

**ÇOK ALGILAYICILI SİSTEMLERDE
VERİ BİRLEŞTİRMESİ İÇİN ALGORİTMA GELİŞTİRİLMESİ**

Yusuf SÖNMEZ

**DOKTORA TEZİ
ELEKTRİK EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2008
ANKARA**

Yusuf SÖNMEZ tarafından hazırlanan ÇOK ALGILAYICILI SİSTEMLERDE VERİ BİRLEŞTİRMESİ İÇİN ALGORİTMA GELİŞTİRİLMESİ adlı bu tezin Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Çetin ELMAS

Tez Danışmanı, Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı

Doç. Dr. M. Ali AKÇAYOL

Tez Danışmanı, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Elektrik Eğitimi Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. İsmail COŞKUN

Elektrik Eğitimi Bölümü, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Çetin ELMAS

Elektrik Eğitimi Bölümü, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Ömer Faruk BAY

Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Bölümü, Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. Ramazan BAYINDIR

Elektrik Eğitimi Bölümü, Gazi Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Tuncay YİĞİT

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi

Tarih: 10/07/2008

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Doktora derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nermin ERTAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Yusuf SÖNMEZ

ÇOK ALGILAYICLI SİSTEMLERDE VERİ BİRLEŞTİRMESİ İÇİN ALGORİTMA GELİŞTİRİLMESİ

(Doktora Tezi)

Yusuf SÖNMEZ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Haziran 2008

ÖZET

Veri birleştirme, çoklu algılayıcılardan gelen verileri birleştiren bir tekniktir. Bu teknik, ilgili durum için daha iyi analiz yapılmasını ve daha güçlü kararların verilmesini sağlamaktadır. Veri birleştirme sürecindeki kritik problem; algılayıcılardan gelen verilerin toplanması ya da karmaşık yapılara uygulanmasının yanısıra, problemin kesin sonucuna ulaşmak için karmaşık algoritmalar ve paralel işlemciler kullanılarak analiz edilme gereksinimidir. Farklı özelliklere sahip verilerin olduğu bir veri birleştirme çerçevesinde sağlıklı bir çıkarım elde etmek için birkaç algoritmanın birlikte kullanıldığı karma yapıların oluşturulması gerekir. Bu tez çalışmasında, çoklu algılayıcılardan toplanan verileri birleştirerek çevre hakkında güçlü çıkarımda bulunacak “Naive Bayes Sınıflandırıcı Destekli Sinirsel-Bulanık Algoritma” (NBSB) adlı karma mimariye sahip bir veri birleştirme algoritması geliştirilmiştir. Çalışmada orman yangınlarını önceden tahmin etmek ve yangın çıkmışsa anında tespit etmek için örnek bir uygulama tasarlanmıştır ve NBSB bu uygulamada kullanılmıştır. NBSB’nin doğruluğunu ve etkinliğini denemek amacıyla, uygulamada sadece Yapay Sinir Ağları (YSA) algoritması kullanılarak veri birleştirme işlemi yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde

edilen sonuçlara göre NBSB algoritmasının karma mimariye sahip yapısı sayesinde karma olmayan YSA algoritmasına oranla daha doğru ve güvenilir sonuçlar ürettiği gözlenmiştir.

Bilim Kodu : 703.3.012
Anahtar Kelimeler : Veri birleştirme, yapay zekâ, orman yangını yönetimi
Sayfa Adedi : 151
Tez Yöneticisi : Prof.Dr. Çetin ELMAS

DEVELOPMENT OF DATA FUSION ALGORITHM FOR MULTISENSORED-SYSTEMS

(Ph.D Thesis)

Yusuf SÖNMEZ

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

June 2008

ABSTRACT

Data fusion is a method that combines data coming from multisensor. It provides a better analyzing and giving more successful decisions. The critical problem in the process of DF is not only comparing the data which come from sensors or practising on complex structures; but also analyzing the problem using complicated algorithms and parallel processors in order to reach a definite result. In a DF frame that found data having different features, in order to get accurate inference, hybrid structures in which several algorithms are used together should be created. In this thesis a DF algorithm is developed which is called “Naïve Bayes Classification Aided Neuro-Fuzzy Algorithm (NBNF)” that will make a powerful inference about environment by combining data collected from multisensor. A sample application has been designed in order to predict forest fires beforehand and detect the fire which has just started and NBNF is used in this application. Moreover, in this thesis in order to try accuracy and effectiveness of NBNF, the data combining process can be

also made by using on Artificial Neural Network (ANN) in the application. According to the results it is observed that NBNF is more accurate and reliable than unhybrid ANN algorithm because of its hybrid structure.

Science Code : 703.3.012

Key Words : Data fusion, artificial intelligence, forest fire management

Page Number: 151

Adviser : Prof.Dr. Çetin ELMAS

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla ben yönlendiren Hocam Prof. Dr. Çetin ELMAS'a yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım tez izleme komitesi hocalarım Prof. Dr. İsmail COŞKUN, Prof.Dr. Ömer Faruk BAY ve Doç.Dr. M.Ali AKÇAYOL'a, çalışmam boyunca her anlamda destek olan çalışma arkadaşlarım Dr. Cemal YILMAZ, Dr. Nihat ÖZTÜRK, H. Tolga KAHRAMAN, Levent BULUT, Nihat DALDAL, Serdar BİROĞUL ve Uğur GÜVENÇ'e, Ekin A.Ş'den Kenan AKSOY'a, maddi ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan Annem ve Babam'a ve ona harcamam gereken zamandan çalarak hazırladığım bu tezin her anında desteğini esirgemeyen Eşim'e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiv
RESİMLERİN LİSTESİ	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xviii
1. GİRİŞ	1
2. VERİ BİRLEŞTİRME İŞLEMİ, MODEL, ALGORİTMA VE MİMARİLERİ	10
2.1. Bir Veri Birleştirme Modeli	10
2.2. Veri Birleştirme Algoritmaları	13
2.2.1. Konumsal birleştirme algoritmaları	15
2.2.2. Kimlik birleştirme algoritmaları	15
2.2.3. Yardımcı destek algoritmaları.....	17
2.3. Veri Birleştirme Mimarileri	18
3. ORMAN YANGINI ÖNLEME VE YÖNETİM SİSTEMİ.....	22
3.1. ORYÖS'ün Tespit Boyutu	25
3.1.1. Otomatik orman gözetleme ve yangın algılama.....	26
3.2. ORYÖS'ün Tahmin Boyutu.....	29

Sayfa

3.2.1. ORYÖS’de yangın tehlike derecelendirmesi ve yangının yayılma hızının tahmini	31
4. NBSB ALGORİTMASINDA KULLANILAN TEKNİKLER.....	43
4.1. Yapay Sinir Ağları	43
4.1.1. Yapay sinir ağının oluşturulması	45
4.1.2. YSA’larda öğrenme	46
4.1.3. Öğrenme oranının ağ üzerindeki etkisi	47
4.1.4. Momentum teriminin ağ üzerindeki etkisi	47
4.1.5. Gizli katman sinir sayısının ağ üzerindeki etkisi	47
4.1.6. Hata farkı değişkeninin ağ üzerindeki etkisi	48
4.1.7. YSA’ların üstünlükleri	48
4.1.8. YSA’ların sınıflandırılması.....	49
4.1.9. YSA ve veri birleştirme	50
4.1.10. Algoritmada kullanılan YSA modeli	51
4.1.11. Danışmanlı öğrenme ve geri yayımlı YSA modeli.....	52
4.2. Naïve (Saf) Bayes Sınıflandırıcı	58
4.2.1. NBS ve veri birleştirme.....	60
4.3. Bulanık Mantık	61
4.3.1. Bulanık küme kuramı ve üyelik işlevi	62
4.3.2. Bulanık kümeler	63
4.3.3. Bir bulanık mantık denetleyicinin genel yapısı.....	66
4.3.4. Bulandırma birimi	67
4.3.5. Bilgi tabanı	67

	Sayfa
4.3.6. Karar verme birimi	68
4.3.7. Bulanık mantık ve veri birleştirme.....	72
5. ORYÖS İÇİN GELİŞTİRİLEN VERİ BİRLEŞTİRME ÇERÇEVESİ VE ALGORİTMALARI	75
5.1. Algoritma Belirleme Süreci	75
5.2. Veri Birleştirme Çerçevesinin Yapısı	77
5.2.1. NBSB algoritması ve yangın tehlike derecesini belirleme	78
5.2.2. NBSB algoritmasının değerlendirilmesi	95
5.2.3. Yangının yayılma hızının tahmininde kullanılan algoritmasının yapısı	104
5.2.4. Yangın tespiti algoritması	107
5.2.5. Algılayıcı ağları ve karşılaştırma algoritması ile karar verme	114
5.3. ORYÖS İçin Geliştirilen İnsan/bilgisayar Arayüzü.....	115
6. ALGILAYICILAR VE HABERLEŞME.....	118
6.1. Meteoroloji İstasyonu.....	119
6.2. CCD Kamera.....	124
6.3. WiMAX ağ standardı	126
6.3.1. WiMAX nasıl çalışır?	126
6.3.2. IEEE 802.16 standardı	128
6.3.3. OSI nedir?	128
6.4. Kablosuz Algılayıcı Ağları	131
KAYNAKLAR	140
ÖZGEÇMİŞ	150

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Terminolojiyi açıklayan tanımlar.....	2
Çizelge 1.2. Savaş alanı uygulama özeti	4
Çizelge 1.3. Genel olarak savaş alanı olmayan uygulamalar.....	4
Çizelge 1.4. Veri birleştirmenin niteliksel faydaları	7
Çizelge 3.1. Yangın tehlike derecelendirme sistemlerinin kullandıkları veriler.....	31
Çizelge 3.2 FWI katsayılarının hesaplanmasında kullanılan değişkenlerin anlamları.....	35
Çizelge 3.3. DMC hesabı için L_e değerinin bulunması	39
Çizelge 3.4. DC hesabı için L_f değerinin bulunması	40
Çizelge 5.1. Hall ve Linn tarafından yapılandırılan algoritma seçim tekniği	75
Çizelge 5.2. Meteorolojik veriler için belirlenen eşik değerleri.....	80
Çizelge 5.3. Meteorolojik veriler için belirlenen en büyük ve en küçük değerler.....	81
Çizelge 5.4. FFMC, DMC ve DC katsayılarının sınıflandırılmasında kullanılan sınır değerler.....	86
Çizelge 5.5. Yangın durumunun sınıflandırılmasında kullanılan sınır değerler	86
Çizelge 5.6. Olası yangın durumu derecesi için şartsal olasılık dağılımları	87
Çizelge 5.7. Yeni durum için örnek değerler	88
Çizelge 5.8. Ağaç türlerine göre tutuşma risk dereceleri	93
Çizelge 6.1. Meteoroloji istasyonunda bulunan algılayıcıların özellikleri	120
Çizelge 6.2. 1 adet Loop paketinin içeriği	122
Çizelge 6.3. SHT11'in çalışma özellikleri	133

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.4. ATX-34S'nin çalışma özellikleri	134
Çizelge 6.5. ARX-34'ün çalışma özellikleri	135
Çizelge 6.6. MAX232'nin çalışma özellikleri	136

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Bir veri birleştirme süreç modeli	12
Şekil 2.2. Veri birleştirme algoritmalarının sınıflandırılması	14
Şekil 2.3. Konumsal birleştirme algoritmalarının sınıflandırılması.....	15
Şekil 2.4. Kimlik birleştirme algoritmalarının sınıflandırılması.....	17
Şekil 2.5. Yardımcı destek algoritmalarının sınıflandırılması	18
Şekil 2.6. Veri birleştirme mimarileri	19
Şekil 3.1. ORYÖS'ün genel yapısı	24
Şekil 3.2. ORYÖS'ün tespit bölümünün yapısı	28
Şekil 3.3. Yangın Hava Göstergesi (FWI) modelinin yapısı	33
Şekil 3.4. Orman yüzeyindeki yakıt katmanı	34
Şekil 4.1. Yapay bir sinir (düğüm).....	44
Şekil 4.2. Dört katmanlı bir YSA.....	46
Şekil 4.3. Danışmanlı öğrenme	52
Şekil 4.4. Tek çıkışlı iki-katmanlı geri yayımlı YSA.....	53
Şekil 4.5. Yerel minimum noktası	58
Şekil 4.6. Üçgen üyelik fonksiyonu	63
Şekil 4.7. Bulanık kümelerde birleşme işlemi	64
Şekil 4.8. Bulanık kümelerde kesişme işlemi	65
Şekil 4.9. Bulanık kümelerde tümleme işlemi	66
Şekil 4.10. Bir bulanık mantık sisteminin yapısı	66
Şekil 4.11. Max- Min çıkarım metodu	69

Şekil	Sayfa
Şekil 4.12. Max-Dot çıkarım metodu.....	70
Şekil 4.13. Tsukamoto çıkarım metodu	71
Şekil 4. 14. Sugeno çıkarım metodu	72
Şekil 5.1. Veri birleştirme algoritmasını belirleme süreci	76
Şekil 5.2. Tasarlanan veri birleştirme çerçevesinin yapısı.....	78
Şekil 5.3. NBSB algoritmasının yapısı	79
Şekil 5.4. Yangın tehlike derecesini belirlemede kullanılan YSA yapısı	82
Şekil 5.5. Eğitim yapıldıktan sonraki (%) YSA hataları.....	84
Şekil 5.6. Gerçek çıkış ve YSA çıkışlarının karşılaştırılması	84
Şekil 5.7. BA’da kullanılan S-işlevi.....	92
Şekil 5.8. Antalya yöresine ait 2002 yılının (a) Sıcaklık (b) Nem (c) Rüzgar (d)Basınç (e) Güneşlenme (f) Yağış (g) FFMC (h) DMC (i) DC grafikleri.....	98
Şekil 5.9. 2002 yılı için (a) NBSB algoritması (b) YSA algoritması tarafından üretilen yangın tehlike derecesi çıkışları.....	100
Şekil 5.10. 2003 yılı için (a) NBSB algoritması (b) YSA algoritması tarafından üretilen yangın tehlike derecesi çıkışları.....	101
Şekil 5.11. 2004 yılı için (a) NBSB algoritması (b) YSA algoritması tarafından üretilen yangın tehlike derecesi çıkışları.....	102
Şekil 5.12. 2005 yılı için (a) NBSB algoritması (b) YSA algoritması tarafından üretilen yangın tehlike derecesi çıkışları.....	103
Şekil 5.13. 2006 yılı için (a) NBSB algoritması (b) YSA algoritması tarafından üretilen yangın tehlike derecesi çıkışları.....	104
Şekil 5.14. Yangın davranış göstergesi algoritmasının yapısı	105
Şekil 5.15. Yangın davranışını tahmin etmek için kullanılan YSA ağ yapısı.....	105
Şekil 5.16. Eğitim yapıldıktan sonraki (%) YSA hataları	106

Şekil	Sayfa
Şekil 5.17. Gerçek çıkış ve YSA çıkışlarının karşılaştırılması	107
Şekil 5.18. Otomatik yangın tespiti algoritması.....	108
Şekil 5.19. Sayısal bir görüntünün örneği.....	109
Şekil 5.20. RGB renk küpü	111
Şekil 6.1. Uygulama sisteminde kullanılan algılayıcılar ve haberleşme sistemi.	118
Şekil 6.2. WiMAX ağının yapısı.....	127
Şekil 6.3. 7 adet OSI katmanları	129
Şekil 6.4. Kablosuz algılayıcı ağlarının çalışma prensibi	132
Şekil 6.5. Algılayıcı düğümü elektronik devre şeması	133
Şekil 6.6. Baz istasyonu devre şeması	135

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. ORYÖS'ün genel görünümü	29
Resim 5.1. Deney amacıyla benzetimi yapılan a) yangın olmayan durum b) yangın durumu görüntüleri	113
Resim 5.2. İki resmin farkı alındıktan sonra dumanın algılanması ve yangın tespiti	114
Resim 5.3. Tespit boyutu için tasarlanan arayüz sayfası	116
Resim 5.4. Sistemin tahmin boyutuyla ilgili olan arayüz sayfası	117
Resim 6.2. Davis Vantage Pro2 meteoroloji istasyonu.....	119
Resim 6.3. Meteoroloji istasyonu konsolu	120
Resim 6.4. Seri-TCP çevirici	121
Resim 6.5. Sanyo VCC-ZM400P CCD kamera.....	125
Resim 6.6. Kablosuz algılayıcı ağları için tasarlanan a) bir algılayıcı düğümü b) baz istasyonu.....	132

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
SAR	Synthetic-aperture radar, Sentetik açıklık radarı
IR	Infrared radar, Kızılötesi radar
EM	Elektromanyetik
NMR	Nükleer manyetik rezonans
RF	Radyo frekans
NBSB	Naive bayes sınıflandırıcı destekli sinirsel bulanık
ORYÖS	Orman yangını önleme ve yönetim sistemi
YSA	Yapay sinir ağları
BM	Bulanık mantık
BA	Bulanık anahtarlayıcı
NBS	Naive bayes sınıflandırıcı
CCD	Charge-coupled device, Işığa hassas kamera çeşidi
WiMAX	Worldwide interoperability for microwave access, Mikrodalga erişim için evrensel birliktelik
LIDAR	Light detection and ranging, Işık algılama ve mesafe tayini
FFMC	Fine fuel moisture code, İnce Yakıt nem kodu
DMC	Duff moisture code, Orta yakıt nem kodu
DC	Droughth code, Kuraklık kodu
ISI	Initial spread index, İlk yayılım göstergesi
BUI	Buildup index, Gelişme göstergesi
FWI	Fire weather index, Yangın hava göstergesi

Simgeler	Açıklama
MAC	Media access control, Medya erişim kontrolü
PHY	Physical layer, Fiziksel katman
OSI	Open system interconnection, Açık sistem arabağlama
LLC	Logical link control, Mantıksal bağlantı kontrolü
WLAN	Wireless local area network, kablosuz yerel alan ağı
TCP	Transfer control protocol, İletim denetim protokolü
SMTP	Simple mail transfer protocol, Basit posta iletim protokolü
FTP	File transfer protocol, Dosya iletim protokolü

1. GİRİŞ

Son yıllarda, çok algılayıcı veri birleştirmesi (füzyonu) hem askeri hem de sivil amaçlı uygulamalar açısından dikkat çeken bir konuma gelmiştir. Veri birleştirme teknikleri çok sayıdaki algılayıcıyı bir araya getiren, bağlı olunan veritabanlarından ilgili bilgiyi alan ve tek algılayıcı kullanılmasına kıyasla çok daha hassas ve doğru bir çıkarım sağlayan sistemlerdir [1-4]. Çok algılayıcı veri birleştirmesi oldukça yeni bir kavram olmasına rağmen, aslında insanlar ve hayvanlar tarafından var olduklarından beri doğaları gereği kullandıkları bir olgudur. Çünkü onlar yaşam mücadelesinde var olabilmek için çok sayıdaki duyularını kullanarak olaylar hakkında çıkarımda bulunmaktadır. Örneğin, bir maddenin yenebilir olmasını yalnızca görme ya da dokunma duyusuyla anlamak çok da olanaklı değildir. Bunun için görme, dokunma, koklama ve tat alma duyuları hep birlikte ve aynı anda kullanılarak bir değerlendirme yapılabilir. Benzer bir biçimde, görme engelli birisi duyma ve hissetme duyularını kullanarak, tehlike hakkında gerekli olan erken uyarımı sağlayabilir.

