenilirlik veya hazır olma girdi değişkenlerinden herhangi birinin "kötü" üyelik fonksiyonu aldığı her durumda diğer faktörler gözardı edilerek kritiklik seviyesi "A" olarak belirtilmiştir. Güvenilirlik ve hazır olma girdi değişkenlerinin temel kriter alındığı ve bu iki değişken değerinin genel olarak %60 değerinin altına düşmesinin kabul edilmediği görülmektedir.

Güvenilirlik ve hazır olma girdi değişkenlerinin "iyi" veya "normal" üyelik fonksiyonlarını aldığı ve ömür devri maliyeti değişkeninin ise "yüksek" üyelik fonksiyonu aldığı her durumda kritiklik seviyesi "B" olarak belirlenmiştir.

Güvenilirlik ve hazır olma girdi değişkenlerinin "iyi" veya "normal" üyelik fonksiyonlarını aldığı, ömür devri maliyeti değişkeninin ise "düşük" ve "normal" üyelik fonksiyonu aldığı ve ömür devri süresi değişkeninin ise "eski" üyelik fonksiyonu almadığı her durumda kritiklik seviyesi "C" olarak belirlenmiştir.

Güvenilirlik ve hazır olma girdi değişkenlerinin "iyi" üyelik fonksiyonlarını aldığı, ömür devri maliyeti değişkeninin "yüksek" ve ömür devri süresi değişkeninin ise "eski" üyelik fonksiyonu almadığı her durumda kritiklik seviyesi "D" olarak belirlenmiştir.

Oluşturulan kural tabanının MATLAB fuzzy logic toolbox'da gösterimi Şekil 5.12'de ve girdi değişkenlerine karşılık gelen çıktı değerinin üç boyutlu grafiksel gösterimleri Tablo 5.18'de sunulmuştur.



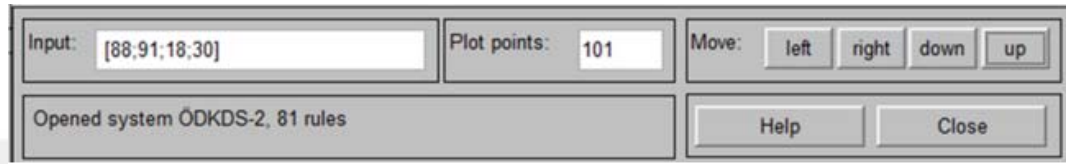
Şekil 5.12: ÖDKDS kural tabanının MATLAB fuzzy logic toolbox gösterimi

Tablo 5.18: Girdi değişkenlerine karşılık gelen çıktı değerinin üç boyutlu grafikleri

<ul style="list-style-type: none"> ○ Güvenilirlik & ○ Hazır olma 	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Güvenilirlik & ○ Ömür devri süresi 	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Güvenilirlik & ○ Yıllık ömür devri maliyeti 	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Hazır olma & ○ Ömür devri süresi 	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Hazır olma & ○ Ömür devri maliyeti 	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Ömür devri maliyeti & ○ Ömür devri süresi 	

5.3 ÖDKDS’de İHA Uygulaması

ARI İHA’ların kritiklik seviyelerini belirlemek için Tablo 5.4’deki LDA sonuçları (güvenilirlik, hazır olma, ömür devri süresi ve yıllık ömür devri maliyeti), bu çalışma kapsamında geliştirilen ÖDKDS’ye, Şekil 5.13’de gösterilen MATLAB fuzzy logic toolbox “Input” sekmesine sırasıyla girilerek ARI İHA’ların Tablo 5.19’daki kritiklik seviyeleri elde edilmiştir.



Şekil 5.13: MATLAB fuzzy logic toolbox veri giriş ekran gösterimi

ARI İHA-5, ARI İHA-7 ve ARI İHA-9’un kritiklik değerleri A olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre bu İHA’ların operasyonel görevlerini başarabilme olasılıkları oldukça düşük görünmektedir. Kritiklik seviyesi A ve B olan ARI İHA’ların operasyonel performanslarını hedeflenen seviyeye çıkartacak lojistik destek kararları Tablo 5.5’de tanımlanmıştır. Diğer ARI İHA’ların, planlı bakımları yapılarak kullanılabilceği öngörülmektedir.

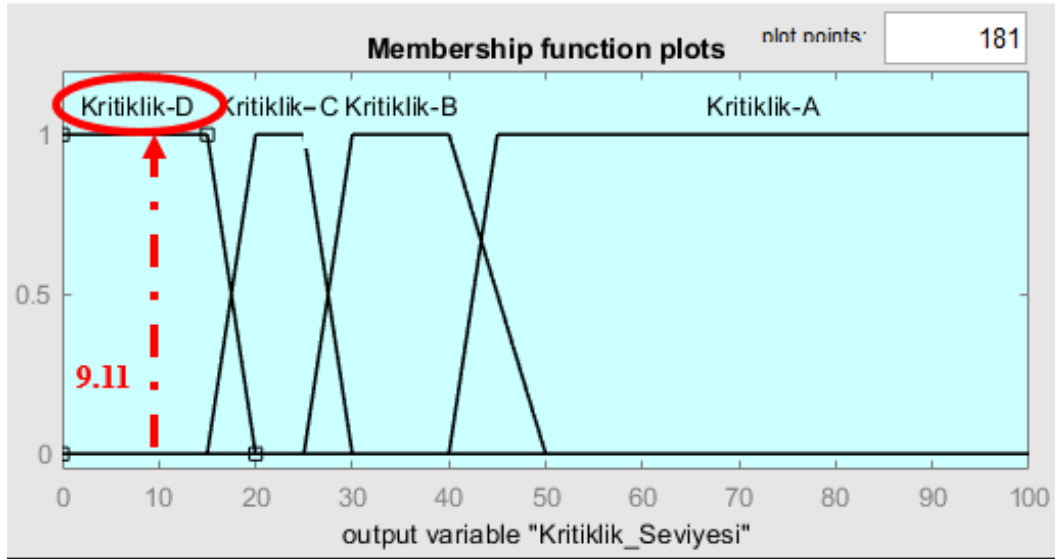
Tablo 5.19: ARI İHA’ların ÖDKDS girdileri ve sonuçları

İHA	Eğer	Girdi-1		Girdi-2		Girdi-3		Girdi-4	Çıktı	
		Güvenilirlik (%)	ve	Hazır Olma (%)	ve	Ömür Devri Süresi (yıl)	ve	Yıllık Ömür Devri Maliyeti (TL)	Kritiklik (%)	Kritiklik Seviyesi
ARI-1	Eğer	88	ve	91	ve	18	ve	30	9.11	D
ARI-2	Eğer	85	ve	70	ve	15	ve	49	22.5	C
ARI-3	Eğer	72	ve	80	ve	4	ve	52	24.9	C
ARI-4	Eğer	72	ve	71	ve	14	ve	50	20.1	C
ARI-5	Eğer	52	ve	75	ve	6	ve	60	67.4	A
ARI-6	Eğer	85	ve	68	ve	8	ve	60	36.4	B
ARI-7	Eğer	82	ve	88	ve	19	ve	70	71.2	A
ARI-8	Eğer	92	ve	94	ve	5	ve	45	8.56	D
ARI-9	Eğer	70	ve	58	ve	9	ve	70	52	A
ARI-10	Eğer	82	ve	88	ve	20	ve	50	10.7	D
ARI-11	Eğer	69	ve	75	ve	13	ve	72	36.8	B
ARI-12	Eğer	87	ve	89	ve	3	ve	75	36.4	B

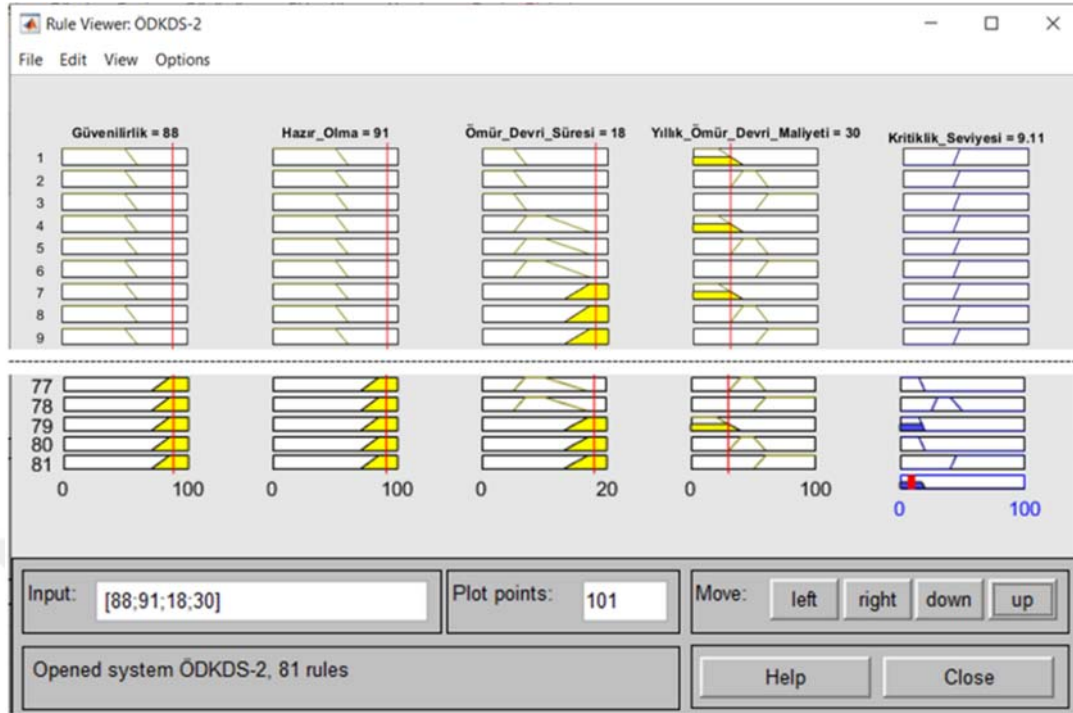
Tablo 5.19'daki ÖDKDS çıktılarından "A", "B", "C" ve "D" kritiklik seviyelerinden birer adet örnek aşağıda açıklanmıştır.

18 yıldır aktif olarak kullanılan ARI İHA-1'in "güvenilirlik değeri %88, hazır olma değeri %91 ve yıllık ömür devri maliyeti 30.000 TL olarak ÖDKDS'ye girilmiştir.

ARI İHA-1'in kritiklik puanı % 9.11 olarak hesaplanmıştır. Şekil 5.14'deki çıktı değişkeni üyelik fonksiyonu kullanılarak, 9.11 olarak hesaplanan kritiklik puanına denk gelen "D" kritiklik seviyesi bulunmuştur. ARI İHA-1'in ÖDKDS detaylı çıktısı, Şekil 4.15'deki Matlab Fuzzy Logic Toolbox'ın Rule Viewer penceresinde görünmektedir. ARI İHA-1'in kritiklik seviyesi "D" düzeyinde olduğundan Tablo 5.5'de kullanıma devam önerisi yapılmıştır. ARI İHA-1'in ömür devri süresi yaşlı (18) düzeyinde olmasına karşı, güvenilirlik ve hazır olma değerlerinin oldukça yüksek ve yıllık ömür devri maliyetinin de düşük seviyelerde olmasından dolayı kullanımına devam edilmesi önerilmiştir. Ömür devri süresi 20 yıl olan bir sistem için uygulamada, yaş dışında diğer faktörlere bakılmaksızın 15'inci yılda envanterden çıkartma çalışmalarının başlatıldığı görülmektedir.

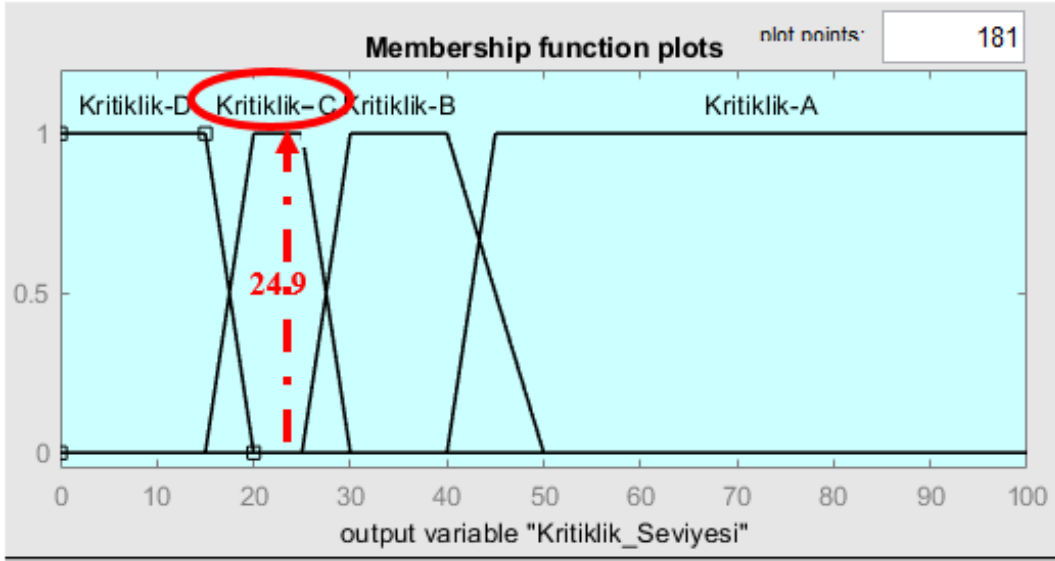


Şekil 5.14: ARI İHA-1'in çıktı değerine göre kritiklik seviyesinin tespit edilmesi

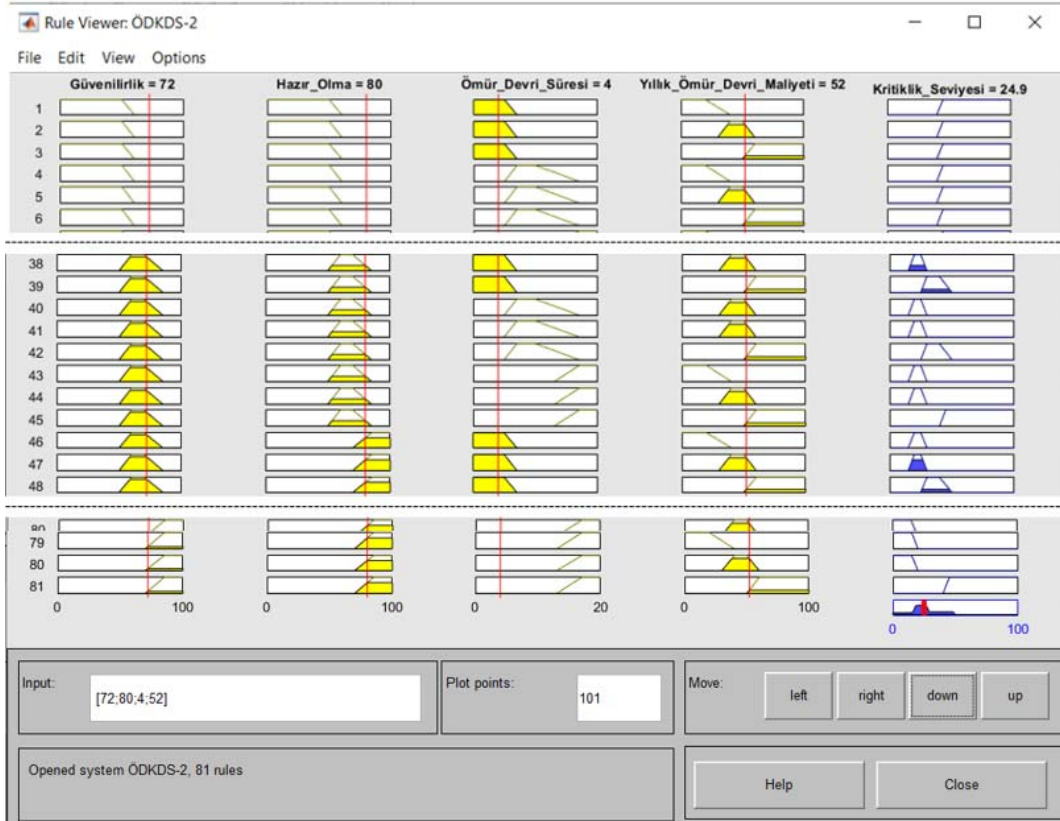


Şekil 5.15: ARI İHA-5'in Matlab Fuzzy Logic Toolbox Rule Viewer görüntüsü

4 yaşındaki ARI İHA-3'ün "güvenilirlik değeri %72, hazır olma değeri %80 ve yıllık ömür devri maliyeti 52.000 TL olarak ÖDKDS'ye girilmiştir. ARI İHA-3'ün kritiklik puanı % 24.9 olarak hesaplanmıştır. Şekil 5.16'daki çıktı değişkeni üyelik fonksiyonu kullanılarak, 24.9 olarak hesaplanan kritiklik puanına denk gelen "C" kritiklik seviyesi bulunmuştur. ARI İHA-3'ün ÖDKDS detaylı çıktısı, Şekil 5.17'deki Matlab Fuzzy Logic Toolbox'ın Rule Viewer penceresinde görülmektedir. Kritiklik seviyesi "C" olduğundan, düşen güvenilirlik değerini arttırmak ve ömür devri maliyetini düşürmek için öncelikle "Tablo 5.5'deki değerlendirilmelerin yapılması ve ARI İHA-3'e uygulanan planlı / plansız bakımların arttırılması önerilmektedir.

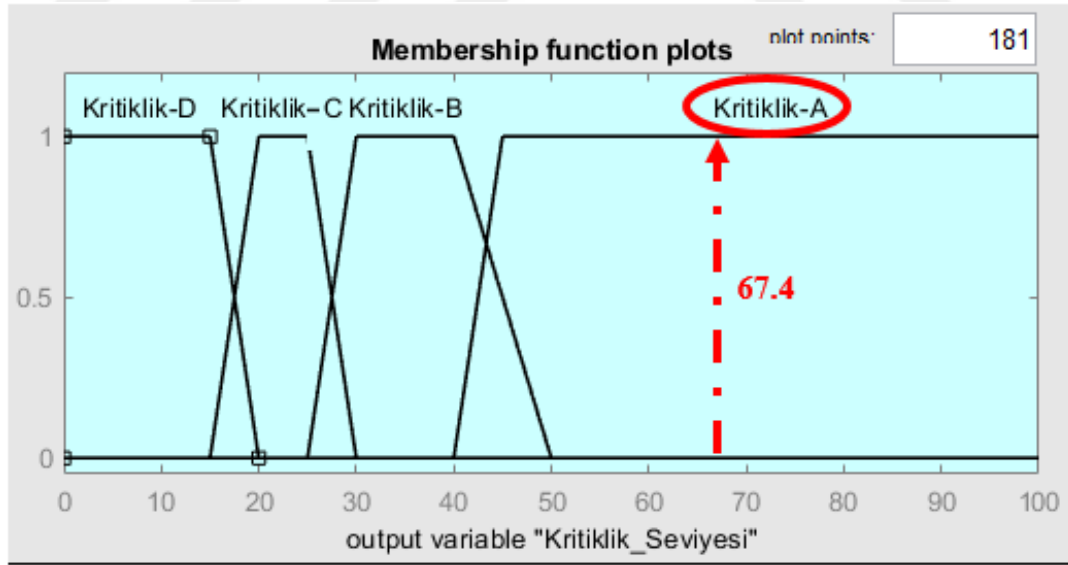


Şekil 5.16: ARI İHA-3'ün çıktı değerine göre kritiklik seviyesinin tespit edilmesi

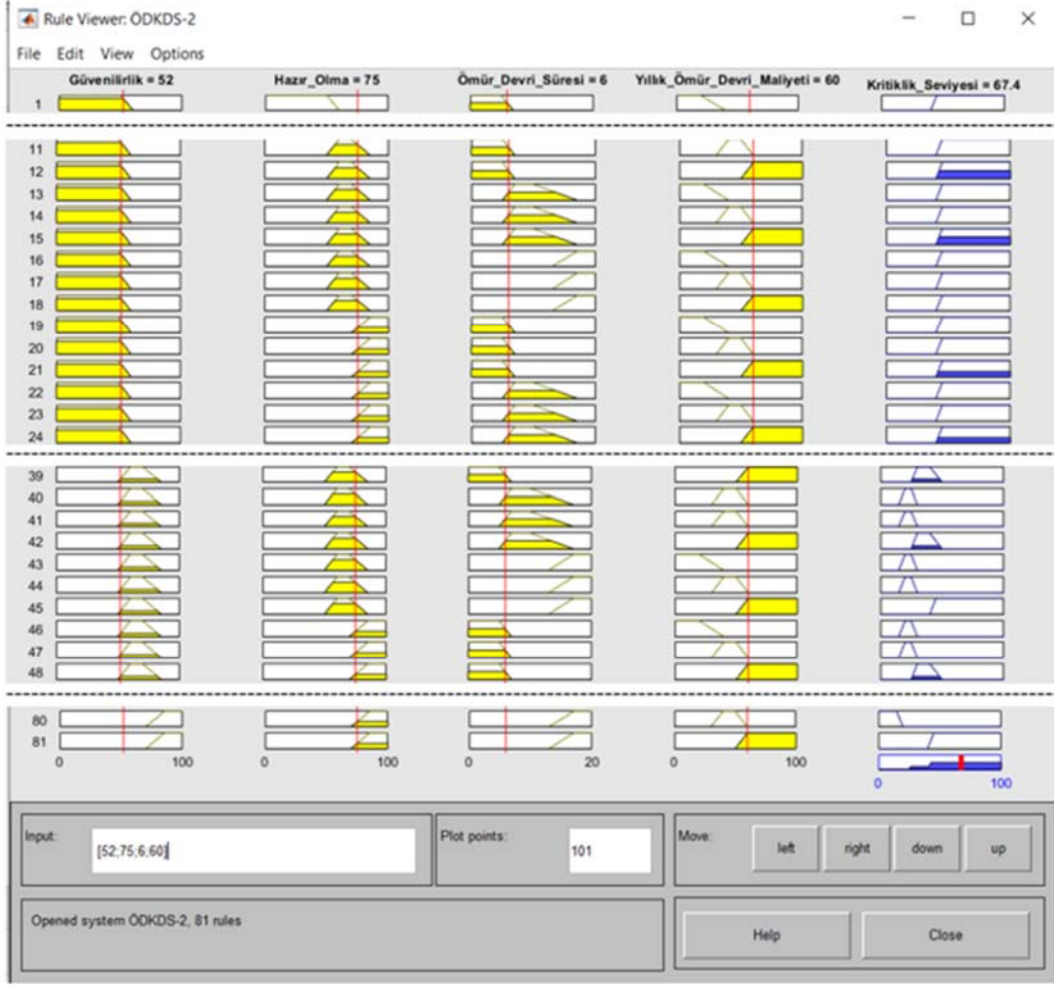


Şekil 5.17: ARI İHA-3'ün Matlab Fuzzy Logic Toolbox Rule Viewer görüntüsü

6 yıldır kullanılan ARI İHA-5'in "güvenilirlik değeri %52, hazır olma değeri %75 ve yıllık ömür devri maliyeti 60.000 TL olarak ÖDKDS'ye girilmiştir. ARI İHA-5'in kritiklik puanı % 67.4 olarak hesaplanmıştır. Şekil 5.18'deki çıktı değişkeni üyelik fonksiyonu kullanılarak, 67.4 olarak hesaplanan kritiklik puanına denk gelen "A" kritiklik seviyesi bulunmuştur. ARI İHA-5'in ÖDKDS detaylı çıktısı, Şekil 5.19'daki Matlab Fuzzy Logic Toolbox'ın Rule Viewer penceresinde görülmektedir. Kritiklik seviyesi "A" olduğundan, düşen güvenilirlik ve hazır olma değerlerini arttırmak ve ömür devri maliyetini düşürmek için öncelikle "Tablo 5.5'deki değerlendirilmelerin yapılması önerilmektedir. ARI İHA-5 yeni olmasına rağmen, güvenilirlik değerinin çok düşük olması arıza oranının oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Arızaların giderilme süresi ve onarım maliyeti, hazır olma ve yıllık ömür devri maliyetini olumsuz yönde etkilemektedir. ARI İHA-5 için yapılan tüm iyileştirme uygulamalarının sonuç vermediği görülmektedir. Sık arızalanma nedeninin kullanım, bakım ve/veya tasarımsal olup olmadığının araştırılması gerekmektedir. Tasarımsal tabanlı bir arıza yaşıyor ise ARI İHA-5'e yenileştirme yapılması önerilmektedir.