Günümüzde yeni algılayıcıların, ileri işleme tekniklerinin ve gelişmiş işleme donanımlarının çıkmasıyla gerçek zamanlı veri birleştirme işlemi oldukça olası hale gelmiştir. Sembolik işleme bilgisayarlarının (SYMBOLIC bilgisayarlar ve Lambda makineleri) 1970'lerin başında çıkmasıyla yapay zekâ, hesaplama ve duyumsama tekniklerinde meydana gelen gelişmeler, insan ve hayvanların veri birleştirme yeterliklerinin bilgisayarlar yardımıyla taklit edilebilmesini sağlamıştır. Günümüzde veri birleştirme teknikleri özellikle hedef izleme, otomatik hedef tanımlama ve otomatik mantıklı uygulamalarda başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Amerikan Savunma Bakanlığı tarafından büyük bir bütçeyle teşvik edilen veri birleştirme teknolojileri, ilgili tekniklerin kullanıldığı bir tür ara birim olmaktan öteye geçmiş ve kendi terminolojisi olan (bkz. Çizelge 1.1), güçlü matematik tekniklerini kullanan, ilkeleri belli bir duruma gelmiştir. Ayrıca veri birleştirme uygulamaları alanındaki yazılımlar artık ticari anlamda da piyasada arz edilmeye başlanmıştır [5, 6].

Çizelge 1.1. Terminolojiyi açıklayan tanımlar

KAYNAŞIM	Bir bütünlük hakkında tam içerikli tekil ve özgün veri üretmek için çok sayıda kaynaktan elde edilen bilginin bütünleşmesi
DİZME (Düzyey 1)	Ortak uzamsal ve zamansal referans sağlamak için algı ölçümlerinin işlenmesi
TEKİLLİK (Düzyey 1)	Algılayıcı ölçüm yakınlığının tamamlandığı süreç
KORELASYON (Düzyey 1)	Algılama ölçümünü bütünüün saptanmış ya da izlenen ilgili parçalarına yönlendiren teklilik tekniğinin kullanıldığı karar verme süreci
KORELATÖR – İZ SÜRÜCÜ	İzleme bütünlüğünü ortak değişkenler ve durum güncellemeleri ile ele alan algılama ölçümlerini dönüştürmede birleştirme ve korelasyon unsurlarını bir arada kullanan süreç
SINIFLANDIRMA (Düzyey 1)	Bir sınıfın içinde olarak, bir sınıf olarak ya da bir tipin içindeki belli bir tip birim olarak bütünlüğün tanımlanma düzeyini içeren süreç
KONUM DEĞERLENDİRMESİ (Düzyey 2)	Performans, doktrin ya da çevresel etmenlerle bir arada olmak kaydıyla sabit ya da izlenen bütünlüklerin dağılımını sağlayan süreç
DAVRANIŞ DEĞERLENDİRMESİ (Düzyey 3)	Aşağıdaki öngörülerini içeren, izlenen ya da sabit bütünlüklerin dağılımını değerlendiren çok açılı yapı: • beklenen hareket tarzları • düşmanın öldürücülüğü • birim oluşumları ve yayılma • işlevsel ağlar (örneğin arz, emir) ve • çevresel etkiler

İlkesel olarak, çoklu algılayıcılar sayesinde edinilen veri birleşimi tekli algılayıcılara kıyasla çok daha faydalıdır. Ayrıca, aynı kaynaktan edinilen bilginin(verinin) birleşimi, durağan bir gözleme kıyasla çok daha fazla istatistikî veri sağlayacaktır. Örnek olarak, hem radar hem de kızıl ötesi görüntüleme algılayıcısı tarafından hareketli bir nesne (bir uçak) izlenebilir. Radar uçağın içinde bulunduğu alanı hassas

olarak göstermekte ancak açısal yönünü belirlemekte zayıf kalmaktadır. Tersine kızılötesi algılayıcı açısal yönü hassas olarak tespit edebilmekte fakat alanını tespit edememektedir. Bu iki izlemenin doğru biçimde bir araya getirilmesi ile iki algılayıcının ortaklığı oluşturulacak ve konumun belirlenmesinde ileri düzeyde bir karar elde edilecektir. Bu durumda yapılmış olan konum belirlemesinin hata payı daha küçüktür. Benzer bir etki, bir nesnenin niteliğinin tanımlanabilmesi için yapılan izlemde de görülebilir. Örneğin yarasalar avlarını tanımlamakta ebat, doku (akustik sinyallere dayanarak) ve kinematik davranışların toplamını içeren bir birleşim kullanmaktadır.

Son yıllarda çok algılayıcı veri birleştirmesi hem askeri hem de askeri olmayan uygulamalarda önemli bir yere sahip olmaktadır [7,8]. Çizelge 2 ve Çizelge 3’de veri birleştirmenin savaş alanı ve savaş alanı olmayan uygulamaları özetlenmiştir. Ayrıca literatürde yer alan bazı uygulamalar, alanlarına göre başlıklar halinde ayrılarak aşağıda verilmiştir.

Savunma Sistemleri

Literatüre bakıldığında veri birleştirme tekniklerinin ilk kez savunma sistemleri üzerinde uygulandığı görülmektedir. Bu alandaki uygulamalar iki grup altında incelenebilir. İlk grupta, radar, kızılötesi ve sonar gibi algılayıcılardan elde edilen farklı türdeki verilerin birleştirilerek [9,10]; hava araçlarının algılanması [11-13], tanımlanması [14] ve izlenmesi [15-17], metal detektörleri, kızılötesi kameralar ve radarlar kullanılarak mayın algılanması [18] ya da hareketli ve durağan resimlerin çıkarım yapmak üzere birleştirilerek araçların otomatik algılanması [19,20] gibi çalışmalar yapılmıştır. Askeri alandaki ikinci grup uygulamalar; savaş alanı gözetimi, taktik durum değerlendirmesi, tehlike değerlendirmesi ve nesne algılama [21-23] olarak sayılabilir. Bu tip uygulamalar kara ve düşman gözlemleri hakkında elde edilen bir ön bilgiye dayanmaktadır. Bu alanda ayrıca, ses yüz ve kesit görüntüsü gibi ölçümler kullanılarak insan kimlik belirlemesi uygulamaları veri birleştirme kullanılarak gerçekleştirilmiştir [24-26].

Çizelge 1.2. Savaş alanı uygulama özeti

Özel uygulamalar	Veri füzyonu ile sonuç çıkarımı	Öncelikli veri takibi	Gözetim alanı	Algılayıcı alanı
Okyanus gözetimi	Bulma, iz sürme, hedef bilgilerini edinme	-EM sinyalleri -Akustik sinyaller -Nükleer ölçümler -Gözlem değerlendirmeleri	- Yüzlerce deniz mili sahası -Hava/toprak yüzeyi ve toprak altı	-Gemiler -Uçaklar -Denizaltıları -Kara -Okyanus
Havadan havaya ve karadan havaya savunma	Bulma, iz sürme, uçak bilgileri edinme	-EM sinyalleri	- Stratejik amaçlı yüzlerce millik alan - Taktiklerin oluşturulacağı alan	-Kara -Uçaklar -Gemiler
Savaş alanı bilgisi, gözetimi ve hedef edinme	Bulma ve potansiyel alanın bilgilerini edinme	-EM sinyalleri	- Yüzlerce millik savaş alanı	-Kara -Uçaklar
Stratejik uyarılar ve savunma	Olmaması muhtemel stratejik senaryolar. Patlayıcı savaş başlıkları ve balistik alanların bulunması	-EM sinyalleri -Nükleer ölçümler	- Dünya çapında gözetim	-Uydular -Uçaklar -Kara

Çizelge 1.3. Genel olarak savaş alanı olmayan uygulamalar

Özel uygulamalar	Veri füzyonu ile sonuç çıkarımı	Öncelikli veri takibi	Gözetim alanı	Algılayıcı alanı
Endüstri	-Sistem hatalarının bulunması -Sistem düzeltmeleri	-EM sinyalleri -Akustik sinyaller -Manyetik -Sıcaklık -X ışınları -Titreşim	-Mikroskobik denetim	-Gemiler -Uçaklar -Kara
Robotik ve akıllı cihazlar	-Engel tanımı ve konumu -Nesnelerin başarıyla kullanımı	-TV -Akustik sinyaller -EM sinyalleri -X ışınları	-Robotik olarak mikroskobik hareketler	-Robot vücudu
Tıp	Tümör, normal olmayan ve hastalıklı hücrelerin bilgisi ve konumu	-Xışınları -NMR -Sıcaklık -IR -Görsel denetim -Kimyasal ve biyolojik veriler	- İnsan vücudu	-Laboratuar
Çevresel gözlem	Doğa afetleri gibi beklenmedik büyük felaketlerin bilgisi ve konumu	-SAR -Sismik ölçümler -EM -Kimyasal ve biyolojik veriler	- Dünya çapında gözetim	-Uydular -Uçaklar -Kara -Yer altı verileri

Çevresel Gözlem

Bu alanda uydudan veya havadan çekilen görüntülere dayanarak dünya coğrafyasıyla ilgili çıkarımda bulunmak için yapılan çalışmalar vardır [27,28]. Bunlarda aynı algılayıcıdan farklı zamanlarda çekilen veya aynı anda farklı algılayıcılardan çekilen görüntüler birleştirilmektedir [29]. Burada çekilen görüntülerin sınıflandırılması ve yorumlanması [30-32] problemi çözülmeye çalışılmıştır. Yapılan diğer çalışmalarda ise yolların, hava alanlarının, dağlık alanların veya buz yoğunluğunun algılanmasına çalışılmıştır [33-36]. Diğer bir uygulama alanı ise aynı bölgeye ait farklı çözünürlüklere sahip görüntülerin birleştirilmesidir. Buradaki amaç, birleşim sonucu daha yüksek çözünürlüğe sahip resim elde etmektir [37-41].

Robotik ve Akıllı Cihazlar

Bu alanda yapılan çalışmalarda temelde iki sorun çözülmeye çalışılmıştır.

- Robotun hareket edeceği çevrenin tanımlanması
- Dolaşma (Navigation)

Çalışmalarda robotun hareket edeceği yeri gerçek zamanlı olarak belirleyebilmek için kameralar, lazer veya ultra sonar algılayıcılardan elde edilen veriler birleştirilir [42-45].

Dolaşma üzerine yapılan çalışmalarda ise belirli bir çevrede hareket eden araçlar arasındaki çarpışmayı engellemek ve onlara bir yörüngeyi takip ettirmek amaçlanmıştır [46-48]. Bu işlemler, araçların üzerine bir kamera ve mesafe bulma lazeri yerleştirilerek yapılmıştır [49,50].

Tıp

Veri birleştirmenin sıkça kullanıldığı alanlardan birisidir. Bu alanda yapılan çalışmalarda insan vücudunun modellenmesi ve hastalıklara tanı konulması üzerinde

durulmuştur [51-53]. Günümüzde özellikle veri görselleştirme ve toplama tekniklerinde meydana gelen son gelişmeler bu alanda yapılan veri birleştirme çalışmalarına da hız katmıştır. Örneğin, radyografik ve ultrasonik görüntülerin birleştirilmesiyle bir tümör daha kolay tanımlanabilmektedir ya da çoklu görüntülerin birleştirilmesiyle beyin görüntüleri sınıflandırılabilir [54,55]. İnsan beyninin 3 boyutlu olarak modellenmesi, otomatik uyku fazı tanımlaması ve bakteri tanımlaması bu alanda veri birleştirme yoluyla yapılan diğer çalışmalardır [56,57].

Endüstri

Bu alanda; endüstriyel fırınlama ve pirinç kalitesi denetiminin bulanık kurallar yardımıyla tahmin edilmesi, kırılan aletlerin algılanması, araç kabulü, balık cinsinin ve yerinin tanımlaması ya da trenlerin konumlandırılması gibi çalışmalar veri birleştirme yoluyla yapılmıştır [58-61]. Ekonomi alanında ise, sayısal ve dilsel birçok kıstas birleştirilerek karar çıkarımı yapılmıştır [62].

Hall, veri birleştirmenin hem nitelik hem de nicelik olarak birçok faydası olduğunu belirtmiştir [3]. Niteliksel faydaları, gelişmiş işlemsel performans, genişlemiş uzamsal saha, genişlemiş zaman sahası, artırılmış güven (doğru çıkarım olasılığının daha yüksek olması), azaltılmış çıkarım belirsizliği, gelişmiş algılama, gelişmiş uzamsal ayırt etme yeteneği ve gelişmiş sistem güvenilirliği olarak sayılabilir. Niceliksel faydaları ise birleştirme sonucu elde edilen bilginin daha doğru oluşudur. Çizelge 1.4’de veri birleştirmenin niteliksel faydaları özetlenmiştir.