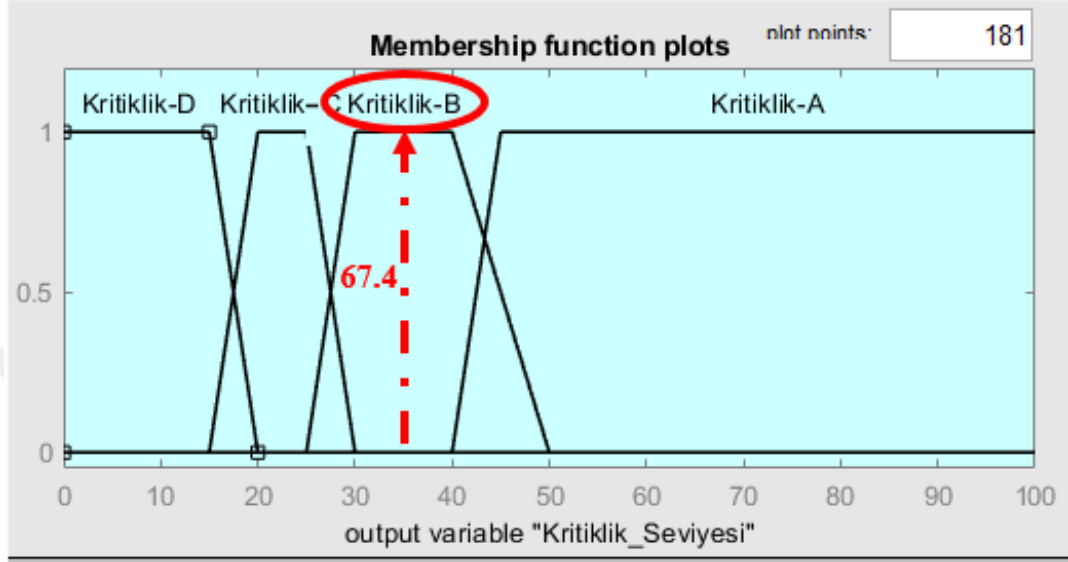
Şekil 5.18: ARI İHA-5'in çıktı değerine göre kritiklik seviyesinin tespit edilmesi



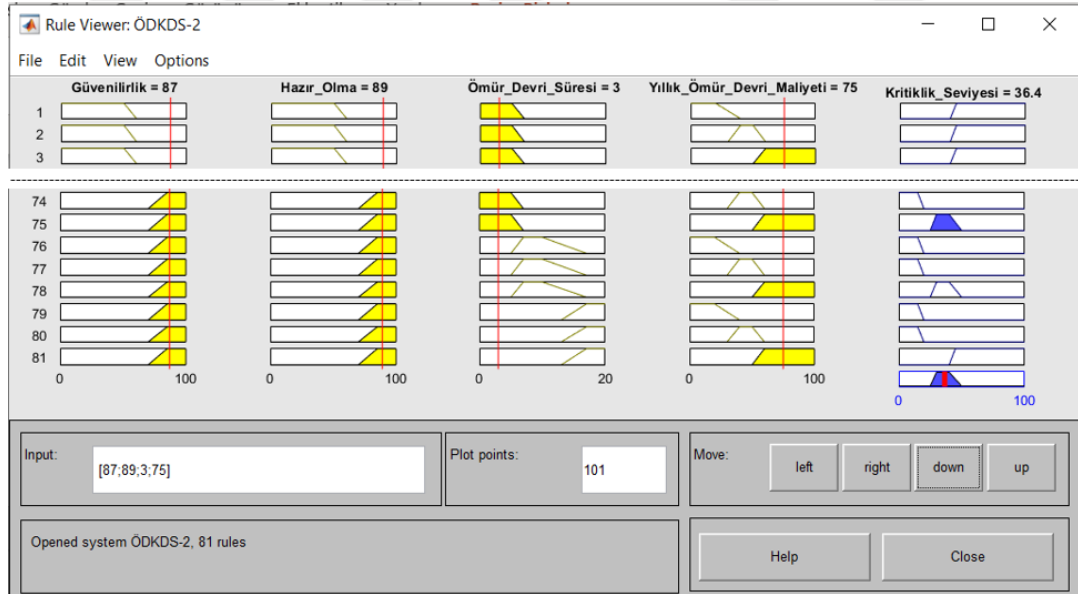
Şekil 5.19: ARI İHA-5'in Matlab Fuzzy Logic Toolbox Rule Viewer görüntüsü

3 yaşındaki ARI İHA-12'nin "güvenilirlik değeri %87, hazır olma değeri %89 ve yıllık ömür devri maliyeti 75.000 TL olarak ÖDKDS'ye girilmiştir. ARI İHA-12'nin kritiklik puanı % 36.4 olarak hesaplanmıştır. Şekil 5.20'deki çıktı değişkeni üyelik fonksiyonu kullanılarak, 36.4 olarak hesaplanan kritiklik puanına denk gelen "B" kritiklik seviyesi bulunmuştur. ARI İHA-12'nin ÖDKDS detaylı çıktısı, Şekil 5.21'deki Matlab Fuzzy Logic Toolbox'ın Rule Viewer penceresinde görülmektedir. Kritiklik seviyesi "B" olmasına neden olan ömür devri maliyetini düşürmek için öncelikle "Tablo 5.5'deki değerlendirilmelerin yapılması önerilmektedir. ARI İHA-12'nin güvenilirlik ve hazır olma değerlerini %87 ve üzerine çıkartmak için oldukça fazla maliyet yaratacak faaliyetlerin yapıldığı ve olumlu sonuçlar alındığı görülmektedir. Ancak sistemin bu haliyle kullanımı maliyet etkin olmadığından, ARI İHA-12'nin arızalanmasına sebep olan kök nedenin veya arızaların giderilmesinde

maliyet yaratan tadarik, onarım gibi maliyet kalemlerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Elde edilecek sonuca göre ARI İHA-12 için iyileştirme ve/veya modernizasyon uygulanması önerilmektedir.



Şekil 5.20: ARI İHA-5'in çıktı değerine göre kritiklik seviyesinin tespit edilmesi



Şekil 5.21: ARI İHA-12'nin Matlab Fuzzy Logic Toolbox Rule Viewer görüntüsü

Çalışma kapsamında geliştirilen ÖDKDS, MATLAB fuzzy logic toolbox ortamında uygulanmıştır. ÖDKDS'nin girdi ve çıktı değerleri aynı programın Şekil 5.21'de verilen "Rule Viewer" penceresinde görülmektedir.

ÖDKDS'nin ilgili paydaşlarca kullanılmasına yönelik geliştirilecek program için Şekil 5.22'de gösterilen taslak kullanıcı arayüzünün tasarlanması hedeflenmektedir. Kullanıcı bu arayüz vasıtasıyla envanterindeki sistemlere ait LDA verilerini girerek, sistemlerin kritiklik seviyelerini belirleyebilecektir. Bunun yanında, ÖDKDS kullanıcının veri tabanına entegre edilerek, tüm girişlerin otomatik yapılması da sağlanabilir.

Plaka / NSN / Parça Nu: -----	
Veri Girişi	Sonuç
Güvenilirlik 80 %	Kritiklik Değeri Kritiklik D
Hazır olma 80 %	Bakım Önerisi Kullanıma Devam
Ömür devri süresi 5 yıl	
Ömür devri maliyeti 30K ₺	
Çalıştır	Kaydet Sil

Şekil 5.22: Geliştirilmesi öngörülen ÖDKDS programının taslak kullanıcı arayüzü

5.4 ÖDKDS'nin Doğrulanması

Jenerik olarak oluşturulan İHA saha verileri ve uzman personel görüşleri kullanılarak geliştirilen ÖDKDS, girdi değişkenlerinin değerlerine bağlı olarak ilgili sistemin kritiklik seviyesini vermektedir. Elde edilen bu kritiklik seviyesine göre de alınacak operasyonel ve lojistik destek kararları belirlenmektedir.

Oluşturulan ÖDKDS'nin gerçek dünyada kullanılabilirliğinin yani geçerliliğinin olup olmadığının araştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak askeri ve ticari gizlilikten dolayı kamu ve özel sektörden İHA saha verileri alınamamıştır.

Bu kapsamda, 12 adet İHA'ya ait Tablo 4.5'deki ARI İHA'ların 2019 yılı LDA sonuçlarına göre alınabilecek muhtemel bakım kararlarının neler olabileceği 10 adet uzman personele sorulmuştur. Alan uzmanlarından alınan cevaplar SPSS-22

programında analiz edilerek kritiklik değerleri belirlenmiştir. SPSS-22 çıktıları Tablo 4.20’de verilmiştir.

Tablo 5.20: Alan uzman cevaplarının SPSS program çıktıları

		ARI_1	ARI_2	ARI_3	ARI_4	ARI_5	ARI_6
N	Valid	10	10	10	10	10	10
	Missing	0	0	0	0	0	0
Mean		3,8000	2,9000	2,7000	3,1000	1,2000	1,9000
Median		4,0000	3,0000	3,0000	3,0000	1,0000	2,0000
Mode		4,00	3,00	3,00	3,00	1,00	2,00
Std. Deviation		,42164	,56765	,48305	,31623	,42164	,56765

		ARI_7	ARI_8	ARI_9	ARI_10	ARI_11	ARI_12
N	Valid	10	10	10	10	10	10
	Missing	0	0	0	0	0	0
Mean		1,2000	3,9000	1,2000	1,8000	2,2000	1,9000
Median		1,0000	4,0000	1,0000	1,0000	2,0000	2,0000
Mode		1,00	4,00	1,00	1,00	2,00	2,00
Std. Deviation		,42164	,31623	,42164	1,31656	,42164	,56765

Alan uzmanlarının değerlendirmeleri ile ÖDKDS çıktıları karşılaştırılmış ve sonuç Tablo 5.21’de sunulmuştur.

Tablo 5.21: ÖDKDS geçerlilik değerlendirme tablosu

İHA	Girdi Değişkenleri			Uzman Personel Görüşü			ÖDKDS Çıktısı	
	Güvenilirlik (%)	Hazır Olma (%)	Ömür Devri Süresi (yıl)	Yıllık Ömür Devri Maliyeti (TL)	Kritiklik Seviyesi	Bakım Kararı	Kritiklik Seviyesi	Bakım Kararı
ARI-1	88	91	18	30	D	Kullanıma devam	D	Kullanıma devam
ARI-2	85	70	15	49	C	Bakımların artırılması	C	Bakımların artırılması
ARI-3	72	80	4	52	C	Bakımların artırılması	C	Bakımların artırılması
ARI-4	72	71	14	50	C	Bakımların artırılması	C	Bakımların artırılması
ARI-5	52	75	6	60	A	Yenileştirme veya elden çıkartma	A	Yenileştirme veya elden çıkartma
ARI-6	85	68	8	60	B	İyileştirme, Modernizasyon	B	İyileştirme veya modernizasyon
ARI-7	82	88	19	70	A	Yenileştirme veya elden çıkartma	A	Yenileştirme veya elden çıkartma
ARI-8	92	94	5	45	D	Kullanıma devam	D	Kullanıma devam
ARI-9	70	58	9	70	A	Yenileştirme veya elden çıkartma	A	Yenileştirme veya elden çıkartma
ARI-10	82	88	20	50	A	Yenileştirme veya elden çıkartma	D	Kullanıma devam
ARI-11	69	75	13	72	B	İyileştirme, Modernizasyon	B	İyileştirme veya modernizasyon
ARI-12	87	89	3	75	B	İyileştirme, Modernizasyon	B	İyileştirme veya modernizasyon

Yapılan geçerlilik değerlendirmesi sonucunda, alan uzmanları ve ÖDKDS tarafından, 10 numaralı ARI İHA dışındaki tüm ARI İHA'lar için aynı bakım kararı önerilmiştir. Alan uzmanları tarafından ARI İHA-10 için sistemin yaşından (20) dolayı “yenileştirme veya envanterden çıkartma” faaliyeti önerilmiştir. Ancak, ÖDKDS programı ise yüksek güvenilirlik ve hazır olma değerlerinden dolayı “kullanıma devam” çıktısı vermiştir. Bunun dışında tüm çıktılar ile uzman personel önerileri birbirleri ile örtüşmektedir. Bu duruma göre, geliştirilen ÖDKDS % 91.7 doğruluk oranı ile sonuç vermektedir.

Bu bölümde, ÖDKDS'nin oluşturulmasına yönelik;

- İhtiyaç duyulan verilerin toplanması,
- MATLAB fuzzy logic toolbox programı kullanılarak modelin oluşturulması,
- Jenerik olarak oluşturulan ARI-İHA saha verileri kullanılarak ÖDKDS'nin çalıştırılması,
- ÖDKDS'nin gerçek dünyada kullanılabilirliğinin tespit edilmesine yönelik doğrulanmasının yapılması ile ilgili konular yer almaktadır.

Müteakip bölümde, ÖDKDS geliştirilmesine yönelik yapılan çalışma sonuçlarının değerlendirmeleri ve gelecek dönemlerdeki çalışmalara yönelik öneriler yer almaktadır.



BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1 Sonuç

Lojistik destek alanındaki problemlerin çözümü, daha çok uzman kişilerin ve yöneticilerin bilgi ve tecrübelerine dayanmaktadır. Karar vericiler, ilgili sistemin saha verileri başta olmak üzere sisteme ait operasyon gereksinimleri, çevresel şartlar gibi onlarca kritik veriyi göz önünde bulundurmaktadırlar. Bu yönüyle lojistik destek ile ilgili karar verme süreçleri, farklı amaçları olan çok sayıda karar vericiler ve süreç girdileri olan karmaşık bir yapı içermektedir. Bunun yanında karar vericiler, birçok teknik girdiler hakkında yeterli bilgi sahibi olmayabilirler yada bunları analiz yapmaya ve modellemeye yeterli zamanları bulunmayabilirler. Ayrıca sistem çeşitliliğinin ve miktarının da arttığı göz önünde bulundurulduğunda tüm bu verilerin manuel olarak kontrol edilmesi ve karar alınması zorlaşmaktadır.