Çizelge 1.4. Veri birleştirmenin niteliksel faydaları

SAĞLADIĞI FAYDANIN SINIFI	GENEL FAYDA	İŞLEMSEL FAYDA
Gelişmiş İşlemsel Performans	Diğer algılayıcılara erişilememesi veya bozulması durumunda, başka bir algılayıcı bilginin elde edilmesini sağlayabilir.	- Bozuk frekanslara karşı kesintisiz çalışma olanağı sağlar. - Düşük seviyede bozulma gerçekleşir - Algılama olasılığını artırır
Genişlemiş Uzamsal Saha	Diğer algılayıcıların göremediğini bir başka algılayıcı görebilir.	- Artırılmış kalımlılık sağlar - Algılama olasılığını artırır
Genişlemiş Zaman Sahası	Diğer algılayıcıların ölçüm yapamadığı bir niceliği bir başka algılayıcı yapabilir.	- ECM(elektronik karşı tedbir), gizlilik, RF yönetimi ve IR bastırma - Algılama olasılığını artırır
Artırılmış güven	Birden fazla algılayıcı aynı niceliği ölçerek pekiştirebilir.	- Kullanım kuralları pozitif hedef kimliği gerektirir - Verilen tehlike için kullanılan CM (karşı tedbir)'nin doğru olduğu kesindir.
Azaltılmış Çıkarım Belirsizliği	Birden fazla algılayıcının verdiği ortak karar, karar hakkındaki hipotezleri azaltır.	- Azaltılmış pilot çalışma - Hedef önceliklendirme
Gelişmiş Algılama	Çoklu ölçümlerin etkili birleştirilmesi, algılamanın güvenilirliğini artırır.	- Artırılmış tepki zamanı - Artırılmış kalımlılık
Gelişmiş Uzamsal Ayırt Etme Yeteneği	Birden fazla algılayıcı, tek bir algılayıcıya oranla daha yüksek çözümleme yeteneğine sahiptir.	Hedef üzerindeki artırılmış konumsal veri hem savunma tepkilerini hem de saldırı profillerini seçer
Gelişmiş Sistem Güvenilirliği	Çoklu algılayıcılar, güven derecesi düşük sistemler için uygundur.	Güven derecesi düşük sistemlerde etkili sonuç çıkarımı

Veri birleştirmede bilgi, yazılı raporlar şeklinde olabileceği gibi genelde sensörler yardımıyla sayısal verilerin ölçülmesi şeklinde olmaktadır. Sensör ölçümlerinden elde edilen verilerse gürültülü, hatalı veya eksik olabilmektedir. Verilerin eksik olmaması için genelde tek sensör kullanmak yerine çoklu sensör kullanılmaktadır. Ayrıca çoklu sensörlerden toplanan bilginin istihbarat bilgisine dönüştürülmesi amaçlandığında; toplanan bilgi belirsiz ve bulanık ise, bu bilgidен istihbarat bilgisi elde etmede kullanılan gereçler ile yapılan değerlendirme taraflı olmaktadır. Sonuç olarak elde edilen istihbarat bilgisine ne kadar güven duyulacağı önem arz etmektedir. Bu durumda çoklu sensörlerden elde edilen verilerin birleştirilmesi için bir veri birleştirme çerçevesi gerekmektedir. Bir veri birleştirme çerçevesinde çıkarımı sağlamak için;

- Kalman filtreleme algoritmaları,
- Bayesian teknikleri,
- Dempster-Shafer algoritması,
- Bulanık mantık (Fuzzy logic),
- Yapay sinir ağları (Artificial neural networks),
- Genetik algoritma (Genetic algorithm)

gibi algoritmalar kullanılabilmektedir. Veri birleştirmedeki kritik problem, algılayıcılardan gelen verilerin toplanması ya da karmaşık yapılara uygulanmasının yanı sıra problemin kesin sonucuna ulaşmada karmaşık algoritmalar ve paralel işlemciler kullanmak suretiyle analiz edilme gerekliliğidir. Farklı özelliklere sahip verilerin olduğu bir veri birleştirme çerçevesinde sağlıklı bir çıkarım elde etmek için tek bir algoritma genellikle yeterli olmamaktadır. Bu durumda, daha güçlü çıkarım elde etmek için birkaç algoritmanın birlikte kullanıldığı karma yapıların oluşturulması gerekir. Bu yüzden, tez çalışmasında, çoklu algılayıcılardan toplanan verileri birleştirerek çevre hakkında çıkarımda bulunacak bir veri birleştirme çerçevesi tasarlanmış ve bu çerçeve için karma mimariye sahip bir birleşim algoritması önerilmiştir. Buradaki amaç; birleşim algoritmasının farklı uygulamalarda da kullanılabilmesini ve veri birleştirme işlemi sonucunda ortaya çıkan kararın tek başına kullanılan algoritmalara oranla daha doğru ve güvenilir olmasını sağlamaktır. Algoritma uyarlanır (adaptive) bir yapıya sahiptir ve Adı “Naive Bayes Sınıflandırıcı Destekli Sinirsel-Bulanık Algoritma” (NBSB) olarak belirlenmiştir. Çalışmada örnek bir uygulama da tasarlanmış ve bu sistem üzerinde algoritmanın doğruluğu ve etkinliği test edilmiştir. Uygulama örneğinin adı, Orman Yangını Önleme ve Yönetim Sistemidir (ORYÖS).

ORYÖS’de tahmin ve tespit olmak üzere iki boyut vardır. Tahmin boyutunda hem orman yangını tehlike durumu derecelendirmesi yapılarak olası bir yangın, hem de meydana gelecek bir yangının yayılma hızı önceden tahmin edilmektedir.

Derecelendirme işlemini NBSB algoritması yerine getirmektedir. Yangının yayılma hızının tahmini ise Yapay sinir ağları (YSA) ile yapılmaktadır. Sistemin tespit boyutunda ise henüz meydana gelmiş bir orman yangını otomatik olarak tespit edilmektedir. Tespit işleminde CCD kamera ve sensör ağları sistemleri birlikte kullanılmıştır. Bu süreçte, CCD kameralar gözlenecek ormanlık alana yerleştirilir. Kameralardan alınan görüntüler görüntü işleme algoritmasından geçirilerek gözlenen alanda yangın olup olmadığı tespit edilir. Sensör ağları ise gözlenen ormanlık alana dağıtılmış durumdadır. Sensör ağları, sensör düğümlerinden oluşmaktadır ve her bir düğümde sıcaklık, nem ve duman algılayıcıları bulunur. Sensör düğümlerinden alınan veriler ise karşılaştırma algoritmasından geçirilerek bölgede yangın olup olmadığı tespit edilir. ORYÖS’de bütün algılayıcılarla birleşim bilgisayarı arasındaki haberleşme WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) ağı üzerinden yapılmıştır.

Tezde ORYÖS’ün tahmin boyutundaki yangın tehlike derecelendirmesinde sadece YSA (karma olmayan, tek seviyeli) algoritması kullanılarak da veri birleştirme işlemi yapılmıştır. Bu sayede, karma NBSB algoritmasının tek seviyeli YSA algoritmasıyla bir kıyaslanması yapılmış ve üretilen sonuçların etkinliği tartışılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre geliştirilen NBSB algoritmasının karma mimariye sahip yapısı sayesinde tek seviyeli YSA algoritmasına oranla daha doğru ve güvenilir sonuçlar ürettiği görülmüştür. Ayrıca bu tez, gerek algoritma yapısının ilk defa tasarlanmış olması, gerekse ORYÖS’de kamera ve sensör ağlarının ilk kez bir arada kullanılması açısından teknolojik ve bilimsel yenilik içermektedir. Geliştirilen veri birleştirme algoritmasının farklı uygulamalarda da rahatlıkla kullanılabileceği düşünülmektedir.

Tezin 2. bölümünde, veri birleştirme işlemi, mevcut model, mimari ve algoritmaları anlatılmıştır. 3. bölümde; ORYÖS, 4. bölümde; NBSB algoritmasında kullanılan teknikler (YSA, Bulanık Mantık, Naive Bayes Sınıflandırıcı) hakkında genel bilgi, 5. bölümde; NBSB algoritmasının yapısı, mevcut algoritmalarından farkı ve YSA algoritması ile yapılan karşılaştırmanın sonuçları, 6. bölümde; uygulamada kullanılan algılayıcılar ve haberleşme sistemi ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır. 7. bölümde ise tezden elde edilen sonuçlar belirtilmiştir.

2. VERİ BİRLEŞTİRME İŞLEMİ, MODEL, ALGORİTMA VE MİMARİLERİ

2.1. Bir Veri Birleştirme Modeli

İşlevsel bir veri birleştirme modeli başlıca fonksiyonları, ilgili veritabanlarını ve birleşimi gerçekleştirecek olan bağlantıları göstermelidir; mimari bir model ise yazılım ve donanım bileşenlerini belirtmeli, veri akışını ve harici arayüzleri ilişkilendirmelidir; matematiksel bir model ise algoritmaları ve mantıksal süreçleri tanımlamalıdır [63-67]. Çalışmanın bu bölümünde [3]'de gösterilen işlevsel bir birleştirme modeli ve mimarisi anlatılacaktır.

Şekil 2.1 veri birleştirme süreci için işlevsel bir modeli göstermektedir. Bu tezde gerçekleştirilen veri birleştirme sürecinde de bu model temel alınmıştır. Bu model Veri Birleştirme Panelinde benimsenmiş olan 1. ,2. ve 3. seviye terminolojilerini içermektedir. Şeklin sol tarafında farklı tipteki algılayıcılardan gelen giriş verileri vardır. Aynı sonuca yönelen çevresel bilgiler, önsel bilgi ve insan çıkarımları da giriş bilgileri olarak kabul edilebilir. Başlıca birleşim işlevleri ön filtreleme, veri toplama yönetimi, 1. seviye işleme, 2. seviye işleme, 3. seviye işleme, veritabanı yönetim sistemi ve durum ve destek veritabanının oluşturulması olarak sıralanır. Bu işlevler aşağıda anlatılmıştır.

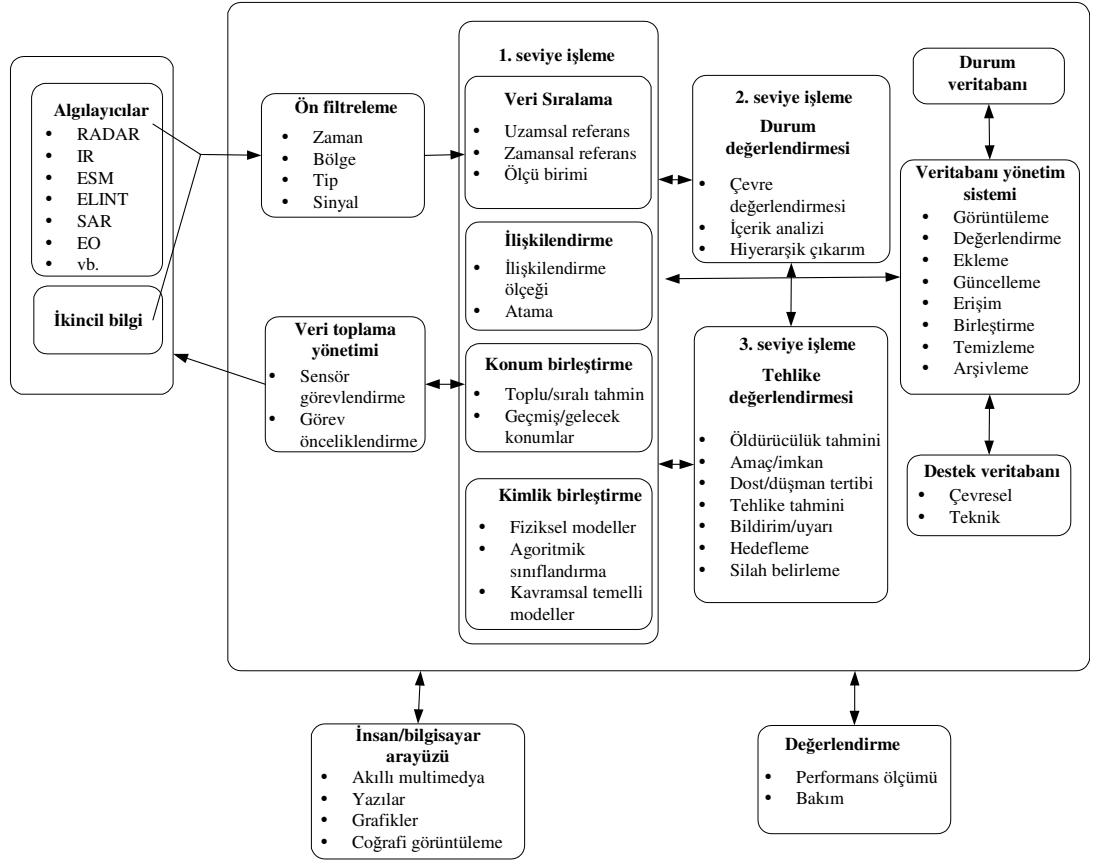
Giriş verilerinin ön filtrelenmesi birleşim sistemine giren verilerin otomatik olarak denetiminin yapılmasını sağlar. Genellikle bir birleşim sisteminde çoklu algılayıcılardan gelen bilgiler hesaplama aşamasında sistemin aşırı yüklenmesine neden olur. Algılayıcı bilgilerinin oranı birleşim sisteminin hesaplama/işleme yeteneğini genellikle zorlar veya sınırlarını aşar. Bu yüzden, ön filtreleme işlemi verileri gözlem zamanına, belirtilen bölgeye ve veri veya algılayıcı tipine göre sınıflandırabilir. Filtreleme işlemi ayrıca, algılayıcı veya çevresel bilgilerden de faydalanabilir. Bu bilgi, verilerin genel kategoriler içerisinde ilişkilendirilmesini sağlar ve daha sonraki işlemlerin de giriş bilgilerini oluşturur.

Veri toplama yönetimi, birleşim sistemine sunulacak olan verilerin toplanmasını denetler ve yönetir. Belirli işlevler algılayıcıların ulaşılabilirliğini, veri toplaması için algılayıcı görevlerini, görevlerin önceliklendirilmesini ve algılayıcıların durumunun tanımlanmasını sağlar.

Şekil 2.1'in orta bölümünde birleştirme sürecinin üç seviyesi gösterilmiştir. 1. seviye işleme bir varlığın veya aktivitenin kimliğini, hızını ya da konumunu saptamak için bilgileri birleştirir. Buradaki nesne tanımı çoklu algılayıcılar tarafından gözlenen bir hedef, düzlem veya yayıcı olabilir. 1. seviye işleme dört bölüme ayrılabilir: (1) veri sıralama, (2) ilişkilendirme, (3) izleme ve (4) tanımlama.

Veri sıralama işlevi, algılayıcılardan gelen veriyi ortak bir uzaya ve zamana ait düzlem içerisine yerleştirir. Bu işlem, koordinat dönüşümlerini (enlem/boylamdan x-y koordinatlarına), zaman dönüşümlerini (bireysel algılayıcı zamanından sistem zamanına) veya birim dönüşümlerini içerebilir.

Veri ilişkilendirme işlevi, çoklu algılayıcılardan gelen gözlemler arasında gruplar içinde ilinti kurma sorununu çözmeye çalışır. Burada her bir grup bağımsız bir nesneyle ilişkili bilgi sunar. Örneğin, fiziksel olarak birbirine çok yakın ve kimliği bilinmeyen birçok hedefin bulunduğu yoğun bir izleme çevresinde bu problem çoklu strateji gerektirir. Bu yüzden ilişkilendirme işlevi gözlem parçalarını (N. Gözleme karşı N-1. gözlem gibi) karşılaştırır ve hangi gözlemin hangi varlığa ait olduğunu tanımlar. Ayrıca ilişkilendirme işlevi, yeni gelen bir gözlemin daha önceden birleşim veritabanında olup olmadığını da belirtmek için tarar.



Şekil 2.1. Bir veri birleştirme süreç modeli

İzleme işlevi bir varlığın konum ve hızı hakkında bir tahminde bulunmak için konumsal verileri birleştirir. Ortak bir izleme problemi yön bulmayı gerektir ve çoklu açışal gözlemler hareket etmeyen bir hedefin yerini tahmin etmek için birleştirilir. Bir diğer izleme problemi ise bir uçağın yolunu belirlemek için radar gözlemlerini kullanmayı gerektirir. İzleme algoritmaları, bir nesnenin yerinin ve hızının önsel tahminiyle başlar ve yeni gözlemin zamanına göre nesnenin tahmin edilen konumuyla günceller.

Tanımlama işlevi, 1. seviye süreci tamamlar. Tanımlama yöntemleri, bir nesnenin kimliğiyle ilgili bilgilerini birleştirir. Kimlik birleştirme teknikleri, kümeleme yöntemleri, uyarlanabilir yapay sinir ağları, şablon yöntemleri, Bayesian ve Dempster-Shafer çıkarsama yöntemlerini içerir.

2. seviye işleme veya durum değerlendirmesi, 1. seviye birleştirmenin üzerinde daha üst düzey çıkarım yapar. Yani, örneğin 1. seviye işleme bir durum hakkında bilgi verirken (bir varlığın kimliği veya yeri gibi), 2. seviye işleme durum değerlendirmesi yaparak sonucun anlamı hakkında yorumda bulunur. Bir durum değerlendirmesi elde etmek için veriler çevreyle, nesneler arasındaki ilişkiyle ve zaman ve mekân örüntüleriyle ilişkili olarak değerlendirilir.

Son olarak 3. seviye işleme (askeri veya akıllı birleşim sistemleri) tehlike değerlendirmesi işlevidir. Tehlike değerlendirme işlevi dost veya düşman güçlerin öldürücülüğü, dost ve düşman bileşenlerinin değerlendirmesi, tehlike tahmini, hedefleme hesaplamaları ve füze değerlendirme hesaplamalarını içerir.

Bir birleşim sistemindeki yardımcı işlevler ise, veritabanı yönetimi, insan/bilgisayar arayüzü, ve değerlendirme işlevleridir. Bu işlevler bir birleşim sisteminin büyük bir bölümünü kapsayabilir. Kurulacak sistemdeki yardımcı işlevlerin belirlenmesinden sonra birleştirme işlemi için hangi algoritma ve mimarinin kullanılacağı seçilmelidir. Aşağıda veri birleştirme sürecinde kullanılan algoritma ve mimariler anlatılmıştır.