Tüm bu şartlar altında, çok fazla sistem ve bu sistemlere ait lojistik destek verileri ve operasyon planlarına bağlı farklı gereksinimlerin bulunduğu bir ortamda, en uygun ve maliyet etkin lojistik destek çözümünün belirlenmesinde yönetici kabiliyetine bağlı karar verme metodu pratikte uygulanması zordur ve kullanıma elverişli değildir.

Tüm bu nedenlerle değişik kademelerdeki karar vericiler, lojistik destek problemlerini yönetmek için yetki düzeylerine uygun bir araca ihtiyaç duymaktadırlar.

Bu çalışmada, lojistik destek alanındaki karar verme süreçlerinde yaşanmakta olan sıkıntılıların çözümüne yönelik bulanık kural tabanlı ÖDKDS geliştirilmiştir.

Matemtiksel modellerin, lojistik destek alanının esnekliğini modele tam yansıtamayacağından, ÖDKDS'nin oluşturulmasında insan doğasının karar alma mekanizma esnekliğine daha yakın olduğu değerlendirilen bulanık mantık modeli kullanılmıştır (Ross, 2004:3-5; Ballı, vd., 2009:15-16; Paksoy, vd., 2013:1; Orji & Wei, 2015:1; Nguyen, vd., 2018:ix-x; Kumar S., 2019:1-3).

ÖDKDS'nde girdi değişkenleri olarak; “güvenilirlik”, “hazır olma”, “ömür devri süresi” ve “yıllık ömür devri maliyeti” faktörleri kullanılmış olup, çıktı değişkenleri olarak da “A”, “B”, “C” ve “D” kritiklik seviyeleri kullanılmıştır. Oluşturulan karar destek sistemi, girdi değişkenlerinin üyelik fonksiyonu için girilen sayısal değerlere göre kritiklik değerlerinden birini çıktı olarak vermektedir.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen ÖDKDS ile, sistemlerin görev performansını etkileyen müşteri taleplerinden, saha verilerine kadar bir çok önemli faktör karar alma sürecine dahil edilmiştir. Özellikle muharebe/görev şartları hızla değişen ve envanterinde çok fazla sistem bulunduran birliklerin/firmaların lojistik destek kararları alırken gözden kaçırabilecekleri önemli detayların görüntülenmesi sağlanmıştır.

ÖDKDS, karar vermenin yanında envanterdeki sistemlerin güvenilirlik, hazır olma, ömür devri süresi ve ömür devri maliyeti gibi bir çok faktörler ile ilgili tek bir sistem veya filo için anlık veri gösterebilmektedir.

Tüm bu yönleriyle ÖDKDS'nin, karar alma sürecini kişisel yargılardan arındıracağı, taktiksel ve stratejik kararlar için yöneticilere zaman ve kaynak tasarrufu sağlayacağı öngörülmektedir.

ÖDKDS, herhangi bir kamu kurumunun veya özel firmanın bilgi sistemine adapte edilerek entegre çalışması sağlanabilecektir. Diğer bilgi sistemlerinin veri tabanındaki lojistik destek verileri kullanılabilir. Özellikle SAP gibi Kurumsal Kaynak Planlama veritabanındaki veriler ÖDKDS'ye girdi olarak kullanılabilir veya ÖDKDS çıktıları da diğer veritabanlarına kaydedilerek bir çok programlara girdi sağlanabilecektir.

ÖDKDS, değişimlere bağlı olarak geliştirilmeye açık bir modeldir. ÖDKDS, muharebe şartlarındaki değişiklikler, sistemlerin teknolojik yapısındaki gelişmeler,

sosya- ekonomik yapıdaki değişimlere ve yeniliklere adapte edilebilecek esnekliktedir. Örneğin, değişen şartlara göre ÖDKDS'nin girdi ve çıktı değişkenleri ve bu değişkenlere ait üyelik fonksiyonlarının sayısal değerleri güncellenerek adaptasyon sağlanabilecektir.

Farklı modellerde tasarlanmış KDS'ler ve öğrenme algoritmaları ÖDKDS'ye eklenerek, organizyondaki eksiklikleri tespit edecek ve karar vericilere zafiyetleri giderici önerilerde bulunabilecek daha zeki hibrit sistemlere dönüştürülebilir.

ÖDKDS'nin gösterdiği veriler ve sunduğu lojistik destek kararları, yöneticiler/karar vericiler için öneri niteliğindedir. Nihai karar her zaman yöneticilere/karar vericilere aittir.

ÖDKDS'nin başarısı, bulanık kümelerin ve bulanık kuralların tanımlanmasının etkinliğine bağlıdır. Bu sebeple bulanık kümeler ve bulanık kurallar, organizasyon yapısı göz önünde bulundurularak uzman görüşlerine göre tanımlanmalıdır.

Çalışma sonuçları, ÖDKDS'nin sistem ömür devri ile ilgili kararların alınmasında oldukça başarılı olduğunu ve alanda güvenle kullanılabilceğini göstermektedir. Lojistik alanında yapılmış çalışmalara ilave olarak bu tez çalışmasında da görüleceği üzere bulanık mantığın sistem ömür devri alanında kullanılabilcek güvenilir bir yöntem olduğu öngörülmektedir. Bu kapasamda, lojistik alanındaki paydaşlara fayda sağlayabilmek için ÖDKDS'nin sahada kullanımına yönelik bir bilgisayar programı geliştirme çalışması başlatılmıştır.

Bu çalışmanın literatüre muhtemel katkıları ile ilgili aşağıdaki hususlar belirtilebilir. Tez kapsamında belirlenen yöntem ve uygulama alanı ile ilgili yapılmış çalışmalar ve gerçek hayat uygulamaları incelendiğinde; bulanık mantık tabanlı sistem ömür devri karar destek sistemi ile ilgili bir çalışmanın benzerine rastlanılmamıştır. Bu çalışma ile İHA'nın ve farklı sistemlerin ömür devri için ilk kez bulanık kural tabanlı bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Bu açıdan hazırlanan tezin özgün bir çalışma niteliğinde olabileceği değerlendirilmektedir. Ayrıca, ÖDKDS'nin gerçek hayatta bir çok alanda kullanılabilcek olması, çalışmanın önemini de arttırmaktadır.

6.2 Öneriler

Bundan sonraki çalışmalarda;

- ÖDKDS sadece sistem düzeyinde kritiklik seviyesi vermektedir. Müteakip çalışmalarda, sistemi oluşturan alt parçaların da dahil olacağı karar destek sistemleri oluşturulabilir.
- Gerçek İHA sistemleri için alınan bakım kararları ile işbu çalışma kapsamında geliştirilen ÖDKDS sonuçları karşılaştırılabilir.
- ÖDKDS'ne eklenecek yeni kuralların belirlenmesinde yapay sinir ağları kullanılarak ÖDKDS geliştirilebilir.
- Farklı tiplerde ve sayıda girdi ve çıktı değişkenleri ve/veya farklı çıkarım ve durulaştırma yöntemleri kullanılarak farklı amaçlarla kullanılacak değişik karar destek sistemi uygulamaları oluşturulabilir.

ÖDKDS uygulayıcıları;

- ÖDKDS'yi, kendi firmalarının/kurumlarının operasyonel gereksinimlerine ve lojistik destek alt yapısına göre güncelleyerek kullanabilirler.
- ÖDKDS'yi firmalarında/kurumlarında bulunan bilgi sistemlerine entegre ederek daha gelişmiş karar destek sistemi oluşturabilirler.

KAYNAKLAR

1. Abacı, H. (2016). Ömür devri maliyetine Dayalı Çoklu Makine Yenileme Problemi için Model Önerisi. (*Yayımlanmamış yüksek lisans tezi*). Kara Harp Okulu / Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
2. Ahmad, R., & Kamaruddin, S. (2013). Maintenance Decision-Making Process For a Multicomponent Production Unit Using Output-Based. *International Journal of Performability Engineering*, 9(3), 305-319. doi:10.23940/ijpe.13.3.p305.mag
3. Aiello, G., Certa, A., & Enea, M. (2009). A Fuzzy Inference Expert System to Support the Decision of Deploying a Military Naval Unit to a Mission. *Lecture Notes in Computer Science*, 320-327.
4. Ak, M. F. (2017). İş Sağlığı ve Güvenliğinde Sinirsel Bulanık Mantık Yaklaşımı Kullanılarak Risk Değerlendirmesi. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
5. Akar, M. (2009). Sabit Mıknatıslı Senkron Motorda Yapay Zeka Yöntemleri ile Mekanik Hataların Teşhisi. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
6. Akıllı, A., & Atıl, H. (2014). Süt Sığırcılığında Yapay Zeka Teknolojisi: Bulanık Mantık ve Yapay Sinir Ağları. *Hayvansal Üretim*, 55(1), 39-45.
7. Akkaptan, A. (2012). Hayvancılıkta Bulanık Mantık Tabanlı Karar Destek Sistemi. (*Yayımlanmamış yüksek lisans tezi*). Ege Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
8. Aksoy, A. (2012). Global Dış Satın Alma İçin Akıllı Karar Destek Sistemi. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Uludağ Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
9. Akyürek, S., Yılmaz, M. A., & Taşkıram, M. (2012). *İnsansız Hava Araçları Muharebe Alanında ve Terörle Mücadelede Devrimsel Dönüşüm*. Bilge Adamlar Stratejik Araştırmalar Merkezi (BİLGESAM) Rapor No:53, Ankara.
10. Alper, M. (2000). Uçak Bakım Planlamasında Güvenilirlik Analizi İçin Bir Yöntem Geliştirilmesi. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Anadolu Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
11. Altunok, T. (2010, Aralık). Türkiyenin İHA Serüveni. *Bilim Teknik*, 38-41. Nisan 22, 2020 tarihinde

https://bilimteknik.tubitak.gov.tr/system/files/biltek_arsiv/S-517-38.pdf
adresinden alındı

12. Arslan, M. C. (2012). Kısıtlar teorisi ile Maliyet-Hacim-Kâr Analizlerinde Bulanık Mantık Uygulamaları. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Gaziosmanpaşa Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tokat.
13. ASD ve AIA. (2016). *SX000i / International guide for the use of the S-Series Integrated Logistics Support (ILS) specifications*. AeroSpaca and Defence Industries Association of Europe (ASD) ve Aerospace Industries Association (AIA).
14. ASD ve AIAS. (2014). *3000L / International specification for Logistics Support Analysis*.
15. Aşjad, M., Kulkarni, M., & Gandhi, O. (2012). A Conceptual Framework for Analysing, Improving Andoptimising Supportability of Mechanical Systems. *Int. J. Strategic Engineering Asset Management*, 1(2), 135-152. doi:10.1504/IJSEAM.2012.050918
16. Aslan, T. (2017). Modern Maliyet Muhasebesinde Bulanık Mantık Yaklaşımı: Bir Hastane Uygulaması. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Sakarya Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
17. Ateş, S. S. (2013). Havacılık İşletmelerinin Operasyon Sürecinde Gecikmeleri Azaltmaya Yönelik Karar Destek Sistemi Model Önerisi Ve Atatürk Havalimanında Uygulama. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Anadolu Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
18. Avcı, M. G. (2016). *A Decision Support System for Global Supply Chain Risk Management by Considering Premium Freights*. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Dokuz Eylül Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
19. Aytaç, E. (2011). Kalite İyileştirme Sürecinde Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Hata Türü ve Etkileri Analizi ve Uygulama Örneği. (*yayımlanmış doktora tezi*). Adnan Menderes Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.
20. Azadeh, A., Ebrahimipour, V., & Baver, P. (2010). A Fuzzy Inference System For Pump Failure Diagnosis to Improve Maintenance Process: The Case of a Petrochemical Industry. *Expert Systems with Applications*, 37, 627-639. doi:10.1016/j.eswa.2009.06.018.
21. Babbitt, G. (1975). *An Historical Review of the Integrated Logistic Support Charter*. ABD Savunma Bakanlığı.
22. Balaban, Ş. Y. (2014). *A Fuzzy Goal Programming Based Decision Support System For Design And Management Of Biomass To Energy Supply Chains*. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Dokuz Eylül Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

23. Balaman, Ş. Y. (2014). A fuzzy Goal Programming Based Decision Support System For Design and Management Of Biomass To Energy Supply Chains. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Dokuz Eylül Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
24. Balca, Y. (2007). *Düzenli Depolama Alanı Belirlemede Karar Destek Sisitemi Kullanımı*. (*Yayımlanmamış yüksek lisans tezi*). İstanbul Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
25. Balkan, D. (2016). İşletmeler İçin Yeni bir Performans Ölçüm Sistemi Tasarımı ve WEB Tabanlı Karar Destek Sistemi. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Gazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
26. Ballı, S., Karasulu, B., Uğur, A., & Korukoğlu, S. (2009). Basketbolda Oyuncu Seçimi İçin Sinirsel-Bulanık Karar Destek Sistemi. *İTÜ Dergisi/Mühendislik*, 8(1),15-25.
27. Baral, G. (2011). Bulanık Mantık Kuramını Kullanarak Belirsizlik Şartlarında Maliyet-Hacimkar Analizleri. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Sakarya Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Skarya.
28. Baykal, N., & Beyan, T. (2004). *Bulanık Mantık İlke ve Temelleri*. Ankara: Bıçaklar Kitabevi.
29. Bayram, M. (2010). Performansa Dayalı Lojistik, Ulusal Kamu Tedarik Sistemindeki Yeri ve Bulanık Mantık ile Tedarikçi Seçimi Uygulaması. (*Yayımlanmamış yüksek lisans tezi*). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
30. Bayyurt, L. (2017). Bulanık Mantık Tabanlı Karar Destek Sistemi ile Broilerlerde Et Kalite Analizi. (*Yayımlanmamış yüksek lisans tezi*). Gaziosmanpaşa Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
31. Bender, A., Pincombe, A., & Sherman, G. (2010). Determthe Triggers For Early Life Cycle Failure In Decay Affected Logistic Queueing Simulation. *EMAC 2009 Annual Conference.*, (s. C715-C729).
32. Blanchard, B. (2004). *System Engineering Management For Sustainable Development*. Virginia: John Wiley & Sons, INC.
33. Blanchard, B. (2009). Life-Cycle Costing: An Effective Tool For Total Asset Management. A. P. Sage içinde, *Systems Engineering And Management For Sustainable Development*. (Cilt 2). EOLSS.
34. Borgia, O., De Carlo, F., & Tucci, M. (2009). From Diagnosis To Prognosis: A Maintenance Experience For An Electric Locomotive. *Safety, Reliability and Risk Analysis: Theory, Methods and Applications* (pp. 211-218). London: Taylor & Francis Group.