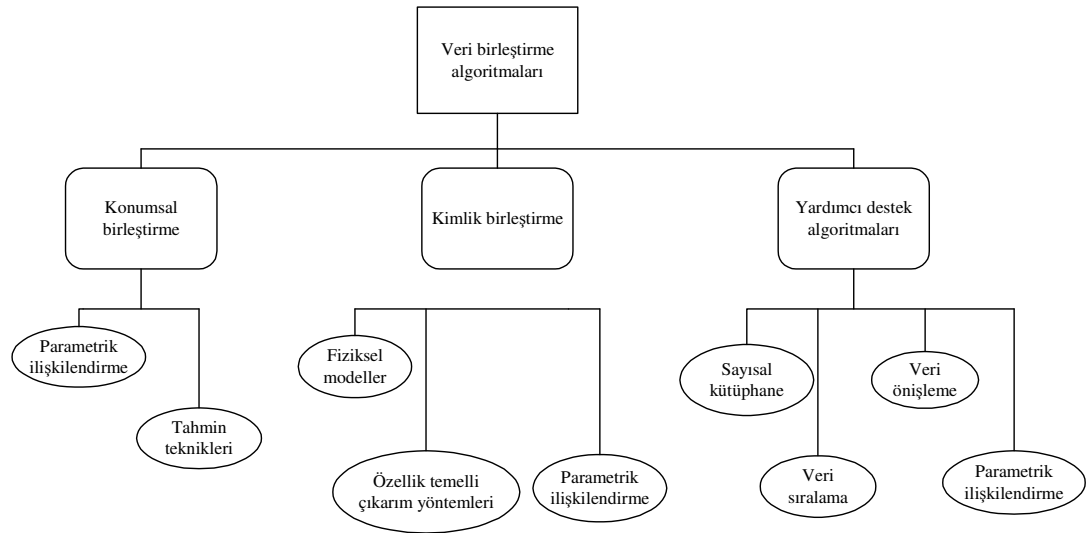
2.2. Veri Birleştirme Algoritmaları

Veri birleştirme sürecinde kullanılacak olan algoritmanın seçimi, birleştirme sistemi tarafından aranan çıkarımın doğasına, uygulamanın özelliğine ve elde edilebilir algılayıcı verilerine bağlıdır. Verilen belirli bir uygulama, algılayıcı takımı ve çıkarım sıradüzeni sağlandığında bir dizi algoritma genellikle sisteme uygulanır ve verileri birleştirir. Bazı değerlendirme ölçütleri algoritmanın matematiksel yapısına ve uygulanabilirliğine göre yapılabilir. Diğer değerlendirme ölçütleri üretilen işin sınırlamalarını, algoritmanın gerektirdiği bilgisayar kaynaklarını ve çalışma sınırlamalarını içerir. Aşağıda literatürde bulunan mevcut algoritmalar Hall ve Linn [68] tarafından yapılan sınıflandırmaya göre verilmiştir. Buradaki sınıflandırma belirli teknikler içinde gruplandırılmış fikirsel kategorileri anlatır. Bu tip bir sınıflandırma istatistiksel tahmin yöntemi gibi gerçek bir matematiksel algoritmadan,

uzman sistemler gibi bilişsel yöntemlere kadar uzanmak zorundadır. Yapılan bu sınıflandırma Şekil 2.2’de verildiği gibidir.

Sınıflandırmadaki ilk algoritma bölümü konumsal birleştirme içindir. Konumsal birleştirme algoritmaları parametrik ilişkilendirme algoritmalarını kullanarak aynı hareketli nesneye ait gözlemleri, gözlem dizileri halinde ilişkilendirmelidir. Genellikle Kalman filtreleri veya yığın tahmin yöntemleri gibi tahmin teknikleri kullanılır.

Şekil 2.2’deki ikinci algoritma bölümü kimlik birleştirmesi içindir. Kimlik algoritmaları fiziksel modeller, özellik temelli sınıflandırma ve bilişsel temelli modeller olarak alt bölümlere ayrılmıştır. Konumsal birleştirme algoritmaları istatistiksel temelli metotları kullanırken, kimlik algoritmaları parametrik olmayan veya buluşsal (heuristic) metotları kullanır.

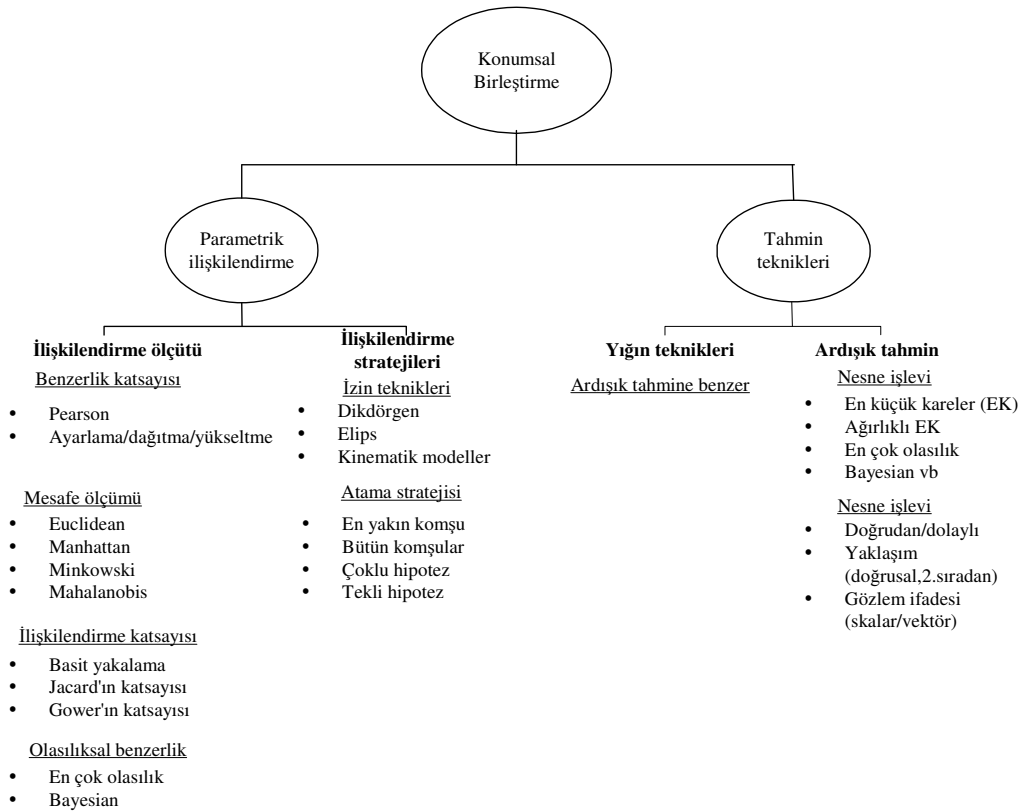


Şekil 2.2. Veri birleştirme algoritmalarının sınıflandırılması

Şekil 2.2’deki üçüncü algoritma bölümü ise 1. seviye işlemeyi desteklemek için gerekli olan yardımcı tekniklerdir. Bu algoritmalar, temel sayısal yöntemler, veri sıralama, veri önışleme teknikleri, veritabanı yönetim işlevleri ve insan/bilgisayar arayüzleri olarak sayılabilir.

2.2.1. Konumsal birleştirme algoritmaları

Konumsal birleştirme fiziksel modelleri ve gözlem verilerini bir durum vektörü şeklinde ifade eden istatistiksel varsayımların bir birleşimidir. Buradaki durum vektörü deyimi konum ve hız gibi bir dizi bağımsız değişkeni ifade eder. Konumsal birleştirme algoritmaları bu durum vektörünü en iyi şekilde tahmin etmek için kullanılır. Bu algoritmalar gerçek veri ve tahmin edilen veri arasındaki farkı temel olarak durum vektörünü düzeltme işlemini yapar. Parametrik ilişkilendirme ve tahmin teknikleri olarak iki alt bölüme ayrılabilir. Konumsal birleştirmede kullanılan algoritmalar Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Konumsal birleştirme algoritmalarının sınıflandırılması

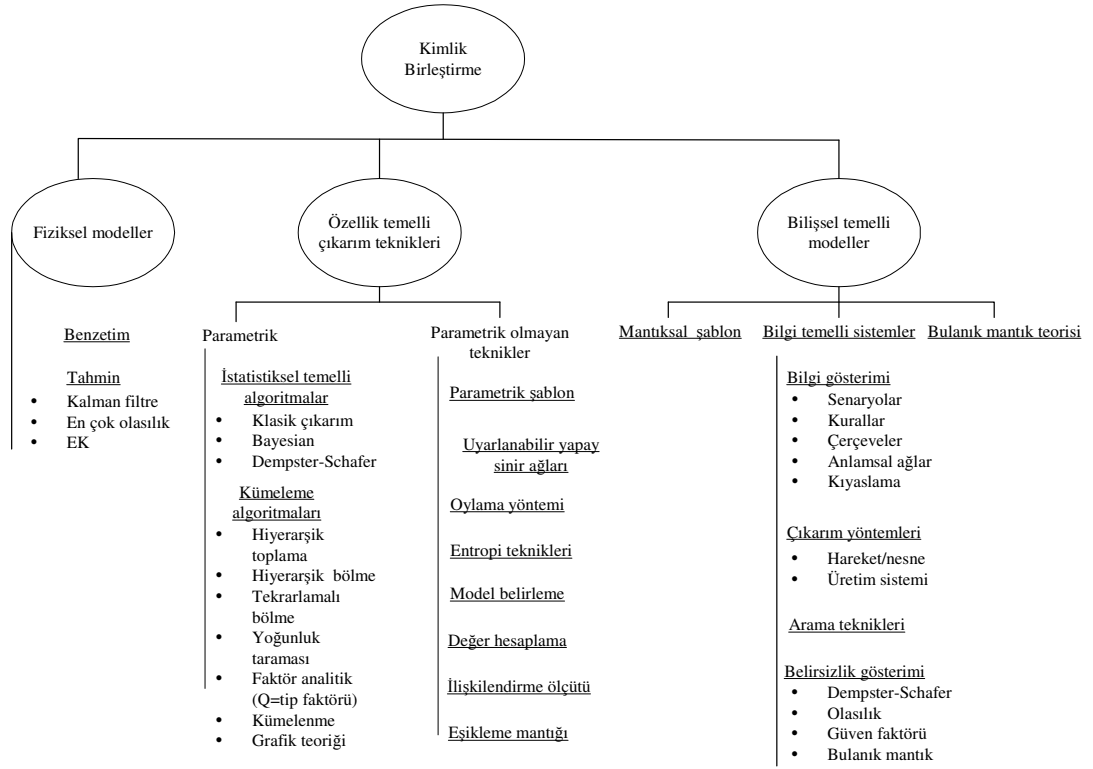
2.2.2. Kimlik birleştirme algoritmaları

Kimlik birleştirme için tam ve eşsiz bir algoritma sınıflandırması bulunmamaktadır. Ancak kimlik birleştirme için iyi bilinen istatistiksel temelli algoritmalar olan klasik

Çıkarım ve Bayesian çıkarımdan, yapay sinir ağlarına kadar çeşitli algoritmalar başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Bununla beraber, kimlik birleştirmede kullanılan bu algoritmalar şekil 2.4'te gösterildiği şekliyle sınıflandırılmıştır. Sınıflandırmadaki üç ana alt bölüm: (1) fiziksel modeller, (2) zellik temelli çıkarım teknikleri ve (3) bilişsel temelli modellerdir.

Fiziksel modeller algılayıcı verilerini biçimlendirmede ve tahmin edilen (biçimlendirilen) verileri gerçek verilerle yakalayarak nesnenin veya olgunun kimliğini tespit etmede kullanılır. Bu bölümde Kalman filtre, En çok olasılık ve En küçük kareler (EK) yöntemi gibi benzetim ve tahmin teknikleri yer alır.

Özellik temelli çıkarım teknikleri fiziksel modeller kullanmadan kimlik verilerini kullanarak yine kimlik belirleme işlemini yapmada kullanılır. Bu teknik iki alt bölümde incelenebilir: (1) parametrik (istatistiksel) teknikler, (2) parametrik olmayan teknikler. Parametrik teknikler kimlik verisinin istatistiksel özelliği hakkında bir önsel olasılık (a priori) gerektirir. Klasik ıkarım, Bayesian, Dempster-Shafer ve kümeleme yöntemlerini içerir. Parametrik olmayan tekniklerde ise önsel olasılık gibi bir istatistiksel bilgiye gerek yoktur. Modelleme, yapay sinir ağları, oylama yöntemleri ve entropi yöntemlerini içerir.

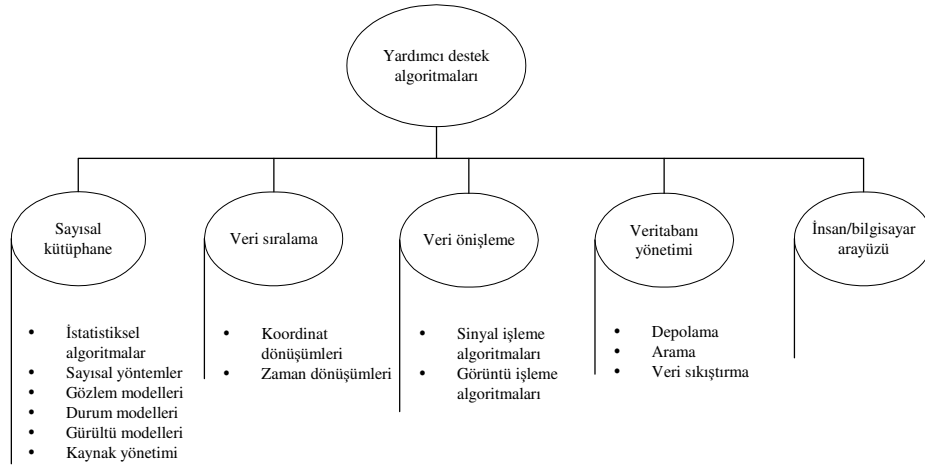


Şekil 2.4. Kimlik birleştirme algoritmalarının sınıflandırılması

2.2.3. Yardımcı destek algoritmaları

Konumsal ve kimlik birleştirme algoritmalarına ek olarak 1. seviye işleme sürecine destek olmak amacıyla bazı algoritmalar kullanılır. Bu algoritmalar Şekil 2.5’de gösterildiği gibi sınıflandırılmıştır. Sayısal yöntemler, veri sıralama algoritmaları, veri önileme, veritabanı yönetimi ve insan/bilgisayar arayüzleri gibi teknikleri içerir.

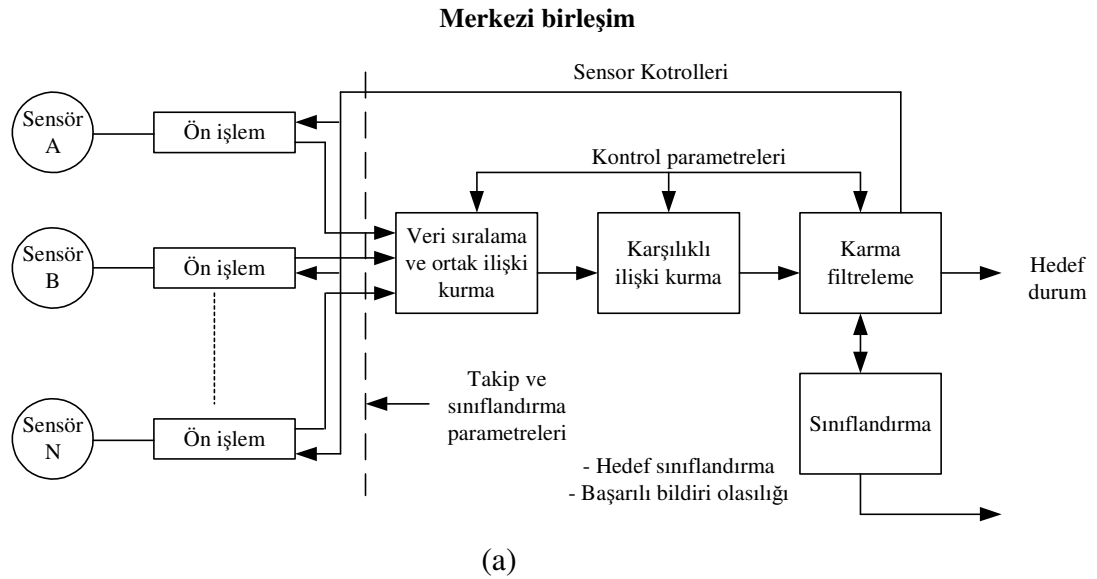
Burada iki ana bölümden özellikle söz edilebilir. Bunlar veri sıralama ve veri önileme algoritmalarıdır. Bu süreçler bu bölümdeki veri işleme modeli başlığı altında açıklanmıştır. Bu bölümlerde kullanılabilecek algoritmalar ise; eşikleme, ortalama alma tekniği, sinyal işleme yöntemleri (filtreleme, düzeltme vb.) ve görüntü işleme yöntemleri olarak sayılabilir.



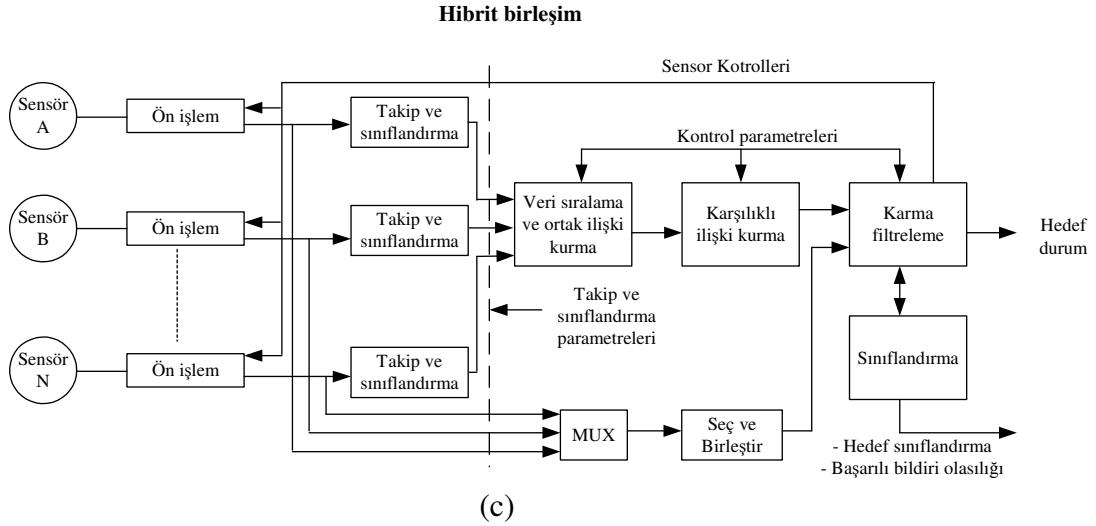
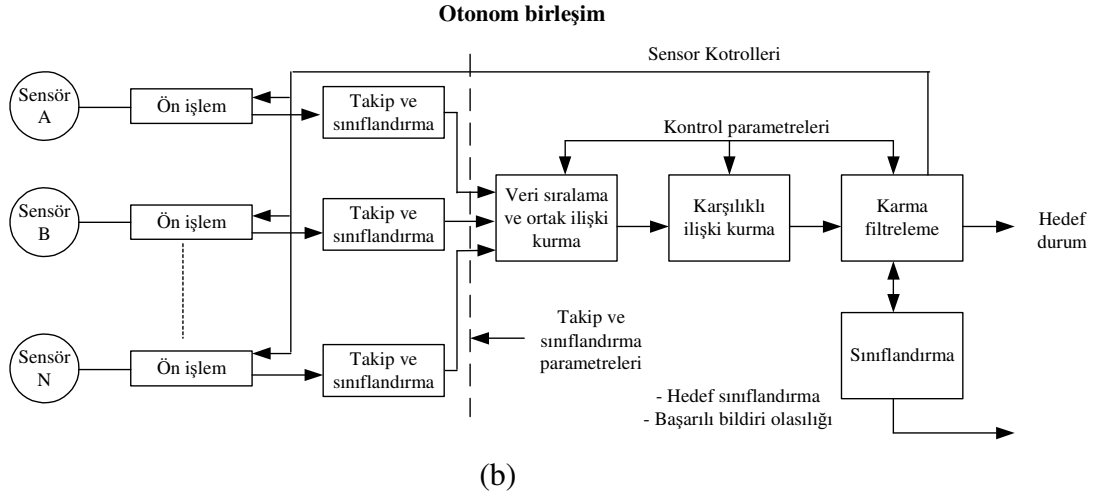
Şekil 2.5. Yardımcı destek algoritmalarının sınıflandırılması

2.3. Veri Birleştirme Mimarileri

Veri birleştirme işleminin gerçekleştirilmesi için algoritmanın belirlenmesinden sonra, sürecin akışını gösteren mimarinin belirlenmesi gerekir. Heistrand [69] birleştirme süreci için üç temel mimari yaklaşımında bulunmuştur. Bu mimariler; merkezi birleşim, otonom birleşim ve karma birleşim Şekil 2.6’da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Veri birleştirme mimarileri



Şekil 2.7. (Devam) Veri birleştirme mimarileri a) merkezi b) otonom c) hibrit birleşim

Merkezi birleşim işlenmemiş verilere ilişkin veri birleştirmesini göstermektedir. Her bir algılayıcıdan gelen verilerin, merkezi işleme uygunluk açısından algılayıcı verilerinden algılayıcı tabanlı bölümlere ve koordinatlardan en uygun anlamlı koordinatlara dönüştürülmesinde kullanılır. Daha sonra hangi algılayıcı verilerinin ortak birleştirmeye katılacağına karar verilmesi veriler için bir araya getirilir. Bu da çoklu algılayıcıda, çok hedefli çevrede aynı fiziksel varlıkların veya hedeflerin hangi gözlemlerinin temsil ettiğine karar vermek için gereklidir. Böylece ortaklığın sonucunda hangi gözlemden gözleme veya hangi gözlemden var olan hedef izlemenin yapılacağına karar verilebilir. Bu ortaklık problemi yoğun hedef izlemeli

uygulamalarda karmaşık olabilir. Bununla beraber kalman filtre gibi sıralı tahmin teknikleri kullanılarak veriler birleştirilebilir. Bu merkezileştirilmiş yaklaşım, veriyi birleştirmek için birleşim ve ilgileşiminin doğru olarak yapılabildiğinin kabul edildiği teorik düşüncede en verimli yoldur. Bununla beraber bu yaklaşım algılayıcılardan gelen ham verinin merkezi işleme kolaylığı veya bilgisayara göre sayısal verilere dönüştürülmüş (yerel iletim hatları veya diğer mekanizmalar ile) olmasını da gerektirir.

Otonom birleşim, her bir bağımsız algılayıcının tek kaynaklı pozisyon tahmini ve her bir algılayıcıdan bir durum vektörünün sağlandığı dağıtılmış (otonom) veri birleşimidir (bir nesneye ait pozisyon ve hız bilgilerin hepsi ayrı algılayıcılardan ayrı kaynaklı veri tabanı olarak düzenlenir). Bu yer ve hız tahminleri çeşitli algılayıcılara dayanan bir birleşim elde etmek veya durum vektörü tahmini gerçekleştirmek için birleşim işlemine giriş bilgilerini oluşturur. Dağıtılmış birleşim mimarileri, algılayıcılar ve birleşim işlemi arasında istenen iletişimleri azaltır. Buna ilaveten ortaklık birleşim yöntemi teorik olarak veri seviye birleşimi için yapılandan daha kolaydır. Ayrıca genelde durum vektör birleşimi ham veri seviye birleşimi kadar kesin değildir, çünkü algılayıcılar ve birleşim işlemi arasında bilgi kaybı söz konusudur.

Son olarak 3. mimari ham veri seviye birleşimi ve durum vektör birleşimini kaynaştıran bir karma mimaridir. Bu durumda sıradan işlemler esnasında durum vektör birleşimi hesaplama olarak iş yükünü ve iletişimlerin isteklerini azaltmak için yapılır. Belirlenmiş koşullar altında ham veri seviye birleşimi gerçekleştirilir. Alternatif olarak mevcut algılayıcılara dayanmış durum vektörlerinin ve verinin bir birleşimi gerçekleştirilebilir. Karma mimari çözümde esnekliği sağlamasına rağmen veri ve durum vektörü birleşimi arasında birleşim işlemi ve seçimini kontrol etmek için genel bir izlemenin takibini gerektirir.

Belirli bir uygulama için bu mimarilerden hangisinin kullanılacağı; mevcut iletişimler, kullanılan bant genişliği, algılayıcıların karakteristik özellikleri, mevcut kaynaklar ve diğer sonuçlar gibi değerlerin incelenmesi sistem mühendisliği

problemidir. Bütün durumlar ve uygulamalar için uygulanabilir genel bir mimari yapısı yoktur. Burada gösterilen mimariler kullanılması muhtemel yapılardır.

3. ORMAN YANGINI ÖNLEME VE YÖNETİM SİSTEMİ

Orman yangınları küreselleşen dünyada etkileri ve sonuçları itibarıyla bütün ülkeleri ilgilendiren doğal afetlerin başında gelmektedir. Yangınlar, dünya çapında her yıl milyonlarca hektar orman alanının yanmasına, katrilyonlarla ifade edilen yangınla mücadele masrafına, reaksiyonel değer ve hatta can ve mal kayıplarına neden olabilen önemli bir tehdittir. Artan nüfus ve aşırı tüketim doğal kaynakların özellikle ormanların hızla yok olmasına neden olmaktadır. Yangınlar sonucu olan bu kayıp,

- erozyon
- kütle kaybı
- su kaynaklarının bozulması
- hava kirliliği
- çölleşme, sel, heyelan, çığ gibi felaketleri de beraberinde getirmektedir.

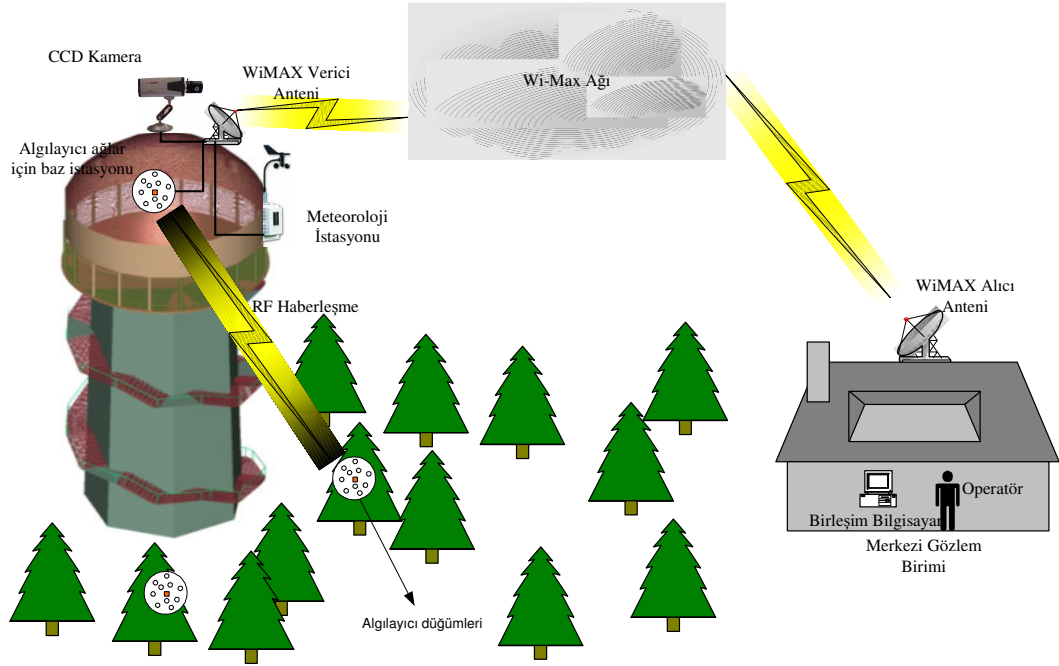
Global orman alanı, dünya nüfustaki artışla ters orantılı olarak, devamlı bir daralma süreci sergilemiştir. M.Ö. 2000 yılından önce yaklaşık 8 milyar hektar olan dünya ormanları son 150 yılda endişe verici bir hızla azalma eğilimine girmiş ve son verilere göre toplam alanı 3,2 milyar hektar düzeyine inmiştir. Bu azalmada orman yangınlarının küçümsenemeyecek bir rolü vardır.

Ülkemiz ormanlarının büyük bir bölümü üzerinde bulunduğu coğrafya ve sahip olduğu iklim özellikleri sebebi ile yoğun bir yangın tehdidi altında bulunmakta ve her yıl çeşitli sayıda orman yangını sonucu önemli ölçüde orman varlığı zarar görmektedir. Kahramanmaraş' tan başlayıp Akdeniz ve Ege' yi takiben İstanbul'a kadar uzanan 1700 kilometrelik sahil bandının 160 km derinlikteki bölümü orman yangınları bakımından çok büyük hassasiyet göstermektedir. Ülkemizdeki orman yangınlarının % 90'ı bu bölgede meydana gelmektedir.

Orman yangınlarından dolayı meydana gelen zararı azaltmanın en etkili yolu, koruyucu önlemlerin yanı sıra yangını olabildiğince hızlı tespit ve ona müdahale etmektir. Bu nedenle tez çalışmada, ülkemizdeki mevcut orman varlığını korumak

amacıyla NBSB algoritmasının etkinliğini değerlendirmede kullanılacak uygulama örneği için Orman Yangını Önleme ve Yönetim Sistemi (ORYÖS) geliştirilmiştir. ORYÖS'ün tahmin ve tespit olmak üzere iki boyutu bulunmaktadır. Her bir boyutun ise kendine ait algılayıcıları bulunmaktadır. Sistemin tahmin boyutunda, bu boyuta ait algılayıcı verileri kullanarak anlık orman yangını olasılığı/durumu derecelendirilmekte ve mevcut bir yangının yayılma hızı tahmin edilmektedir. Tespit boyutunda ise yine bu boyuta ait algılayıcı verileri kullanarak yeni başlamış bir orman yangını anında tespit edilmektedir.

Sistemin tahmin ve tespit boyutları içeren ORYÖS'ün genel yapısı Şekil 3.1'de gösterilmiştir. ORYÖS'de gözlenecek olan bölgenin merkezinde bir kule vardır. CCD kamera, meteoroloji istasyonu ve WiMAX verici anteni bu kulenin tepesine yerleştirilmiştir. Kulenin etrafında ise gözlenecek alana dağıtılmış kablosuz sensör ağına ait sensör düğümleri mevcuttur. Bütün sensör düğümleri verilerini kulede bulunan baz istasyonuna gönderir. Sensör düğümleri ile baz istasyonu arasındaki iletişim Radyo Frekanslı (RF) vericilerle yapılmaktadır. Merkezi gözlem biriminde ise verilerin toplandığı ve birleşim işleminin gerçekleştirildiğı bir bilgisayar vardır. Birleşim bilgisayarıyla algılayıcılar arasındaki bağlantı WiMAX ağıyla yapılmıştır. WiMAX haberleşme sisteminin bütün avantajları, sınırlamaları ve çalışma prensibi 6. bölümde anlatılacaktır.



Şekil 3.1. ORYÖS'ün genel yapısı

Sistemde kullanılan kamera, SANYO VCC-ZM400P kodlu ve 22x optik yakınlaştırma özelliğine sahiptir. Kulenin üzerine 90° lik görüş açısına sahip 4 adet kamera yerleştirilebilir. Bu sayede kulenin etrafındaki 360° lik bir alan sürekli olarak gözlenebilmektedir. Merkezi gözlem birimindeki bilgisayarlar kameradan her 1 dakikada resim alınmaktadır. Alınan her resim bilgisayar tarafından tasarlanan görüntü işleme algoritmasına tabi tutulur. Algoritmanın çalışması gündüz boyunca duman algılama, gece boyunca yangın ateşini algılama prensibine dayanır. Eğer uygulanan algoritma sonucu, gözlenen alanda bir yangın durumundan şüphe duyulmuşsa sunucu bilgisayar alarm durumuna geçer ve şüpheli bölge görüntü üzerinde işaretlenir Merkezi gözlem biriminde bulunan operatör bu alarmı kabul edebilir veya yok sayabilir. Bu yüzden, insan operatörün bilgisayar ekranını klasik sistemlerdeki gibi sürekli olarak gözetlemesine gerek yoktur. Sistem bir alarm ürettiğinde operatör alarm durumundan emin değilse, sistemi kendi denetimine alarak kameranın pan/tilt/zoom özelliğini kullanabilir ve alarm durumunu kabul edip etmeyeceğine kolaylıkla karar verebilir.

ORYÖS'ün kablosuz sensör ağıları bölümünde ise, sensör düğümleri kulenin etrafına dağıtılmıştır. Her bir sensör düğümünde sıcaklık, nem ve duman algılayıcıları bulunmaktadır. Her bir sensör düğümü verilerini kendi bölgesindeki kulede bulunan baz istasyonuna iletir. Baz istasyon düğümlerden gelen verilerin takibini yapmaktadır. Yani sensör düğümleri üzerinde bulunan algılayıcıların verilerini sürekli olarak karşılaştırır. Eğer herhangi bir düğümün verilerinde ani ve sürekli olarak bir değişim (sıcaklık artışı, nem azalması, duman algılama) meydana geliyorsa o düğüme ait aktif raporunu birleşim bilgisayarına iletir. Burada baz istasyonunun kullanılmasındaki amaç birleşim bilgisayarını gereksiz ve fazla bilgidan kurtarmaktır. Aşağıda ORYÖS'ün tespit ve tahmin boyutları ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

3.1. ORYÖS'ün Tespit Boyutu

Geçmişte orman yangınlarını tespit etmek amacıyla temelinde insan gözetimi olan düzenekler veya sistemler kurulmuştur. Hatta günümüzde birçok bölgede halen bu tip sistemler kullanılmaktadır. Geleneksel insan gözetleme sistemlerinde, belirli bir mevkide 24 saat boyunca bir insan tarafından alanın gözetlenmesi yapılır. Ayrıca bu gözetleme işlemi genellikle sadece yaz aylarında gerçekleştirilir. Gözlenen alan ise gözlemcinin görüş açısıyla sınırlıdır.

Bu tip geleneksel sistemlerin dezavantajları, belirlenen mevkilere yerleştirilen uzaktan kumandalı video kameralar kullanılarak giderilebilir. Bu durumda gözlem kulelerinde insan bulundurmaya gerek kalmaz. Gözetleme işini artık kameralar yapmaktadır. Gözetim sürecinde, yangın durumu görüntü işleme algoritmaları tarafından otomatik olarak tespit edilmektedir. İnsan operatör ise bu kameraların kablolu veya kablosuz bir şekilde bağlandığı uzak bir merkezden gerekli olan gözetim sürecini takip edebilir. Bu tip bir video kamera temelli gözetim sistemi klasik insan gözetlemeli sistemlere göre önemli avantajlara sahiptir. Bunlar;

- Kameralı sistemler sayesinde, birkaç kamera kullanılarak daha geniş bir alanın gözetimi yapılabilir.