35. Bouachera, T. (2012). Whole Life Costing Optimisation With Integrated Logistics Support Considerations. (*Yayımlanmış doktora tezi*). Robert Gordon University, Aberdeen/İskoçya. Retrieved from <http://openair.rgu.ac.uk>
36. Brusa, E., & Ferretto, A. D. (2018). *Systems Engineering and Its Application to Industrial Product Development*. Warsaw, Poland: Springer.
37. Bulgurcu, B. (2014). Sinirsel Bulanık Mantık Yaklaşımı İle Öngörü modellemesi: İşsizlik Oranı için Türkiye Örneği. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Çukurova Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.
38. Buran, B. A. (2019). *Kısıtlara Bağlı Matematiksel Modelleme İle İnsansız Hava Aracı İçin Yumuşatılmış Rota Planlaması*. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). İstanbul Kültür Üniversitesi / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
39. Büyüközkan, G., Kahraman, C., & Ruan, D. (2004). A Fuzzy Multi-Criteria Decision Approach For Software Development Strategy Selection. *International Journal of General Systems.*, 33(2), 259-280. doi:10.1080/03081070310001633581.
40. Çakır, Engin;. (2015). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Altı Sigma Projeleri Seçiminde Uygulanması. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Adnan Menderes Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.
41. Çalık, M. (2014). *Üretim Açısından Ömür Devri Maliyet Modelinin Analizi: Yat ve Gezinti Tekneleri İmalatında Uygulanabilirliğine Yönelik Bir Model Önerisi*. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Dumlupınar Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.
42. Candell, O. (2009). Development of Information Support Solutions for Complex Technical Systems using eMaintenance. (*Yayımlanmış doktora tezi*). Luleå University of Technology, İsveç.
43. Candell, O., Karim, R., & Soderholm, P. (2009). e- Maintenance Information logistics for maintenance support. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing.*, 25, 937-944. doi:10.1016/j.rcim.2009.04.005.
44. Cantürk, A. (2018). Patlıcan Bitkisinin Sulama Programlamasının Belirlenmesinde Bulanık Mantık Uygulamaları. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Ondokuz Mayıs Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
45. Carlo, F., Borgia, O., Tucci, M., & Rapaccini, M. (2009). A Rule Based Expert System For Maintenance As A Competitive Advantage. *IEEE Xplore*. doi:10.1109/RAMS.2009.4914718.

46. Çavdar, E. (2009). Kalite Fonksiyonu Yayılımında Bulanık Mantık Tabanlı Değerlendirme: Yüksek Öğretimde bir Uygulama. (Yayımlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
47. Çekyay, B. (2009). *Reliability and Maintenance of Semi-Markov Missions*. (Yayımlanmamış doktora tezi). Koç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
48. Çelik, B. (2008). Development of a Decision Support System for Performance-Based Landfill Design. (Yayımlanmamış doktora tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
49. Çelik, B. (2008). *Development of a Decision Support System for Performance-Based Landfill Design*. (Yayımlanmamış doktora tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
50. Çelik, M. (2009). An Integrated Decision Support System Towards Risk-Based Analytical Modelling Of Managerial Processes in Shipping Business. (Yayımlanmamış doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
51. Çetinkaya, S. (2019). *Bakım Onarım Uygulamaları İçin Bir Bulanık Karar Destek Sistemi Tasarımı*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Erciyes Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
52. Ceviz, E. (2007). *A Decision Support System For Consumer Driven Supply Networks*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Boğaziçi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
53. Ceviz, E. (2007). *A Decision Support System For Consumer Driven Supply Networks*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Boğaziçi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
54. Çiçek, C. T. (2019). *İnsansız Hava Aracı Baz İstasyonlarının 3 Boyutlu Yerleşim ve Kaynak Atama Problemlerinin Optimizasyonu*. Yayımlanmamış doktora tezi). TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
55. Çırpı, M. (2020). Katmanlı Üretim Teknolojilerinin Yapılarda Uygulanabilirliğine Yönelik Bir Karar Destek Sistemi. (Yayımlanmamış doktora tezi). Mimar Sinan Üniversitesi, Ankara.
56. Çoban, S. (2018). *Taktik İHA (TİHA) Tasarımı, İmalatı ve Otonom Kontrolü*. (Yayımlanmamış doktora tezi). Erciyes Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
57. Çoban, S., & Oktay, T. (2018). Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) According to Engine Type. *Journal of Aviation*(2), 177-184. doi:10.30518/jav.461116.

58. Çömert, R. (2018). *İnsansız Hava Aracı Verilerinden Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yaklaşımı İle Sığ Heyelanların Tespiti. (Yayımlanmamış doktora tezi). Eskişehir Anadolu Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.*
59. Cordon, F., & Herrera, O. (1998). A Two-Stage Evolutionary Process for Designing TSK Fuzzy Rule-Based Systems. *IEEE Transactions on Systems, MAN, AND Cybernetics.*, 26, 703-715.
60. Çuhadar, İ. (2017). *İnsansız Hava Aracı Sistemlerinde Bilgi Güvenliği Ve Risk Tabanlı Çok Kriterli Karar Verme Modeli İle Değerlendirilmesi. (Yayımlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.*
61. Dalamagkidis, K. (2015). Aviation History and Unmanned Flight. K.P. Valavanis, & G.J. Vachtsevanos içinde, *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles* (Cilt 4, s. 57-81). Springer Science.
62. Dalkey, N. (1969). An Experimental Study Of Group Opinion The Delphi Method. *Futures.*, 1(5), 408-426. doi:10.1016/S0016-3287(69)80025-X.
63. Davidson, P. L. (2013). The Delphi technique in doctoral research: Considerations and rationale. *Review of Higher Education and Self-Learning*, 6(22), 53-65.
64. DEF(AUST)5691. (2002). *Logistic Support Analysis Defence Standart.* Avusturalya Savunma Bakanlığı.
65. DEF(AUST)5692. (2003). *Logistic Support Analysis Record Requirement for the Australian Defence Organisation.* Avusturalya Savunma Bakanlığı.
66. DeGarmo, M., & Nelson, G. M. (2004). Prospective Unmanned Aerial Vehicle Operations in the Future National Airspace System. *American Institute of Aeronautics and Astronautics*, 1-8.
67. Delice, E. K. (2010). Kalite Fonksiyon Yayılım Sürecinin Eniyilenmesi: Çok Amaçlı Programlama Yaklaşımına Dayalı Bir Karar Destek Sistemi. *(Yayımlanmamış doktora tezi). Gazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.*
68. Demirkıran, Z. K. (2011). *Teknoloji Eleme ve Seçme Modeli: İnsansız Hava Aracı Haberleşme Sistemi Uygulaması. (Yayımlanmamış doktora tezi). Kara Harp Okulu / Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.*
69. Dhillon, B. (2010). *Life Cycle Costing for Engineers.* CRC Press,USA.
70. Dikmen, M. (2015). İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemlerinin Hava Hukuku Bakımından İncelenmesi. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 14(1), 145-176.

71. Dinç, A. (2010). *İnsansız Hava Aracı ve Güç Grubu Müşterek Öntasarımının Seçkin Genetik Algoritma Yöntemiyle En İyilemesi. (Yayımlanmamış doktora tezi). Anadolu Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.*
72. Distefano, S., & Puliafito, A. (2009). Reliability and availability analysis of dependent–dynamic systems. *Reliability Engineering and System Safety*, 1381-1393. doi:10.1016/j.ress.2009.02.004.
73. Djeridi, R., & Cauvin, A. (2007). Integration of a Modelling Method In The Design Of Supply Chains:Proposal of an Approach In The Framework Of Design For Logistics. *The 4th International Federation of Automatic Control Conference on Management and Control of Production and Logistics (IFAC MCPL 2007).*, 40, s. 403-408. Sibiu, Romanya. doi:10.3182/20070927-4-RO-3905.00067.
74. Doğan, O. (2012). Talep Tahmininde Sinirsel Ağ Tabanlı Bulanık Mantık Yöntemi (ANFIS) Kullanımı Ve Yalın Yapay Sinir Ağı Metodu ile Karşılaştırmalı Bir Uygulama. *(Yayımlanmamış doktora tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi / Fen Bilimler Enstitüsü, İzmir.*
75. Doğan, Ö. (2018). Bulanık Mantık ve Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Temelinde Maliyet Hacim Kâr Analizleri: Bir Konaklama İşletmesi Örneği. *(Yayımlanmamış doktora tezi). Sakarya Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.*
76. Doğanalp, B. (2012). İnsan kaynakları Seçme Sürecinde Bulanık Mantık Yaklaşımı: Görgül Bir Araştırma. *(Yayımlanmamış doktora tezi). Selçuk Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.*
77. Dombi, J., & Gera, Z. (2005). The Approximation of Piecewise Linear Membership Functions and Lukasiewicz Operators. *Fuzzy Sets and Systems*, 154(2), 275-286. doi:10.1016/j.fss.2005.02.016.
78. Dördüncü, H. (2018). Transit Merkezlerin Çok Kriterli Karar Destek Sistemi Ile Performans Değerlemesi: İstanbul 3. Havalimani Örneği. *(Yayımlanmamış doktora tezi). İstanbul Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.*
79. Dündar, H. (2020). Sürdürülebilir Şehir İçi Dinamik Araç Rotalama Problemi Üzerine Bir Karar Destek Sistemi Önerisi. *(Yayımlanmamış doktora tezi). Hacettepe Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.*
80. Efendiğil, T. (2008). Müşteri Odaklı Sistemler İçin Yapay Sinir Ağı ve Bulanık Çıkarım Tabanlı Bir Karar Destek Sistemi Yaklaşımı. *(Yayımlanmamış doktora tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
81. Elmas, Ç. (2003). *Bulanık Mantık Denetleyiciler*. Ankara: Seçkin.