- Kameralar genellikle güçlü yakınlaştırma özelliğine sahiptir. Bu sayede sistem veya operatör durumu şüpheli olan bölgeyi daha kolay keşfedebilir.
- Bu tip bir sistemde genellikle görüntü depolama kapasitesi olduğundan dolayı geleceğe yönelik yangın analizleri daha kolay yapılabilir.
- Yangın durumu görüntü işleme tekniklerine dayalı olarak tespit edildiğinden dolayı daha güvenli ve hızlıdır.

3.1.1. Otomatik orman gözetleme ve yangın algılama

Son yıllarda otomatik yangın algılama ve gözetleme sistemleri üzerinde çeşitli araştırma ve geliştirmeler yapılmıştır [70-74]. Bu araştırmalar genellikle iki tip üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bunlar: (1) Yer görüntüleme istasyonları tarafından yapılan karasal gözetim, (2) uydular yardımıyla yapılan uydu gözetim sistemi.

Uydu temelli sistemler, Kanada veya Sibiry'a gibi geniş ormanlık alana sahip bölgelerin gözetimi için uygundur. Bazen bu tip alanların gözetiminde uçak temelli sistemler de kullanılmaktadır. Uydu temelli sistemlere örnek olarak Kanada Yangın Görüntüleme, Haritalama ve Modelleme (Fire Monitoring, Mapping, and Modeling, Fire M3), ve Avrupa FUEGO (The FUEGO System) sistemi verilebilir. Ayrıca bu konuda yapılmış bilimsel çalışmalar da bulunmaktadır [75,76]. Bu tip sistemler üzerine yapılan çalışmalar orman yangınlarını başarılı bir şekilde tespit etmişlerdir. Ancak fırtınalı ve bulutlu hava koşullarından olumsuz yönde etkilenmesi ve yüksek maliyet ve teçhizat gerektirmesi bu sistemlerin en büyük dezavantajıdır.

Karasal gözetleme sistemlerinde ise birkaç çeşit algılayıcı kullanılabilir. Bunlar;

- CCD video kameralar.
- Ateşten yayılan sıcaklığı algılayan IR termal kameralar.
- Duman ve gazların spektral karakteristiğini belirleyen IR spektrometre.
- LIDAR algılayıcılar
- Kablosuz sensör ağları

Infrared ve lazer temelli sistemler diğerlerine göre daha düşük yanlış alarm seviyesine sahip olmalarına karşın, bu sistemlerin dezavantajı görünebilir spektruma duyarlı kameralarla (CCD) karşılaştırıldığında yüksek maliyete sahip olmalarıdır. Örneğin pan/tilt/zoom özelliğine sahip bir CCD kameranın fiyatı yaklaşık 3000 Euro iken, bir IR termal kameranın fiyatı yaklaşık olarak 25000 Euro değerindedir. Günümüzde marketlerde yer alan CCD kameralar gündüz boyunca renkli ve yüksek çözünürlüklü görüntü verirken, gece boyunca siyah-beyaz görüntü moduna geçerek bir IR kamera kadar kaliteli görüntü sağlayabilmektedir.

Günümüzde, IR spektruma yakın duyarlı CCD kameralar, karasal sistemlerde otomatik gözetleme ve otomatik orman yangını algılama işlemini gerçekleştirmek için en iyi ve etkili çözümü sunmaktadırlar. Son yıllarda, yüksek orman yangını riski olan hemen her ülke bu tip bir sistemler geliştirmiştir ve kullanmaktadırlar. Almanya'da FireWatch, Güney Afrika'da FireHawk, Kanada'da ForestWatch [77], İngiltere'de ForestVu ve Fransa'da UraFire [78] gibi sistemler bunlara örnektir. Bütün bu sistemler gündüz boyunca duman algılama, gece boyunca yangın ateşini algılama sistemiyle çalışmaktadırlar.

Görüntüye dayalı bütün bu sistemlerin tek dezavantajı, meteorolojik koşulların olumsuzluğu (toz kütlesi, bulut, yağış vb.), ışık yansımaları ve insan aktiviteleri nedeniyle yanlış alarm verme kapasitesine sahip olmalarıdır. Buna rağmen, bu tip sistemler bir insan operatörün gözetiminde olduğu için, en son karar ona ait olacaktır.

Bunların dışında karasal gözetleme sistemlerindeki diğer başarılı çalışmalar sensör ağları kullanılarak yangın tespiti gerçekleştirilmesidir [79-81]. Bu tip sistemlerde sensör düğümleri gözetlenecek ormanlık alana dağıtılır. Sensör düğümleriyle merkezi birim arasındaki haberleşme kablosuz bir şekilde yapılmaktadır. Düğümlerin her birinde sıcaklık, nem ve duman gibi algılayıcılar bulunur. Düğümlerden gelen veriler bir merkezde değerlendirilerek yangın tespiti başarılı bir şekilde yapılır. Bu tip sistemlerin en büyük avantajı ise yangının başladığı ve yayıldığı bölgenin tam olarak bilinmesidir.



Resim 3.1. ORYÖS'ün genel görünümü

ORYÖS'ün tespit boyutunda kamera ve kablosuz sensör ağları yukarıda anlatıldığı şekliyle birbirinden bağımsız olarak çalışırlar. Ancak veri birleştirme süreci amacına uygun şekilde bu bağımsız sistemlerin bütünleşmesini sağlamaktadır. Örneğin kamera sisteminin algılayamadığı bir yangını sensör ağları algılayabildiği gibi sensör ağları tarafından algılanamayan yangın kamera sistemi tarafından algılanabilmektedir. Bu durum sistemin güvenilirliğini artırmakta ve sürekliliğini sağlamaktadır.

3.2. ORYÖS'ün Tahmin Boyutu

ORYÖS'ün tahmin boyutunda orman yangını tehlike derecelendirmesi ve mevcut bir yangının yayılma hızının tahmini yapılmaktadır. Bir orman yangını tehlike derecelendirme sisteminin ilk amacı orman yangınlarını denetim altında tutmak ve

koruyucu önlemler almak olmalıdır. ORYÖS'ün amacı da orman yangını tehlikesine sebep olacak durumları tanımlamak, bu durumlara karşı önlem almak ve meydana gelen bir yangının davranışını tanımlamaktır. ORYÖS aşağıda sayılan öğelerden oluşmaktadır.

- Yangın tehlikesini etkileyecek durumları görüntüleme yeteneği
- Yüksek yangın tehlikesi olan bölgeleri belirleme ve tahdit etme
- Tutuşma kolaylığı ve olası yangın davranışının benzetimini yapacak uygun modeller kullanma
- Yüksek yangın tehlikesini belirleyebilme ve tehlike durumunda alınacak önlemleri listeleyebilme
- Yangın tehlike derecesine göre alınacak önlemleri sıralayabilme
- Yangının davranışına göre strateji belirleme

Günümüzde toplam 8 adet sistem veya model ulusal veya uluslararası boyutta kullanılmaktadır. Bunlar;

- İsveç Angstrom İndeksi
- Rus Tutuşma İndeksi
- Fransız Yangın Tehlike Derecelendirme Sistemi
- Kanada Orman Yangını Tehlike Derecelendirme Sistemi (CFFDRS)
- Amerikan Ulusal Orman Yangını Tehlike Derecelendirme Sistemi (USA-NFDRS)
- Güney Afrika Ulusal Orman Yangını Tehlike Derecelendirme Sistemi
- Avustralya (McArthur) Orman Yangını Tehlike Derecelendirme Sistemi
- Avustralya (McArthur) Otlak Yangını Tehlike Derecelendirme Sistemi
- Lowveld Yangın Tehlike Derecelendirme Sistemi

Yukarıda sayılan sistemler yangın tehlikesini derecelendirmek için sıcaklık, nem, yağış, rüzgâr hızı ve yönü gibi meteorolojik verileri kullanmaktadırlar. Zaten geçmişte ve günümüzde yapılan mevcut araştırmalar, orman yangın hareketlerini orman yüzeyindeki yakıt tipine bağlı olarak gün içerisindeki hava durumundaki

değişimlerin etkilediğini/belirlediğini saptamıştır [82-84]. Her bir sistemin kendine özgü modelleri ve çeşitli hesaplama sistemi bulunmaktadır. Çizelge 3.1’de bu sistemlerin kullandığı veriler karşılaştırmalı bir biçimde verilmiştir.

Çizelge 3.1. Yangın tehlike derecelendirme sistemlerinin kullandıkları veriler

Yangın Tehlike Derecelendirme Sistemi	Rüzgâr	Nem	Sıcaklık	Yağış	Yakıt Tipi	Tutuşma Riski
İsveç Angstrom Göstergesi	Yok	Var	Var	Yok	Yok	Yok
Rus Tutuşma Göstergesi	Yok	Yok	Var	Var	Yok	Yok
Fransız Yangın Teh. Der. Sis.	Var	Var	Var	Var	Yok	Yok
Kanada Yangın Teh. Der. Sis.	Var	Var	Var	Var	Var	Var
Amerika Yangın Teh. Der. Sis.	Var	Var	Var	Var	Var	Var
McArthur Yan. Teh. Der. Sis.	Var	Var	Var	Var	Var	Yok
McArthur Otlak Yan. Teh. Der. Sis.	Var	Var	Var	Yok	Var	Yok
Lowveld Yan. Teh. Der. Sis.	Var	Var	Var	Var	Yok	Yok

3.2.1. ORYÖS’de yangın tehlike derecelendirmesi ve yangının yayılma hızının tahmini

Etkili bir sistem modelinin tasarımında birtakım ölçütlere uyulması gerekmektedir. Bunlar;

- Tasarlanan sistem modeli yangın tehlike durumunu tutarlı ve güvenilir bir şekilde tahmin etmeli ve derecelendirmelidir.
- Sistem yangın tehlikesini en az günlük olarak tahmin etmelidir.

- Ulusal bir model ülkenin her yerinde kullanılabilmelidir.
- Sistem modeli tarafından üretilen gösterge yangın davranışını etkileyen olası bütün durumları barındırmalıdır.
- Model anlık verileri kullanmalıdır.

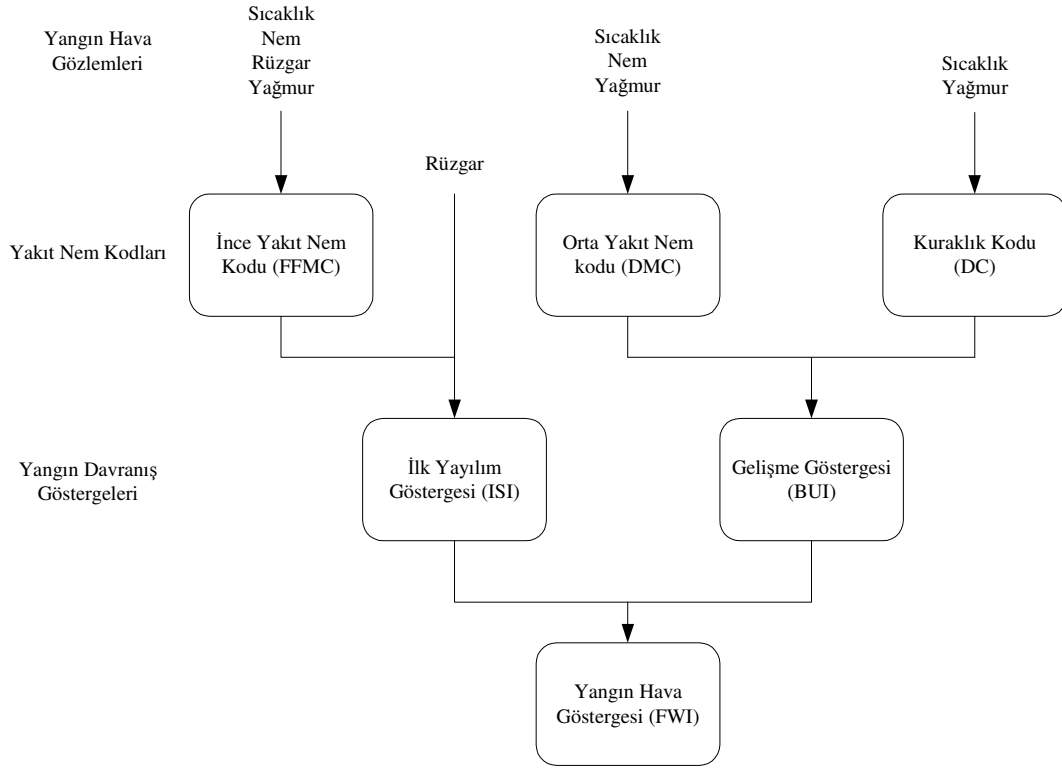
Çizelge 3.1’de adı geçen 8 adet yangın tehlike derecelendirme sistemlerinin modelleri sayılan bu ölçütler doğrultusunda geliştirilmiştir. Özellikle Kanada ve Amerikan derecelendirme sistemleri bu ölçütlerin hepsini sağlamaktadır. Bu yüzden, ORYÖS’ün tahmin boyutundaki orman yangını tehlike derecelendirmesinde ve yayılma hızının tahmininde Kanada sistemi temel olarak alınmıştır. Geliştirilen birleşim algoritmasının girişlerinde kullanılmak üzere bu sistemde kullanılan bazı matematiksel formüllerden ve katsayılardan yararlanılmıştır. Bu bölümde, 5. bölümde anlatılacak olan birleşim algoritmasının daha kolay anlaşılması amacıyla Kanada sisteminden ve bu sisteme ait katsayı ve formüllerden bahsedilecektir.

Kanada Yangın Tehlike Derecelendirme Sistemi

Kanada yangın derecelendirme sistemi Kanada Orman Servisi tarafından geliştirilmiştir. Kanada Orman Servisi bu sistemde yangın hava göstergesi (“Fire Weather Index” FWI) isimli modeli geliştirmiştir. Bu modelin yapısı Şekil 3.2’de gösterildiği gibidir.

FWI sistem hava durumu gözlemlerini kullanarak üç farklı yakıt sınıfının nem oranını tahmin eder. Tahmin edilen bu kodlar daha sonra tutuşma potansiyelini, ateş yoğunluğunu ve yakıt tüketimini niteleyen göstergeleri üretmek için kullanılır. Günlük gözlemler sıcaklık, nem, rüzgâr hızı ve yağış miktarı gibi meteorolojik verilerdir. Sistem yangın tehlike olasılığını günlük olarak tahmin eder. Hava sıcaklığı yakıtın kurummasını sağlayarak tutuşma olasılığını etkiler. Nem havadaki mutlak nem miktarını gösterir. Etkili olarak, havadaki nem miktarının yüksek olması, bu nemi emen yakıtın daha uzun sürede kurummasını sağlamaktadır. Rüzgâr hızı ise başlamış bir yangının yayılması konusunda iki açıdan etkilidir. Bunlar; (1) yanmakta olan

yakıtın kaynağı olan oksijen miktarını etkileyerek, (2) ateşin eğilmesini sağlayarak, henüz tutuşmamış yakıtı kurutarak [79].



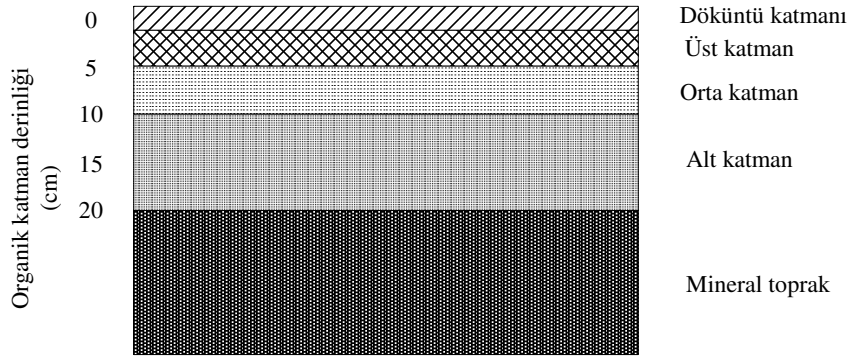
Şekil 3.3. Yangın Hava Göstergesi (FWI) modelinin yapısı

Şekil 3.3’de gösterildiği gibi FWI sistemin toplam altı bileşeni vardır. Bunlardan ilk üçü; İnce Yakıt Nem Kodu (FFMC), Orta Yakıt Nem Kodu (DMC) ve Kuraklık Kodu (DC) olup, orman yüzeyindeki yakıtın nem oranını gösteren kodlardır. Diğer üç bileşen ise İlk Yayılım Göstergesi (ISI), Gelişme Göstergesi (BUI) ve Yangın Hava Göstergesinden (FWI) oluşmaktadır. Bu göstergeler ise yangının davranışı hakkında bilgi sunarlar.

FWI sistemdeki yakıt kodları:

Ormandaki organik yüzey Şekil 3.4’de gösterildiği gibi 5 ayrı katmana ayrılır [79]. Her bir katmanın belirli özellikleri vardır ve orman yangınları için farklı tipteki yakıtları oluştururlar. Bu karakteristikler FWI sistemde nem kodları olarak

hesaplanır. Her bir yakıt tipiyle ilişkili olarak bir kuruma süresi vardır. Bu kuruma süresi bir yakıtın 21 °C, %45 nem ve 13 km/s rüzgâr hızı altında mevcut neminin 2/3'ünü kaybetmesi için geçen zamandır.



Şekil 3.4. Orman yüzeyindeki yakıt katmanı

FFMC; 1-2 cm derinlikteki hektar başına 5 ton yükü olan yakıtın nem kodunu verir. Bu kod için kuruma süresi 16 saattir. Genelde orman yangınları bu tabakada başlayıp yayıldığından dolayı, yangının tutuşma olasılığını tahmin etmede kullanılır.

DMC; 5-10 cm derinlikteki hektar başına 50 ton yükü olan yakıtın nem kodunu verir. Kuruma süresi 12 gündür. Yağış, sıcaklık ve nemden etkilenir. Kıvılcım veya yıldırım sonucu meydana gelecek yangının olasılığını tahmin etmede kullanılır.

DC; 10-20 cm derinlikteki hektar başına 440 ton yükü olan yakıtın nem kodunu verir. Kuruma süresi 52 gündür. Yağış ve sıcaklıktan etkilenir. Uzun süreli nem durumlarını niteler ve söndürmeye karşı yangının göstereceği direnci ve derin katmandaki yakıt tüketimini gösterir.

FWI sistemdeki yangın göstergeleri:

FWI sistemdeki yangın göstergeleri yangının yayılması ve yoğunluğuyla ilgili bilgi verir. ISI ve BUI göstergeleri FWI'yı hesaplamak için kullanılır.

ISI; tutuşmadan hemen sonraki yangının yayılma derecesini betimleyen göstergedir. FPMC ve rüzgâr hızının birleşmesinden hesaplanıp, yangının yayılma derecesini tahmin etmek için kullanılır.

BUI; DMC ve DC kodlardan hesaplanır ve tutuşma için mevcut yakıtın toplam miktarını betimler.

FWI; ISI ve BUI değerlerinden hesaplanır ve yayılan bir yangının yoğunluğunu tahmin etmede kullanılır. FWI göstergesi yangınla mücadele gerekliliklerini tanımlamak için kullanıldığı gibi yangın tehlike durumları hakkında da genel bir bilgi sunar.

FWI katsayılarının hesaplanması:

FWI katsayılarının hesaplanması için gerekli olan eşitlikler burada verilecektir [85]. Eşitliklerde yer alan sembollerin anlamları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. FWI katsayılarının hesaplanmasında kullanılan değişkenlerin anlamları

Sembol	Anlamı
HAVA	
T	Sıcaklık, °C
H	Nem, %
W	Rüzgâr hızı, km/saat
r_o	Yağış miktarı, mm
r_f	Etkin yağış, FPMC
r_e	Etkin yağış, DMC
r_d	Etkin yağış, DC
FFMC	
m_o	Önceki günün yakıt nem içeriği (üst tabaka)
m_r	Yağıştan sonraki yakıt nem içeriği
m	Kurumadan sonraki yakıt nem içeriği
E_d	Kuruma için etkin nem içeriği
E_w	Islanma için etkin nem içeriği
k_o	k_d 'nin hesaplanması için orta adım
DMC	
k_d	Kuruma oranının logaritması, FPMC

Çizelge 3.2. (Devam) FWI katsayılarının hesaplanmasında kullanılan değişkenlerin anlamları

Sembol	Anlamı
k_i	k_w 'nin hesaplanması için orta adım
k_w	Islanma oranının logaritması
F_o	Önceki günün FPMC değeri
F	Hesaplanan FPMC değeri
M_o	Önceki günün nem içeriği (orta tabaka)
M_r	Yağıştan sonraki nem içeriği
M	Kurumadan sonraki nem içeriği
K	Kuruma oranının logaritması, DMC
L_e	Etkin gün uzunluğu, DMC
b	Etkin yağış eğim değişkeni, DMC
P_o	Önceki günün DMC değeri
P_r	Yağıştan sonraki DMC
P	Hesaplanan DMC
DC	
Q	DC nem içeriği
Q_o	Önceki güne ait DC nem içeriği
Q_r	Yağıştan sonraki DC nem içeriği
V	Muhtemel buharlaşma
L_f	DC'deki gün uzunluğu
D_o	Önceki günün DC değeri
D_r	Yağıştan sonraki DC değeri
D	Hesaplanan DC değeri
Yangın Davranış Göstergeleri (ISI, BUI, FWI)	
$f(W)$	Rüzgâr işlevi
$f(F)$	FFMC işlevi
$f(D)$	DMC işlevi
R	ISI
U	BUI
B	FWI (ara biçim)
S	FWI (son biçim)

FFMC (Fine Fuel Moisture Code, İnce Yakıt Nem Göstergesi) hesabı:

$$m_o = 147,2(101 - F_o) / (59,5 + F_o) \quad (3.1)$$

$$r_f = r_o - 0,5 \quad (3.2)$$

$$m_r = m_o + 42,5 r_f (e^{-100/(251-m_o)})(1 - e^{-6,93/r_1}) \quad (3.3)$$

$$m_r = m_o + 42,5 r_f (e^{-100/(251-m_o)})(1 - e^{-6,93/r_1}) + 0,0015(m_o - 150)^2 r_f^{0,5} \quad (3.4)$$

$$E_d = 0,942 H^{0,679} + 11e^{(H-100)/10} + 0,18(21,1 - T)(1 - e^{-0,115H}) \quad (3.5)$$

$$E_w = 0,618 H^{0,753} + 11e^{(H-100)/10} + 0,18(21,1 - T)(1 - e^{-0,115H}) \quad (3.6)$$

$$k_o = 0,424[1 - (H/100)^{1,7}] + 0,0694W^{0,5}[1 - (H/100)^8] \quad (3.7)$$

$$k_d = k_o \times 0,581e^{0,0365T} \quad (3.8)$$

$$k_i = 0,424 \left[1 - \left(\frac{100 - H}{100} \right)^{1,7} \right] + 0,0694W^{0,5} \left[1 - \left(\frac{100 - H}{100} \right)^8 \right] \quad (3.9)$$

$$k_w = k_i \times 0,581e^{0,0365T} \quad (3.10)$$

$$m = E_d + (m_o - E_d) \times 10^{-k_d} \quad (3.11)$$

$$m = E_w + (E_w - m_o) \times 10^{-k_w} \quad (3.12)$$

$$F = 59,5(250 - m)/(147,2 + m) \quad (3.13)$$

FFMC değeri aşağıda anlatıldığı şekilde hesaplanır.

1. Bir önceki günün F değeri F_o olarak belirlenir.
2. Eş. 3.1 kullanılarak F_o 'dan m_o hesaplanır.
3. Eğer r_o 0,5'den büyükse Eş. 3.2'den r_f hesaplanır.
- a. r_f ve m_o kullanılarak Eş. 3.3 veya 3.4'den m_r hesaplanır.

- (i) m_o 150'den küçükse Eş. 3.3,
- (ii) m_o 150'den büyükse Eş. 3.4 kullanılır.
- b. Yeni m_o değeri m_r olur.
- 4. Eş. 3.5'den E_d hesaplanır.
- 5. Eğer m_o E_d 'den büyükse Eş 3.7 ve 3.8'den k_d hesaplanır.
- 6. Eğer m_o E_d 'den küçükse Eş. 3.6'dan k_w hesaplanır.
- 7. m değeri hesaplanır.
- 8. Eğer m_o değeri E_d 'den büyük ve E_w 'dan küçükse m_o değeri m 'e eşittir.
- 9. Yeni F değeri m 'den hesaplanır.

DMC (Duff Moisture Code, Orta Yakıt Nem Göstergesi) hesabı:

$$r_e = 0,92r_o - 1,27 \quad (3.14)$$

$$M_o = 20 + e^{(5,6348 - P_o / 43,43)} \quad (3.15)$$

$$b = 100 / (0,5 + 0,3P_o) \quad (3.16)$$

$$b = 14 - 1,3 \ln P_o \quad (3.17)$$

$$b = 6,2 \ln P_o - 17,2 \quad (3.18)$$

$$M_r = M_o + 1000r_e / (48,77 + br_e) \quad (3.19)$$

$$P_r = 244,72 - 43,43 \ln(M_r - 20) \quad (3.20)$$

$$K = 1,894(T + 1,1)(100 - H)L_e \times 10^{-6} \quad (3.21)$$

$$P = P_o (\text{veya } P_r) + 100K \quad (3.22)$$

DMC değeri aşağıda anlatıldığı şekilde hesaplanır.

1. Önceki günün P değeri P_o olarak belirlenir.
2. Eğer r_o 1,5'den büyükse r_e Eş. 3.14'den hesaplanır.
 - a. M_o eş. 3.15'den hesaplanır.
 - b. b değeri eğer P_o 33'den küçükse Eş. 3.16'dan,
 - c. P_o 33 ile 65 arasındaysa Eş. 3.17'den,
 - d. P_o 65'den büyükse Eş. 3.18'den hesaplanır.
 - e. Eş. 3.20'den P_r hesaplanır ve P_r yeni P_o olarak belirlenir.
3. L_e değeri Çizelge 3.3'e göre bulunur.
4. K değeri Eş. 3.21'den hesaplanır.
5. Eş. 3.22'den yeni P değeri hesaplanır.

Çizelge 3.3. DMC hesabı için L_e değerinin bulunması

Ay	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
L_e	6,5	7,5	9	12,8	13,9	13,9	12,4	10,9	9,4	8	7	6

DC (Drought Code, Kuraklık Kodu) hesabı:

$$r_d = 0,83r_o - 1,27 \quad (3.23)$$

$$Q_o = 800e^{-D_o/400} \quad (3.24)$$

$$Q_r = Q_o + 3,937r_d \quad (3.25)$$

$$D_r = 400 \ln(800/Q_r) \quad (3.26)$$

$$V = 0,36(T + 2,8) + L_f \quad (3.27)$$

$$D = D_o \text{ (veya } D_r) + 0,5V \quad (3.28)$$

DC değeri aşağıda anlatıldığı şekilde hesaplanır.

1. Önceki güne ait D değeri D_o olur.
2. Eğer r_o 2,8'den büyükse;
 - a. Eş. 3.23'den r_d hesaplanır.
 - b. Eş. 3.24'den Q_o hesaplanır.
 - c. Eş. 3.25'den Q_r hesaplanır.
 - d. Eş. 3.26'dan D_r hesaplanır ve D_r yeni D_o olarak belirlenir.
3. L_f değeri Çizelge 3.4'e göre belirlenir.
4. Eş. 3.27'den V değeri hesaplanır.
5. Eş. 3.28'den yeni D değeri hesaplanır.

Çizelge 3.4. DC hesabı için L_f değerinin bulunması

Ay	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
L_f	6,5	7,5	9	12,8	13,9	13,9	12,4	10,9	9,4	8	7	6

ISI (Initial Spread Index, İlk Yayılım Göstergesi) hesabı:

$$f(W) = e^{0,05039W} \quad (3.29)$$

$$f(F) = 91,9e^{-0,1386m} [1 + m^{5,31} / (4,93 \times 10^7)] \quad (3.30)$$

$$R = 0,208 f(W) f(F) \quad (3.31)$$

BUI (Buildup Index, Gelişim Göstergesi) hesabı:

$$U = 0,8PD / (P + 0,4D) \quad (3.32)$$

$$U = P - [1 - 0,8D / (P + 0,4D)] [0,92 + (0,0114P)^{1,7}] \quad (3.33)$$

FWI (Fire Weather Index, Yangın Hava Göstergesi) hesabı:

$$f(D) = 0,626U^{0,809} + 2 \quad (3.34)$$

$$f(D) = 1000 / (25 + 108,64e^{-0,023U}) \quad (3.35)$$

$$B = 0,1R f(D) \quad (3.36)$$

$$\ln S = 2,72(0,434 \ln B)^{0,647} \quad (3.37)$$

$$S = B \quad (3.38)$$

ISI, BUI ve FWI değerleri aşağıda anlatıldığı gibi hesaplanır.

1. Eş. 3.29 ve 3.30'dan $f(W)$ ve $f(F)$ hesaplanır.
2. Eş.3.31'den R değeri hesaplanır. Bu yeni ISI değeridir.
3. Eğer P değeri $0,4D$ 'den küçükse Eş. 3.32'den, P değeri $0,4D$ 'den büyükse Eş. 3.33'den U değeri hesaplanır. Bu yeni BUI değeridir.
4. Eğer U değeri 80 'den küçükse Eş. 3.34'den, U değeri 80 'den büyükse Eş. 3.35'den $f(D)$ hesaplanır.
5. Eş 3.36'dan B değeri hesaplanır.
6. Eğer B değeri 1 'den büyükse S değeri logaritması alınarak Eş. 3.37'den hesaplanır. Eğer B değeri 1 'den küçükse S değeri B 'ye Eş. 3.38'deki gibi eşit olur. S değeri yeni F olur.

FWI katsayılarının ORYÖS'de kullanımı:

ORYÖS'ün tahmin boyutunun iki temel amacı vardır. Bunlar; (1) olası bir orman yangını tehlikesi hakkında önceden bilgi vermek, (2) yangının yoğunluğu, derecesi ve yayılımı hakkında tahmin yapmak suretiyle yorumda bulunmak. Bu amaçları yerine getirmek için veri birleştirme sürecinin tahmin algoritmasında yukarıda

açıklanan FWI sistem kodları ve göstergeleri kullanılmıştır. Algoritma içinde, ilk üç gösterge (FFMC, DMC, DC) yangının oluşma/tutuşma ihtimalini derecelendirmek amacıyla, diğer üç gösterge (ISI, BUI ve FWI) ise meydana gelen yangının davranışı ve yayılma oranı hakkında bir tahminde bulunmak amacıyla kullanılmıştır. Bu katsayıların birleşim algoritmasına ne şekilde sokulduğu hakkında ayrıntılı bilgi 5. bölümde anlatılacaktır.

Sistemin tahmin boyutunda kullanılacak bu katsayılar meteorolojik veriler üzerinden hesaplandığı için, gözlenen ormanlık alanda bu verilerin ölçülmesi gerekmektedir. Meteorolojik verilerin ölçümü Davis Instruments tarafından üretilen Ventage PRO2 isimli meteoroloji istasyonu kullanılmıştır.

4. NBSB ALGORİTMASINDA KULLANILAN TEKNİKLER

Bu bölümde, 5. bölümde açıklanacak olan NBSB algoritmasında kullanılan teknikler anlatılmıştır. Algoritma içerisinde Yapay Sinir Ağları (YSA), Bayesian Çıkarım ve Bulanık Mantık teknikleri yer almaktadır. Bu tekniklerin yapısı, neden veri birleştirme süreci için seçildikleri ve geçmişte bu teknikler kullanılarak yapılmış veri birleştirme uygulamaları hakkında genel bir bilgi sunmak, 5. bölümün anlaşılması açısından daha faydalı olacaktır.

4.1. Yapay Sinir Ağları

YSA, insan beynin fizyolojisinden esinlenerek geliştirilmiş bilgisayar programlarıdır. Programcının geleneksel yeteneklerini gerektirmeyen ve kendi kendine öğrenme düzenekleri olan YSA, öğrenmenin yanı sıra, ezberleme ve bilgiler arasında ilişkiler oluşturma yeteneğine de sahiptir. Bir sinir ağının en temel bileşeninin beynin fizyolojik yapısından esinlenerek geliştirilmesine karşın, tüm özellikleri beyinle aynı değildir. Bazı özelliklerinin ise beyinde biyolojik karşılığı yoktur [86].

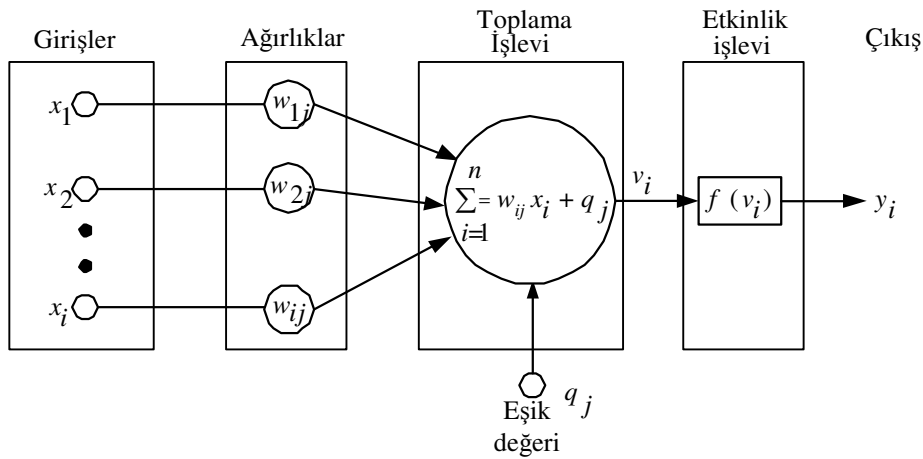
YSA genel olarak model seçimi ve sınıflandırılması, işlev tahmini, en uygun değeri bulma ve veri sınıflandırılması gibi işlerde başarılıdır. Geleneksel hesaplayıcılar ise özellikle model seçme işinde verimsizdir ve sadece algoritmaya dayalı hesaplama işlemleri ile kesin aritmetik işlemlerde hızlıdır [86].