82. Elmas, Ç. (2011). *Yapay Zeka Uygulamaları*. Seçkin Yayıncılık.
83. Elmas, Ç., & Sönmez, Y. (2011). A Data Fusion Framework With Novel Hybrid Algorithm For Multi-Agent Decision Support System for Forest Fire. *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9225-9236. doi:10.1016/j.eswa.2011.01.125
84. Elsayed, A. (1996). *Reliability Engineering*. Addison Wesley Longman.
85. Eom, S., & Kim, E. (2006). E Survey of Decision Support System Applications. *Journal of the Operational Research Society*, 57(11), 1264-1278. doi:10.1057/palgrave.jors.2602140
86. Ercan, C. (2013). Heterojen İnsansız Hava Sistemi Filosu Dinamik Rota Planlaması için Karar Destek Sistemi. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Kara Harp Okulu / Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
87. Erdal, H. (2017). Tedarik Zinciri Ağında Riskin Yönetimi: Tedarik Yönlü Bir Karar Destek Sistemi Tasarımı. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Atatürk Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
88. Erdoğan, M. (2018). *Bakım Yönetimi İçin Bir Karar Destek Sistemi Önerisi: Toplu Taşıma Süreci Üzerine Bir Uygulama*. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
89. Erkoyuncu, J. A., Khan, S., Butler, N., & Rushton, K. (2017). Perspectives on Trading Cost And Availability for Corrective Maintenance at The Equipment Type Level., 168, s. 53-69. doi:10.1016/j.res.2017.05.041.
90. Eryiğit, M. (2005). *Hava Taşımacılığında Filo Atama Problemlerini Çözmeye Yönelik Bir Karar Destek Sistemi geliştirme*. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Hacettepe Üniversitesi / Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
91. Esen, S. (2013). Bulanık Mantık Yaklaşımıyla Teknik Analiz Yönteminin Uygulanması: İMKB 30 Örneği. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Sakarya Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
92. Fazlıoğulları, O. (2003). Bulanık (Fuzzy) Matematikle Ömür Devri Maliyeti Risk Analizi (Bir Uygulama: Bilgisayar Dershanesi Projesi). (*Yayımlanmamış yüksek lisans tezi*). Kara Harp Okulu / Savunma Bilimleri Üniversitesi, Ankara.
93. Fbrycky, W., Blanchard, B. S., & Verma, D. (1999). Simultaneously Considering Life-Cycle Cost and Effectiveness For System Design Evaluation. *INCOSE International Symposium*, 9, pp. 446-454. doi:10.1002/j.2334-5837.1999.tb00194.x
94. Feldman, R., Lively, W., Slade, T., McKee, L., & Talbert, A. (1991). The Development of An Integrated Mathematical And Knowledge-Based

- Maintenance Delivery System. *Computers & Operations Research*, 19(5), 425-434. doi:10.1016/0305-0548(92)90071-C
95. Fish, L. S., & Busby, D. M. (2005). The Delphi Method. *Research methods in family therapy*, 238-253.
96. Frohlich, M. T., & Westbrook, R. (2001). Arcs of Integration: an International Study Of Supply Chain Strategies. *Journal of Operations Management*, 19, 185-200.
97. Frohlich, M. T., & Westbrook, R. (2002). Demand Chain Management in Manufacturing And Services:. *Journal of Operations Management*, 20, 729-745. doi:10.1016/S0272-6963(02)00037-2.
98. Gabbar, H., Damilola, A., & Sayed, H. (2007). Trend Analysis Using Real Time Fault Simulation for Improved Fault Diagnosis. *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics.*, 3829–3833. doi:10.1109/ICSMC.2007.4414112.
99. Gan, L., & Li, Y. (2012). Apply Degree of Match & Fuzzy Rule Based Mode for FMECA in Flight Control System. *International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering*, 176-179. doi:10.1109/ICQR2MSE.2012.6246214.
100. Giachetti, R. (1998). A Decision Support System For Material And Manufacturing Process Selection. *Journal of Intelligent Manufacturing.*, 9(3), 265-276. doi:10.1023/A:1008866732609.
101. Gn.kur.Bşk.lığı. (2002). *Lojistik Mühendislik ile Başlayan Lojistik Değişim ve Gelişim Kitabı*. Ankara: Gn.Kur.Bşk.lığı.
102. Gökçen, H. (2007). *Yönetim Bilgi Sistemleri*. Ankara: Palme Yayıncılık.
103. Gonzalez, J. C. (1998). Integrated Logistic Support Applied to the TC Maintenance and Operation. *Observatory Operations to Optimize Scientific Return*. (s. 343-350). Kona, Hawaii: Instituto de Astrofísica de Canarias (JAC).38200 La Laguna (Tenerife) - SPAIN.
104. Gordon, T. J. (1994). The Dephi method. *C/UNU Millennium project, futures research methodology*. www.futurovenezuela.org/_curso/5-delphi.pdf. adresinden alındı.
105. Güçdemir, H. (2017). Design and Implementation of a Rule-Based Decision Support System For Dynamic Customer Relationship Management. *(Yayımlanmamış doktora tezi)*. Dokuz Eylül Üniversitesi / Doğal ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü, İzmir.
106. Gupta, S. G., Ghonge, M. M., & Jawandhiya, P. M. (2013). Review of Unmanned Aircraft System (UAS). *International Journal of Advanced*

Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET), 2(2), 1646-1658. Retrieved Nisan 01, 2020.

107. Hao, Y., Trappey, A., Ku, C., & Lin, G. (2005). Develop An Intelligent Equipment Maintenance System Using Cyber-Enabled JESS Technology. *EEE International Conference on Mechatronics* (pp. 927-932). Taipei, Taiwan: ICM. doi:10.1109/icmech.2005.1529387.
108. Hennequin, S., & Arango, G. (2009). Optimization of Imperfect Maintenance Based on Fuzzy Logic For a Single-Stage Single-Product Production System. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 412-429. doi:10.1108/13552510910997779
109. Higa, K., & Lee, H. (273-285). A graph-based approach for rule integrity and maintainability in expert system maintenance. *Information & Management*, 33(6), 1998. doi:10.1016/S0378-7206(98)00037-8.
110. Higa, K., & Lee, H. (1998). A Graph-Based Approach for Rule Integrity And Maintainability in Expert System Maintenance. *Information & Management*, 273-285. doi:10.1016/S0378-7206(98)00037-8.
111. Himeno, Y., Nakamura, T., Terunuma, S., & Furubayashi, T. (1992). Improvement of Man-Machine Interaction by Artificial Intelligence for Advanced Reactors. *Reliability Engineering & System Safety*, 38(1-2), 135-144. doi:10.1016/0951-8320(92)90114-Z.
112. Howard, K. (2018). Emergence of a new method: The Grounded Delphi Method. *Library and Information Research*, 42, 1-30.
113. Hsu, C.-C., & Sandford, B. A. (2007). The Delphi Technique: Making Sense Of Consensus. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 12(10), 1-8.
114. Hussain, S. (2015). Fuzzy Information System For Condition Based Maintenance Of Gearbox. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 28(6), 2509-2518. doi:10.3233/IFS-141530.
115. İç, Y. T. (2006). İşleme Merkezlerinin Seçiminde Kullanılacak Bir Karar Destek Sisteminin Geliştirilmesi. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Gazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
116. İnan, U. H. (2008). Kalite Yönetim Sistemlerinde Tetkik Performansının Bulanık Mantık ile Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bulanık Analitik Süreci Kullanılarak Ölçülmesi. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Yıldız Teknik üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
117. İskender, Ü. (2007). Bulanık mantık Denetleyicisi İle Uçak Yakıt Tüketiminin Modellenmesi. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Gazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

118. ISO/IEC. (2003). *Systems engineering- A guide for the application of ISO/IEC 15288 (System life cycle processes)*. ISO/IEC.
119. İzci, M. A. (2008). Ürün Ömür Devri Yönetim Sistemlerinin Silahlı Kuvvetlere Uygulanması. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
120. İzer, M. U. (2016). *A Decision Support System For Integrated Optimization Of Production, Transportation And Pricing Decisions In A Supply Chain*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Boğaziçi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
121. Jin, T., & Tian, Y. (2012). Optimizing Reliability and Service Parts Logistics for a Time-Varying Installed Base. *European Journal of Operational Research*, 218(1), 152-162. doi:doi.org/10.1016/j.ejor.2011.10.026.
122. Jamil, H., Nair, S., Murrad, M., & İsmail, N. (2018). Military Capability Sustainance: Providing Effective Supports Through Lifespan. *International Journal of Engineering & Technology*, 54-58.
123. Jones, J. (2014). *Integrated Logistics Support Handbook (Third edition)*. Irvine, California: Logistics Management Associates, Sole Logistics Press, McGraw-Hill.
124. JSP-886. (2012). *Defence Logistics Support Chain Manual, Integrated Logistic Support Management*, (Cilt 7). İngiltere Savunma Bakanlığı.
125. Kahveci, M., & Can, N. (2017). İnsansız Hava Araçları: Tarihçesi, Tanımı, Dünyada ve Türkiye'deki Yasal Durumu. *Selçuk Üniversitesi Müh. Bilim ve Teknik Dergi*, 5(4), 511-535. doi:DOI: 10.15317/Scitech.2017.109.
126. Kanat, E. (2016). Hisse Senedi Fiyatlarının Bulanık Mantık Yöntemi İle Tahmin Edilmesi. (Yayımlanmamış doktora tezi). İnönü Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Malatya.
127. Kanat, E., & Akdağ, S. (2017). Bulanık Mantıkla İle Gerçekleştirilen Portföy Optimizasyonunun Boğa ve Ayı Piyasalarında Karşılaştırılması: BİST Örneği. (Yayımlanmamış doktora tezi). Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Niğde.
128. Kandakoğlu, A. (2012). Harbe Hazırlığın Yönetimine Yönelik Bir Karar Destek Sistemi. (Yayımlanmamış doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
129. Karaarslan, N. (2008). İmalat Sektöründe Tedarikçi Yeterlilik Analizi için Bir Bulanık Karar Destek Sistemi. (Yayımlanmamış doktora tezi). *Doktora Tezi*.

130. Karaca, A. (2019). Bulanık mantık Esaslı Karar Destek Sistemi İle Robot Elin Kuvvet Kontrolü. (*Yayımlanmamış yüksek lisans tezi*). İskenderun Teknik Üniversitesi / Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay.
131. Karaca, M. (2010). Bulanık Mantık Kullanılarak İnsansız Hava Aracı İrtifa Kontrolü ve Simülasyonu. (*Yayımlanmamış yüksek lisans tezi*). Erciyes Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
132. Kedia, A., Saw, K., & Katti, B. (2015). Fuzzy Logic Approach in Mode Choice Modelling for Education Trips: A Case Study of Indian Metropolitan City. *a case study of Indian metropolitan city, Transpor, 30/3*, 286-293. doi:10.3846/16484142.2015.1081279.
133. Kıyak, E., & Kahvecioğlu, A. (2003). Bulanık Mantık ve Uçuş Kontrol Problemine Uygulanması. *HAvacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 63-72.
134. Kobbacy, K. (2012). Application of Artificial Intelligence (AI) in Maintenance Modelling and Management., *45(31)*, pp. 54-59. Sevilla, Spain. doi:10.3182/20121122-2-ES-4026.00046.
135. Koç, Y. (2017). *Reliability Analysis Of Tactical Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
136. Korkmaz, Y., İyibilgin, O., & Fındık, F. (2016). Geçmişten Günümüze İnsansız Hava Araçlarının Gelişimi. *SAÜ Fen Bil Der, 2(2)*, 103-109.
137. Kumar, D. (2001). Setting Reliability Goals for Future Air Systems. *IETE Technical Review(18:1)*, 5-9. doi:10.1080/02564602.2001.11416935.
138. Kumar, S. (2019). Algorithms for Solving The Optimization Problems Using Fuzzy and Intuitionistic Fuzzy Set. *Springer*. doi:10.1007/s13198-019-00941-3.
139. Labib, A., Williams, G., & O'Connor, R. (1998). An Intelligent Maintenance Model (System): An Application Of The Analytic Hierrarchy Process And A Fuzzy Logic Rule-Based Controller. *Journal of the Operational Research Society, 49*, 745-757. doi:10.1057/palgrave.jors.2600542.
140. Lad, B. K., & Kulkarni, M. S. (2008). Integrated Reliability And Optimal Maintenance Schedule Design: A Life Cycle Cost Based Approach. *Int. J. Product Lifecycle Management.*, 78-90.
141. Lambert, K. R. (2008). *The development of a Framework for an Integrated Logistics Support System Within a High Technology Industry in a Developing country*. (*Yayımlanmış doktora tezi*). University of South Africa.
142. Lee, S., Cheon, S., & Yang, J. (2014). Development of a Fuzzy Rule-Based Decision-Making System For Evaluating The Lifetime of a Rubber Fender.

Quality and Reliability Engineering International, 31(5), 811-828.
doi:10.1002/qre.1639.

143. Li, M. (2013). A Rule-Based General AI Problem Solving Mechanism Supporting. *Department of Artificial Intelligence University of Edinburgh*.
144. Liang, G., & Tseng, T. (1995). Rule-Based Troubleshooter Design For The Maintenance Of Manufacturing Devices. *Proceedings IEEE Conference on Industrial Automation and Control Emerging Technology Applications*. doi:10.1109/IACET.1995.527578.
145. Ljubisa, V., & Kristin, P. (2019). A Critical Review of the Integrated Logistics Support Suite for Aerospace and Defence Programmes. *International Conference On Engineering Design (ICED19)* (pp. 3541-3550). DELFT, The Netherlands: Bundeswehr University Munich.
146. Malone, P. K., & Nguyen, T. H. (2012). A Method to Meet Life Cycle Affordability Goals. *Annual Reliability and Maintainability Symposium*, 20(1). doi:10.1109/RAMS.2015.7105148.
147. Malone, P., & Nguyen, T. (2015). A Method to Meet Life Cycle Affordability Goals. *Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)*, (pp. 1-6). doi:10.1109/RAMS.2015.7105148.
148. Mamdani, E. H., & Assilian, S. (1975). An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller. *Man-Machine Studies*, 7(1), 1-13. doi:10.1016/S0020-7373(75)80002-2.
149. Mansor, M., Ohsato, A., & Sulaiman, S. (2012). Knowledge management for maintenance activities in the manufacturing sector. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering (IJAME)*, 5, 612-621. doi:10.15282/ijame.5.2012.7.0048
150. Matias, J., Calais, J., Azevedo, S., & Matias, J. (2015). Management and operations maintenance for a water treatment and supply company. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*.
151. Mayadevi, N., Vinodchandra, S., & Ushakumari, S. (2014). A Review on Expert System Applications In Power Plants. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 4(1), 116-126. doi:10.11591/ijece.v4i1.5025.
152. Mcleod, R. B. (1975). Integrated Logistics Support (ILS): How and Why. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 22(4), 150-152.
153. Mete, M. (2007). *Bakım Yönetiminde Bulanık Çok Amaçlı Karar Verme Modeli. (Yayımlanmamış doktora tezi). İstanbul Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*

154. MIL-HDBK-470A. (1997). *Designing And Developing Maintainable Products And Systems*. ABD Savunma Bakanlığı.
155. MIL-HDBK-502A. (2013). *Product Support Analysis Handbook*. ABD Savunma Bakanlığı.
156. MIL-PRF-49506. (1996). *Performance Specification, Logistic Management Information*. ABD Savunma Bakanlığı.
157. MIL-STD-1369(EC). (1971). *Military Standart, Integrated logistic Support Program Requirements*. ABD Savunma Bakanlığı.
158. MIL-STD-1388-1A. (1993). *Military Standart, Logistic Support Analysis*. ABD Savunma Bakanlığı.
159. MIL-STD-1388-2B. (1991). *Military Standard, Logistic Support Analysis Record*. ABD Savunma Bakanlığı.
160. MIL-STD-756B. (1981). *Reliability Modeling and Prediction*. ABD Savunma Bakanlığı.
161. NASA. (2007). *NASA Systems Engineering Handbook*. NASA/SP.
162. NATO Logistics Handbook. (2012). *NATO Logistics Handbook*. NATO.
163. NATO/AAP-20. (2015). *NATO Programme Management Framework (NATO Life Cycle Model) (Cilt Edition C Version 1)*. NATO.
164. NATO/AAP-48. (2013). *NATO System Life Cycle Processes*.
165. NATO/ALP-10. (2011). *Nato Guidance on Integrated Logistics Support for Multinational Armament Programmes (Adition 2)*. NATO.
166. Neşe, S. V. (2014). *Rüzgâr Santrallerindeki Elektriksel ve Mekanik Arızaların Temel Bileşenler Analizi Ve Destek Vektör Makinaları Yöntemleriyle Sınıflandırılması. (Yayımlanmamış doktora tezi). Marmara Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.
167. Newcome, R. (2004). *Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles*. Virginia: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc. (AIAA).
168. Nguyen, H., Walker, C., & Walker, A. (2018). *A First Course in Fuzzy Logic*. CRC Press.
169. Okabe, M., Yoshioka, A., Kobayashi, K., & Yamaguchi, T. (2010). Organizational Knowledge Transfer Using Ontologies and a Rule-Based System. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 93(4), 763-773. doi:10.1587/transinf.E93.D.763.

170. Oonk, S., & Maldonado, F. (2012). Predictive Fault Diagnosis System for Intelligent and Robust Health Monitoring. *Journal of Aerospace Computing, Information, and Communication*, 9(4), 125-143. doi:10.2514/1.54961.
171. Orhan, İ. (2007). *Uçak Bakım Planlamasının En İyilenmesine Yönelik Bir Karar Destek Tasarımı. (Yayımlanmamış doktora tezi). Anadolu Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.*
172. Orji, I. J., & Wei, S. (2015). An Innovative Integration Of Fuzzy-Logic And Systems Dynamicsin Sustainable Supplier Selection: A Case On Manufacturing Industry. *Computers & Industrial Engineering*, 1-12. doi:10.1016/j.cie.2015.06.019.
173. O'Connor, P., & Kleyner, A. (2012). Design for Reliability. In *Practical Reliability Engineering* (5 ed., pp. 177-204). John Wiley & Sons, Ltd.
174. Özdemir, U. (2015). *Dikey İniş Kalkış Yapabilen Sabit Kanatlı İnsansız Hava Aracı Tasarım, Üretimi ve Uçuş Testleri. (Yayımlanmamış doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
175. Özden, G. (2016). Çapraz Sevkiyatta Kapı Atama ve Kamyon Çizelgeleme Problemine Yönelik bir Karar Destek Sistemi. *(Yayımlanmamış doktora tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.*
176. Özgen, A. (2008). *Müşteri Odaklı Bakım Onarım Faaliyetleri Performansının Dinamik Tamirci Rotalama Problemi ile Modellemesi ve Optimizasyonu. (Yayımlanmamış doktora tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
177. Özgün, N. (2007). Yeniden İmalat Sistemleri için Bütünleşik Lojistik Ağ Tasarımı ve bir Karma Tamsayılı Programlama Modeli. *(Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.*
178. Özkan, G. (2014). *Kritik Bakım Parçalarının Yumuşak Hesaplama Algoritmalarıyla Belirlenmesi. (Yayımlanmamış doktora tezi). Kocaeli Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.*
179. Özkazanç, Ü. A. (2008). *Üçüncü Parti Lojistik (3PL) Hizmetlerinde Sefer ve Sevkiyatların Planlanması İçin Bir Lojistik Karar Destek Sistemi. (Yayımlanmamış doktora tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.*
180. Öztürk, Z. K. (2010). Eğitimsel Zaman Çizelgeleme Problemleri İçin Çözüm Yaklaşımları ve Web Tabanlı Bir Karar Destek Sistemi Önerisi. *(Yayımlanmamış doktora tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.*

181. Paksoy, T., Pehlivan, N. Y., & Özceylan, E. (2013). *Bulanık Küme Teorisi*. Ankara: Nobel.
182. Parlak, S. (2010). Karar verme Sürecinde Bulanık Mantık Bazlı Oyun Teorisi Uygulamaları. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Gazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
183. Paykoç, F., & Ok, A. (1990). Delfi Tekniği İle Türk Eğitim Sistemindeki Bazı Problemlerin İncelenmesi. *Eğitim ve Bilim*, 14(75), 14-21.
184. Pecht, M. (2009). *Product Reliability, Maintainability, and Supportability Handbook*. CRC Press.
185. Pekmezci, M. (2015). Belirsizlik Altındaki Lojistik Problemlerin Bulanık Mantık Kullanılarak Modellenmesi ve Çözümü. (*Yayımlanmamış yüksek lisans tezi*). Gaziantep Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gaziantep.
186. Prentzas, J., & Hatzilygeroudis, I. (2005). Rule-Based Update Methods For A Hybrid Rule Base. *Data & Knowledge Engineering*, 55(2), 103-108. doi:10.1016/j.datak.2005.02.001.
187. Quintana, R., Leung, M., Villalobos, J., & Graul, M. (2009). Corrective Maintenance Through Dynamic Work Allocation And Pre-Emption: Case Study And Application. *International Journal of Production Research*, 47(13), 3539-3557. doi:10.1080/00207540701824225.
188. Ross, T. (2004). *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
189. Rowe, G., & Wright, G. (1999). The Delphi technique as a forecasting tool: issues and analysis. *International journal of forecasting.*, 15(4), 353-375. doi:10.1016/S0169-2070(99)00018-7.
190. Ruwanpura, J., Ariaratnam, S., & El-assaly, A. (2004). Prediction Models For Sewer Infrastructure Utilizing Rule-Based Simulation. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 21(3), 169-185. doi:10.1080/10286600410001694192.
191. Şahin, A. E. (2010). Professional Status of Elementary Teaching in Turkey:a Delphi Study. *Teachers and Teaching: theory and practice*, 16(4), 437-459. doi:10.1080/13540601003754822.
192. Şahin, M., & Okunus, H. (2011). Fuzzy Logic Controlled Buck-Bost DC-DC Converter for Solar Energy-Battery System. *INISTA (2011)*, (s. 394-397). doi:10.1109/INISTA.2011.5946099.

193. Salah, A. (2018). *Development of a Collaborative Delivery System With Unmanned Aerial Vehicles And Delivery Trucks. (Yayımlanmamış doktora tezi). Atılım Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.*
194. Saleem, B., Muhammad, A., Martinez-Enriquez, A., & Escalada-Imaz, G. (2010). A Rule Based System for Reliability Centered Maintenance. *Ninth Mexican International Conference on Artificial Intelligence*, (pp. 57-62). Meksika. doi:10.1109/MICAI.2010.14.
195. Sancar, A. Ü. (2006). *A Decision Support System For Integrated Optimization Of Production, Transportation And Pricing Decisions in a Supply Chain. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Boğaziçi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
196. Savaş, T. (2019). *İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Ayrılmamış Hava Sahasına Entegrasyonunun Pilotaj Ve Hava Trafik Yönetimi Açısından Değerlendirilmesi. (Yayımlanmamış doktora tezi). Eskişehir Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.*
197. Schreck, G., & Lisounkin, A. (2008). Knowledge Modelling For Rule-Based Supervision And Control Of Production Facilities. *International Journal of Production Research* 46(9), 46(9), 2531-2546. doi:10.1080/00207540701738128.
198. Şen, Z. (2009). *Bulanık Mantık İlkeleri ve Modelleme*. Ankara: Su Vakfı.
199. Şenol, G. (2008). *Entegre Lojistik Yönetiminde Karar Destek Sistemleri ve Bir Uygulama. (Yayımlanmamış doktora tezi). Uludağ Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.*
200. Şentürk, S. (2006). Deney Planlamasında bulanık Mantık Yaklaşımı. *(Yayımlanmamış doktora tezi). Anadolu Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.*
201. Serre, D., Peyras, L., Maurel, P., & Tourment, R. (2009). A Spatial Decision Support System Aiding Levee Managers In Their Repair And Maintenance Planning. *Journal of Decision System*, 18(3), 347-373. doi:10.3166/jds.18.347-373.
202. Setnes, M., Rabuska, R., & Verbruggen, H. (1998). Rule-Based Modeling: Precision and Transparency. *IEEE Trans.Syst. Man Cybern.Part C Appl.*, 28(1), 165-169. doi:10.1109/5326.661100.
203. Sezer, H. (2008). *Düzenli Hat Taşımacılığında Nakliye Müteahhidinin Gemi Operatörü Seçimine Çok Kriterli Karar Destek Sistemi Yaklaşımı. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.*
204. Shuklaa, S. K., Kumar, S., Selvarajc, P., & Raod, S. (2014). Integrated Logistics System for Indiĝenous Fighter Aircraft Development Program. *12th Global*

- Congress On Manufacturing And Management, GCMM 2014* (s. 2238-2247). Elsevier Ltd.
205. Siler, W., & Buckley, J. (2005). *Fuzzy Expert Systems and Fuzzy Reasoning*. JohnWiley & Sons, INC. doi:10.1002/0471698504.
206. Şimşir, F. (2008). *Kaynak Kısıtlı Bakım Çizelgeleme Problemine Bir Hibrid Çözüm Yaklaşımı. (Yayımlanmamış doktora tezi)*. Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
207. Smoczek, J., & Szpytko, J. (2012). Fuzzy Rules-Based Approach To Estimate The Availability of Transportation System. *Int. J. Intelligent Systems Technologies and Applications*, 11, 117-137. doi:10.1504/IJISTA.2012.046549.
208. Smoczek, J., & Szpytko, J. (2014). Evolutionary Algorithm-Based Design Of A Fuzzy Tbf Predictive Model And TSK Fuzzy Anti-Sway Crane Control System. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 28, 190-200. doi:10.1016/j.engappai.2013.07.013.
209. Tahirov, A. (2009). Bilgisayar Destekli Bilgi Sistemleri. *Journal of Qafqaz University*, 123-133.
210. Tansü, Y. E., & Katrancı, S. (2020). İnsansız Hava Araçlarının Muharebe - Savunma Alanında Kullanımı ve Türk Silahlı Kuvvetlerinde, İnsansız Hava Araçlarının Etkisi. *Journal of Social, Humanities And Administrative Sciences*, 6(24), 340-345. doi:10.31589/JOSHAS.270.
211. Tavner, P., Xiang, J., & Spinato, F. (2007). Reliability Analysis for Wind Turbines. *Wind Energy*, 10(1), 1-18. doi:10.1002/we.204.
212. Tetlay, A. (2010). Through Life Capability Management Perspective for Framework Development for Assessing and Measuring System Ma-turity, System Readiness and Capability Readiness using Architec-ture Frameworks.. *5th International Conference on System of Systems Engineering* (s. 7). Cranfield Universit: IEEE SoSE.
213. Tirkeş, G. (2016). Multi-Product, Multi-Stage Production Planning Model and Decision Support System Suggestion For F&B Industry. *(Yayımlanmamış doktora tez)*. Atılım Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
214. Tokgöz, A. (2015). *Developing a Model of Airline Flight and Maintenance Operations Using Systems Dynamics Approach: an Application in Thy Technic. (Yayımlanmamış doktora tezi)*. Marmara Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
215. Tuncel, G. (2005). High-level Petri Net Based Decision Support System For Real-Time Scheduling And Control Of Flexible Manufacturing Systems: an

- Object-Oriented Approach. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Dokuz Eylül Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
216. Turan, M. (2019). *A Decision Support System For Reducing Empty Run Costs In A Logistic Service Provider Company*. (*Yayımlanmamış yüksek lisans tezi*). Boğaziçi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
217. Tuş Işık, A. (2011). *Bütünleşik Üretim Plânlamasında Bulanık Mantık Yaklaşımı ve Bir Uygulama*. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Adnan Menderes Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.
218. Uludağ, A. S. (2013). *Lojistik Yönetiminde Lojistik Ağların Kullanımı ve Bir İşletme için Lojistik Ağın Geliştirilmesi*. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Gazi Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
219. Ünal, C. (2009). *Bulanık Mantık Uygulamasıyla Konfeksiyonda İşin ve Personelin Değerlendirilmesi*. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Gazi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
220. Ünal, G. (2011). *Acil Lojistik Yardım Operasyonu Deprem Lojistiği Karar Destek Sistemi: ALYO-DLKDS (Olası İstanbul Depremi Uygulaması)*. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). KHO / Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
221. Ünal, M. (2014). *Sinyal İşleme Ve Genetik-Yapay Sinir Ağları ile Rulman Arızalarının Teşhisi*. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Marmara Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
222. Ünlüakın, D. Ö. (2008). *Maintenance of a Multi-Component Dynamic System Under Partial Observations*. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Boğaziçi Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
223. Ünlüsoy, L. (2014). *Effects of Morphing On Aeroelastic Behavior of Unmanned Aerial Vehicle Wings*. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Orta Doğu Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
224. Waeyenbergh, G., & Pintelon, L. (2002). A Framework For Maintenance Concept Development. *Int. J. Production Economics*, 77(3), 299-313. doi:10.1016/S0925-5273(01)00156-6.
225. Walden, D., Roedler, G., Forsberg, K., & Hamelin, D. (2015). *INCOSE / Systems Engineering Handbook*. San Diego, USA: Wiley.
226. Wang, K., Hsu, F., & Liu, P. (2002). Modeling the Bathtub Shape Hazard Rate Function in Terms of Reliability. *Reliability Engineering & System Safety*, 75(3), 397-406. doi:10.1016/s0951-8320(01)00124-7.
227. Yakar, H. (2019). *Ortaokul Düzeyinde İklim Okuryazarlığı Yeterliklerinin Delphi Tekniğiyle Belirlenmesi*. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Gazi Üniversitesi / Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

228. Yayla, K. (2017). Müşteri Yönelimli Stratejik Kararlar İçin Çok Kriterli Dilsel Karar Destek Sistemi Önerisi. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Ege Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
229. Yel, İ. (2009). Lojistik sektöründe Bulanık Mantık Karar Sürecinin Uygulanması. (*Yayımlanmamış yüksek lisans tezi*). Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
230. Yen, J. (1999). Fuzzy Logic-A Modern Perspective. *11(1)*, 153-165. doi:10.1109/69.755624.
231. Yılmaz, M., & Arslan, E. (2005). Bulanık Mantığın Jeodezik Problemlerin Çözümünde Kullanılması. *Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu /İTÜ.*, (s. 512-522). İstanbul.
232. Yücel, A. (2010). Tedarikçi Seçimi Probleminde Bütünleşik Sinirsel Bulanık Mantık Yaklaşımı. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Yıldız Teknik Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
233. Yuniarto, M., & Labib, A. (2005). Optimal Control Of An Unreliable Machine Using Fuzzy-Logic Control. *International Journal of Production Research*, *43*, 4509-4537.
234. Yuniarto, M., & Labib, A. (2006). Fuzzy Adaptive Preventive Maintenance In A Manufacturing Control System: A Step Towards Self-Maintenance. *International Journal of Production Research*, *44*, 159-180. doi:10.1080/13528160500245723.
235. Yürek, E. E. (2018). *İnsansız Hava Aracı Destekli Araç Rotalama Problemi*. (*Yayımlanmamış doktora tezi*). Uludağ Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
236. Zadeh, L. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*. *University of California, Berkeley, California*, 338-353.
237. Zhou, Q., & Zeng, H. (2013). The Intelligent Integration System Of Oil Equipment Information. *2013 Fifth International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics*. doi:10.1109/ihmsc.2013.121.
238. Zhou, X., Xi, L., & Lee, J. (2007). Reliability-Centered Predictive Maintenance Scheduling For A Continuously Monitored System Subject to Degradation. *Reliability Engineering & System Safety*, *92(4)*, 530-534. doi:10.1016/j.ress.2006.01.006.
239. Zhou, Z., HU, C., Wang, W., Zhang, B., Xu., D., & Zheng, J. (2012). Condition-Based Maintenance Of Dynamic Systems Using Online Failure Prognosis

And Belief Rule Base. *Expert Systems with Applications*, 39(6), 6140-6149.
doi:10.1016/j.eswa.2011.11.068.

240. Zio, E. (2009). Reliability Engineering: Old Problems and new Challenges.
Reliability Engineering and System Safety, 125-141.





EKLER

Ek-A: Anket

Sayın Katılımcı,

Bu anket formu, THK Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Doktora Bölümü, “Ömür Devri Yönetimi İçin Jenerik Bir Karar Destek Sistemi Oluşturulması ve İnsansız Hava Aracında (İHA) Uygulama” konulu doktora tezine veri toplamak için hazırlanmıştır.

Bu formun amacı, doktora tezi kapsamında oluşturmayı planladığım karar destek sistemi için girdi ve çıktı değişkenleri üyelik fonksiyonlarının sayısal değerlerini tespit etmek ve kural dizilimini oluşturmak için kamu ve özel sektörde çalışanların bu konularda görüş ve önerilerini toplamaktır. Sizin yapacağınız değerlendirme, yapmış olduğum araştırmaya büyük önem katmaktadır.

Araştırma bilimsel bir nitelik taşıdığından, kişinin bilgileri gizli tutulacaktır.

Aşağıda ÖDKDS ile ilgili 3 adet tablo yer almaktadır. Sizden istenilen: Tablolardaki bilgileri dikkatlice inceledikten sonra kendi fikir ve düşünceniz çerçevesinde boşlukları doldurunuz. Tabloya ekleme ve çıkartma yapabilirsiniz. Tabloda açıklama sütununa niçin bu seçimi yaptığınıza yönelik açıklama yapabilirsiniz.

Çalıştığınız Örgüt Yapısı : (Kamu / Özel Sektör)

Çalıştığınız Alan :

Kaç yıldır bu alanda çalışıyorsunuz :

1. Girdi Değişkenleri üyelik fonksiyonlarının sayısal değerlerinin belirlenmesi

Tablo A.1’deki karar destek sistemi girdi değişkenlerinin alabileceği muhtemel sayısal değerleri lütfen ilgili bölümün altındaki boşluğa yazınız. Örneğin, bir İHA sisteminin güvenilirliği hangi değeri alırsa “iyi”, “normal” veya “kötü” olarak değerlendirilebilir. Aynı şekilde bir İHA, kaç yıl kullanım ömründen sonra “eski” olarak kabul edilebilir.

Tablo A.1: Girdi Değişkenlerine ait üyelik fonksiyonlarının sayısal değerleri.

Girdi Değişkenleri											
Güvenilirlik (%0 ila %100 arasında)			Hazır olma (%0 ila %100 arasında)			Ömür Devri Süresi (1 ile 20 yıl arasında)			Yıllık Ömür Devri Maliyeti (0 ile 80.000 tl arasında)		
Kötü	Normal	İyi	Kötü	Normal	İyi	Yeni	Orta	Eski	Düşük	Normal	Yüksek

2. Çıktı değişkenleri üyelik fonksiyonlarının sayısal değerlerinin belirlenmesi

Tablo A.2’deki karar destek sistemi çıktı değişkenlerinin alabileceği muhtemel sayısal değerleri lütfen ilgili bölümün altındaki boşluğa yazınız. Örneğin, karar destek sistemi çıktı değişkeni üyelik fonksiyonunun “A” kritiklik seviyesinde (sistem kullanılmaz acil önlem alınmalıdır) olabilmesi için hangi sayısal değeri almalıdır.

Tablo A.2: Çıktı değişkenlerine ait üyelik fonksiyonlarının sayısal değerleri.

Girdi Değişkenleri			
Kriter-1	Kriter-2	Kriter-3	Kriter-4
Kritiklik Seviyesi-D (0-20 arasında)	Kritiklik Seviyesi-C (15-30 arasında)	Kritiklik Seviyesi-B (25-50 arasında)	Kritiklik Seviyesi-D (40-100 arasında)

3. Kural Tabanının oluşturulması.

Tablo A-3'deki giriş değişkenleri üyelik fonksiyonlarının dilsel ifadeleri kullanılarak oluşturulan algoritmanın alabileceğini düşündüğünüz kritiklik değerini (en kötüden en iyiye doğru "A" veya "B" veya "C" veya "D") ilgili boşluğa yazınız.

Tablo A.3: Kural dizinlerinin kritiklik seviyeleri.

Eğer	Güvenilirlik	ve	Hazır Olma	ve	Ömür Devri Süresi	ve	Ömür Devri Maliyeti	Kritiklik Seviyesi (A / B / C / D)	Açıklama
Eğer	"G-N"	ve	"H-N"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-D"		
Eğer	"G-N"	ve	"H-N"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-N"		
Eğer	"G-N"	ve	"H-N"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-Y"		
Eğer	"G-N"	ve	"H-N"	ve	"Ö-O"	ve	"M-D"		
Eğer	"G-N"	ve	"H-N"	ve	"Ö-O"	ve	"M-N"		
Eğer	"G-N"	ve	"H-N"	ve	"Ö-O"	ve	"M-Y"		
Eğer	"G-N"	ve	"H-N"	ve	"Ö-E"	ve	"M-D"		
Eğer	"G-N"	ve	"H-N"	ve	"Ö-E"	ve	"M-N"		
Eğer	"G-N"	ve	"H-N"	ve	"Ö-E"	ve	"M-Y"		
Eğer	"G-N"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-D"		
Eğer	"G-N"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-N"		
Eğer	"G-N"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-Y"	ve	"M-Y"		
Eğer	"G-N"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-O"	ve	"M-D"		
Eğer	"G-N"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-O"	ve	"M-N"		
Eğer	"G-N"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-O"	ve	"M-Y"		
Eğer	"G-N"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-E"	ve	"M-D"		
Eğer	"G-N"	ve	"H-İ"	ve	"Ö-E"	ve	"M-N"		

Gİ=Güvenilirlik İyi Hİ=Hazır Olma İyi ÖY=Ömür Devri Yeni MD=Maliyet Düşük
GN=Güvenilirlik Normal HN=Hazır Olma Normal ÖO=Ömür devri Orta MN=Maliyet Normal
GK=Güvenilirlik Kötü HK=Hazır Olma Kötü ÖE=Ömür Devri Eski MY=Maliyet Yüksek

Tablo A.3 (Devam): Kural dizinlerinin kritiklik seviyeleri.

Eğer	Güvenilirlik	ve	Hazır Olma	ve	Ömür Devri Süresi	ve	Ömür Devri Maliyeti	Kritiklik Seviyesi	Açıklama
Eğer	“G-N”	ve	“H-İ”	ve	“Ö-E”	ve	“M-Y”		
Eğer	“G-İ”	ve	“H-N”	ve	“Ö-Y”	ve	“M-D”		
Eğer	“G-İ”	ve	“H-N”	ve	“Ö-Y”	ve	“M-N”		
Eğer	“G-İ”	ve	“H-N”	ve	“Ö-Y”	ve	“M-Y”		
Eğer	“G-İ”	ve	“H-N”	ve	“Ö-O”	ve	“M-D”		
Eğer	“G-İ”	ve	“H-N”	ve	“Ö-O”	ve	“M-N”		
Eğer	“G-İ”	ve	“H-N”	ve	“Ö-O”	ve	“M-Y”		
Eğer	“G-İ”	ve	“H-N”	ve	“Ö-E”	ve	“M-D”		
Eğer	“G-İ”	ve	“H-N”	ve	“Ö-E”	ve	“M-N”		
Eğer	“G-İ”	ve	“H-N”	ve	“Ö-E”	ve	“M-Y”		
Eğer	“G-İ”	ve	“H-İ”	ve	“Ö-Y”	ve	“M-D”		
Eğer	“G-İ”	ve	“H-İ”	ve	“Ö-Y”	ve	“M-N”		
Eğer	“G-İ”	ve	“H-İ”	ve	“Ö-Y”	ve	“M-Y”		
Eğer	“G-İ”	ve	“H-İ”	ve	“Ö-O”	ve	“M-D”		
Eğer	“G-İ”	ve	“H-İ”	ve	“Ö-O”	ve	“M-N”		
Eğer	“G-İ”	ve	“H-İ”	ve	“Ö-O”	ve	“M-Y”		
Eğer	“G-İ”	ve	“H-İ”	ve	“Ö-E”	ve	“M-D”		
Eğer	“G-İ”	ve	“H-İ”	ve	“Ö-E”	ve	“M-N”		
Eğer	“G-İ”	ve	“H-İ”	ve	“Ö-E”	ve	“M-Y”		

Değerli zamanınızı ayırdığınız için teşekkür ederiz.