Bağlantı ağırlıkları öğrenme algoritmalarıyla belirlenmektedir. Öğrenme algoritmalarında genel olarak geri yayılmalı öğrenme ve çabuk yayılmalı veya esnek yayılmalı öğrenme kullanılmaktadır [86].

Werbos 1970 yılında geri yayımlı YSA algoritmasını geliştirmiştir. Onun ilk uygulaması dinamik model tahmini olmuştur. 1980'li yılların başında Hopfield geriye yayımlı ağların eğitmeleri için Hopfield modelini ortaya koymuştur Sonraları Kosko, Hopfield ve Grosbeerg'e ait fikirlerinin bazılarında yararlanarak

uyarlanabilir iki yönlü ilişkili hafıza modeli gelişmiştir Diğer önemli modeller daha sonraki yıllarda bulunmuştur [87].

YSA, birbirine bağlı çok sayıda işlem elemanlarından oluşmuş, genellikle paralel işleyen yapılar olarak adlandırılabilir. YSA'daki işlem elemanları (düğümler) basit sinirler olarak adlandırılır. Bir YSA, birbirleriyle bağlantılı, çok sayıda düğümlerinden oluşur. YSA, insan beyni gibi, öğrenme hatırlama ve genelleme yeteneğine sahiptir [86]. Şekil 4.1'de bir yapay sinir görülmektedir.



Şekil 4.1. Yapay bir sinir (düğüm)

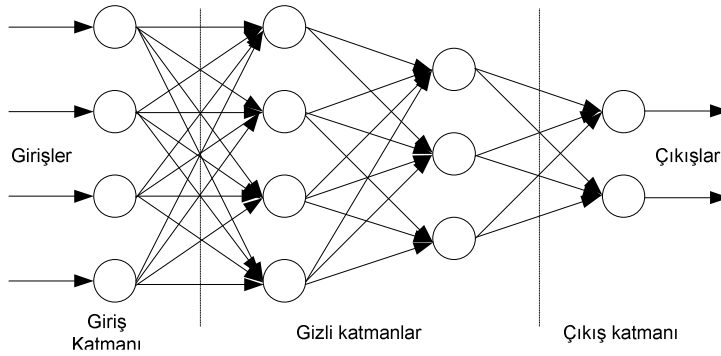
Girişler ($x_1, x_2, \dots, x_i$) önceki sinirlerden veya dış dünyadan aldığı bilgiyi sinire getirir. Bir sinir genellikle gelişmiş birçok girdileri alır. Ağırlıklar ($w_{1j}, w_{2j}, \dots, w_{ij}$) yapay sinir tarafından alınan girişlerin sinir üzerindeki etkisini belirleyen uygun katsayılarıdır. Her bir giriş kendine ait bir ağırlığa sahiptir. Bir ağırlığın değerinin büyük olması, o girişin yapay sinire güçlü bağlanması ya da önemli olması, küçük olması zayıf bağlanması ya da önemli olmaması anlamına gelmektedir. Toplama işlevi v_i , sinirde her bir girişin kendi ağırlıkları ile çarpımının toplamalarını eşik θ_j değeri ile toplayarak etkinlik işlevine gönderir. Toplama işlevinin sonucu, etkinlik işlevinden geçirilip çıkışa iletilir. Etkinlik işlevinin kullanım amacı, zaman söz konusu olduğunda toplama işlevinin çıkışının değişmesine izin vermektir [86].

4.1.1. Yapay sinir ağının oluşturulması

Bir yapay sinir ağı, sinir olarak adlandırılan çok sayıdaki işlem elemanının sıralı bir şekilde art arda bağlanmasından oluşur. Frank Rosentblatt'ın 1958 yılında öğrenme yeteneğine sahip olan bir örnek tanıma aygıtını ortaya çıkarmış olduğundan bu yana, hiyerarşik sinir ağı en çok üzerinde çalışılmış olan bir ağ yapısı olmuştur. Bu ağların özelliği sahip oldukları basit dinamikleridir. Giriş katmanına bir işaret gittiğinde, bu işaret sinirler arasındaki bağlantılar yoluyla diğer katmana iletilir. Giriş katmanının düğümleri tarafından diğer katmana iletilmeden önce bu işaret üzerinde basit bir işlem yerine getirilir. Bu süreç son katman olan çıkış katmanına erişinceye kadar tekrar edilir. Verilen bilgiyi alan ilk katmandaki giriş ağ içinde ileriye doğru yayılır. Her bir katmandaki düğümlere sadece önceki katmandaki düğümlerden gelen girişlere izin verilir. Bir düğüm kendinden sonraki her hangi bir düğüme bağlanabilirken kendisine asla bağlanmaz. Son katmana ulaşan bilgiler ağın çıkışıdır [86].

Geri beslemeli ve tekrarlanan ağlarda en azından bir düğümün geriye yayıldığı bir dönüş bağlantısı vardır. Tekrarlanan ağlar da tamamen veya parçalı olarak geri besleme yollarına sahiptirler. Bu tür ağların tasarımları ve davranışları oldukça karmaşıktır [86].

Gizli katmanları olmayan, sadece giriş ve çıkış katmanı olan ağlar, karmaşık işlevleri hesaplama yeteneğinden yoksundur. Bu nedenle karmaşık hesaplamalar için oluşturulan ağlarda en az bir ara katman olmalıdır. Burada her bir sinir doğrusal olmayan bir etkinlik işlevini hesaplayabilmektedir. Şekil 4.2.'de iki gizli katmana sahip dört katmanlı bir YSA görülmektedir.



Şekil 4.2. Dört katmanlı bir YSA

Bu ağda bir katmandaki her sinir, bir sonraki katmanın bütün sinirleri ile bağlantılıdır. Aynı katmandaki sinirler arasında veya geri-besleme şeklinde bağlantıları yoktur.

Giriş katmanından alınan bilgiler, giriş katmanı ve gizli katman arasında bulunan bağlantı ağırlıkları ile çarpılıp gizli katmana iletilmektedir. Gizli katmandaki sinirlere gelen girişler toplanarak bir etkinlik işlevinden geçirilip gizli katman ile çıkış katmanı arasındaki bağlantı ağırlıkları ile çarpılarak çıkış katmanına iletilir. Çıkış katmanındaki sinirler de kendisine gelen bu girişleri toplayarak buna uygun bir çıkış üretirler. Burada giriş katmanından çıkış katmanına doğru, gizli katmanlar üzerinden tek yönlü bir iletişim vardır [86].

4.1.2. YSA’larda öğrenme

Sinir ağlarında istenen sonucun elde edilmesi için ağın uyarlanabilir olması gerekir. Bunu sağlamak için uygun değerli ağırlıklar ve doğru bağlantılar seçilmelidir. Ağ bu şartları karşılayabilmek için sistemin davranışlarını öğrenmeli ya da kendi kendini örgütlemelidir. Öğrenme kalıcı yenilenmeler için gözlemlenebilir veya eğitim faaliyetlerinden çıkan sonuçlar olarak tanımlanabilir. Öğrenme yapay sinir ağının ayrılmaz bir parçasıdır. Öğrenme; giriş değerlerine veya bu girişlerin çıkışlarına bağlı olarak ağın bağlantı ağırlıklarını değiştiren veya ayarlayan öğrenme kuralı ile gerçekleştirilir.

YSA’da bilgi, ağıdaki düğümleri birbirine bağlayan bağlantıların ağırlıklarında depolanır. Bir ağıda öğrenme, istenen bir işlevi yerine getirecek şekilde ağırlıkların ayarlanması sürecidir. YSA’da öğrenme, ağırlıkların değiştirilmesi ile gerçekleşmektedir. Buna göre sinirler arası bağlantılar üzerindeki ağırlıkların, belirli bir yöntem (öğrenme kuralları) uyarınca dinamik olarak değiştirilebilen ağılar eğitilebilir. Eğitilebilen ağılar, yeni şekilleri tanıyabilir veya verilen bir girişin hangi sınıfa ait olduğuna karar verebilir [86].

4.1.3. Öğrenme oranının ağı üzerindeki etkisi

Öğrenme oranı ağı performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Küçük öğrenme oranı değerleri için eğitime işlemi uzun zaman alırken bu değerin büyütülmesi ile eğitime işlemi daha kısa zamanda gerçekleşmektedir. Öğrenme oranının arttırılması durumunda öğrenme için gerekli adım sayısında azalma meydana gelmektedir. Öğrenme oranının arttırılması ağı toplam hatası üzerinde bir iyileştirme meydana getirmektedir. Fakat öğrenme oranına çok büyük değerlerin verilmesi durumunda pek bir yakınsama olayı meydana gelmemektedir [86].

4.1.4. Momentum teriminin ağı üzerindeki etkisi

Hesaplamalara momentum teriminin ilave edilmesi ağı performansı üzerinde etkili olduğu gözlenmiştir. Momentum teriminin hesaplamaya katılması adım sayısında ve toplam ağı hatasında bir düşüş meydana getirmektedir. Momentum katsayısı yüksek alındığında ağıdaki toplam hatanın sıfıra doğru daha fazla bir eğilimle yaklaştığı görülmektedir [86].

4.1.5. Gizli katman sinir sayısının ağı üzerindeki etkisi

Gizli katmandaki sinir sayılarının arttırılması simülasyon sırasında hem hafıza hem de CPU’nun yükünü arttırmaktadır. Fakat öğrenme işlemi daha hassas tamamlanmaktadır. Gizli katman sinir sayısının az miktarda alınması ağı hatırlama yeteneğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu yüzden bu çalışmada ara katman sinir

sayısı, giriş katmanındaki ve çıkış katmanındaki sinir sayıları da gözetilerek deneme yanılma yöntemi ile belirlenmiştir [86].

4.1.6. Hata farkı değişkeninin ağ üzerindeki etkisi

Hata farkı değişken değeri ya da tolerans, sonuçta istenilen toplam çıkış hatasındaki hassasiyetle ilgilidir. Küçük tolerans değerleri ağdaki toplam çıkış hatasını daha fazla sıfıra doğru yaklaştırarak bağlantı ağırlıklarındaki hassasiyeti de aynı oranda artırmaktadır. Aynı zamanda tolerans değerinin küçülmesi eğitim süresini ve adım sayısını arttırmaktadır [86].

4.1.7. YSA' ların üstünlükleri

YSA'nın klasik sistemlere göre üstünlükleri aşağıda açıklanmıştır [88].

- Doğrusal olmama: YSA bu özeliğinden dolayı doğadaki hemen hemen her probleme uygulanabilmesini sağlamaktadır.
- Öğrenme: YSA'larını diğer yaklaşımlardan ayıran temel bir özelliktir. YSA'ları bir problemi öğrenebilmesi için problemin giriş ve çıkış verilerine karşılık gelen çıkış verilerinin veya sadece verilerinin sağlanması gerekir.
- Genelleme yapma: Eğitim sürecinin ardından YSA eğitim kümesi dışındaki veriler için de çıkışlar üretir. YSA'nın ürettiği çıkışların kabul edilebilir düzeyde olup olmadığı, test verilerinin bilinen sistem çıkışı ile YSA'nın çıkış değerleri karşılaştırılarak yapılabilir. Bu uygulama genellemenin testi olarak bilinir.
- Adaptasyon: YSA tanımı ya da parametreleri değişen probleme veya sisteme uygun çözümler sağlamak için tekrar tekrar eğitilebilir. Eğitim gerçek zamanda gerçekleştirilir.
- Veri İşleme: Biyolojik sistemlerde veri dağınık yapıda saklanır. YSA'da ise, ağırlıklar üzerine paralel olarak dağıtılmış şekilde temsil edilmekte, korunmakta ve işlenmektedir. Ağırlıklar herhangi bir anda YSA'nın problemle ilgili olarak sahip olduğu bilgiyi ifade eder.

- Hataya ve gürültüye karşı duyarlılık ve tolerans: YSA'nın genelleme yeteneği gerçekleştirilen testlerle sınırlanır. Genelleme, yeterli seviyede ise giriş vektörünü tanımlayan parametrelerden bazılarının verilmemesi veya sağlanmaması durumunda ya da ağırlıklarından bazılarının bozulmaması veya kullanılamaz duruma gelmesi halinde de giriş vektörünü karşılayan çıkış verilerinin YSA tarafından kabul edilebilir doğrulukta üretebilmesidir.
- Donanım: YSA'lar paralel yapısı nedeniyle büyük ölçekli entegre devre (VLSI) teknolojisi ile gerçekleştirilebilir. Bu özellik, YSA'nın hızlı bilgi işleme yeteneğini ve örnek tanıma, işaret işleme, sistem kimliklendirme ve denetim gibi gerçek zaman uygulamalarında kullanımı artırır.

4.1.8. YSA'ların sınıflandırılması

YSA'lar çeşitli yöntemlere göre sınıflandırılabilirler. Bu yöntemlerden birisi YSA'ları ağ mimarisine göre sınıflandırmaktır. Bu yöntemle göre YSA'lar 4 ayrı mimari altında incelenebilir. Birincisi, tek katmanlı ileri beslemeli ağıdır. Bu yapı bir giriş düğümleri katmanı ve bir çıkış düğümleri katmanından oluşur. Buna bir örnek doğrusal ilişkili hafıza olarak verilebilir. Ağ mimarilerinin ikinci tipi, çok katmanlı ileri beslemeli ağıdır. Bu ağ yapısında bir giriş katmanı, bir veya daha fazla gizli (ara) katman ve bir çıkış katmanı bulunur. Birden fazla gizli katmanın kullanılması, özellikle giriş katmanındaki düğümlerin çok olduğu durumlarda, daha doğru sonuç üretilmesini sağlar. Üçüncü tip ağ yapısı, yinelemeli ağ yapısıdır. Bu yapıda en az bir geribesleme gözü olduğundan dolayı ileri beslemeli ağlardan farklıdır. Yinelemeli ağ yapısı ağın öğrenme kapasitesi ve performansında önemli bir etkiye sahiptir. Ağda gizli katman kullanılabilir. Dördüncü tip ağ yapısı ise kafes tipi ağıdır. Bir kafes, bir, iki veya daha fazla ölçekli düğüm dizilerinden oluşur. Bu düğüm dizilerinin her biri bir giriş düğüm dizisine karşılık gelir. Kafes tipi bir ağ, çıkış katmanının satır ve sütunlar halinde düzenlenmesiyle gerçekte ileri beslemeli bir yapıdır.

Sinirsel bir ağdaki düğümlerin tertibi, ağın eğitiminde kullanılan öğrenme algoritmasıyla yakından ilişkilidir. Bu yüzden YSA'lar öğrenme algoritmalarına göre de sınıflandırılabilirler. Sık kullanılan öğrenme algoritmaları, hata düzeltmeli

öğrenme, Hebbian öğrenme, yarışmacı öğrenme ve Boltzman öğrenmedir. Hata düzeltmeli öğrenme, ağdaki toplam hatanın değerini en aza indirmeye çalışır. Hebbian öğrenme, asal bileşen analizi kullanılarak gerçekleştirilir. Yarışmacı öğrenmede, çıkış düğümleri herhangi bir zamanda sadece tek bir çıkış düğümü aktif oluncaya dek birbirleriyle yarışır. Hebbian ve yarışmacı öğrenme tiplerinin her ikisi de danışmansız öğrenme modelleri olarak bilinirler. Bunun anlamı, ağa öğrenmenin başarılı bir şekilde tamamlanıp tamamlandığını söyleyecek bir öğretmenin olmayışdır. Dördüncü öğrenme algoritması Boltzman'dır. Bu model, bilgi teorisi temelli olasılıksal öğrenme modelidir. Hata düzeltmeli ve Boltzman öğrenme modelleri danışmanlı öğrenme olarak bilinirler. Danışmanlı öğrenmede bir 'öğretmen' eğitim süreci boyunca kılavuzluk eder

4.1.9. YSA ve veri birleştirme

Doğal olarak sorulacak ilk soru veri birleştirme için neden YSA kullanmayı düşünüyoruz olacaktır. Bu soruya verilebilecek ilk cevap YSA'nın sinirsel bir hesaplama tekniğinin olması ve gün geçtikçe gelişmekte olan bir teknoloji olduğudur. Veri birleştirme için YSA'ya olan ilgi onun muazzam paralel hesaplama ve genelleştirme yeteneğinden kaynaklanmaktadır.

Diğer taraftan YSA algılayıcı gözlemleri ve algılayıcıların istatistiksel dağılımı hakkında herhangi bir bilgiyi gerektirmez. Öğrenme kabiliyetinden dolayı, YSA'lar sistem değişkenlerindeki değişimlere uyum sağlayabilirler. Bu yüzden sistemin matematiksel modeline ihtiyaç duyulmaz. Ayrıca YSA'nın paralel hesaplama yapısı uygulamada da kolaylık sağlamaktadır.

Teknolojinin durumu

Literatürde değişik alanlarda YSA kullanarak veri birleştirmenin yapıldığı birçok çalışma mevcuttur. Leal ve ark. ileri beslemeli geri yayımlı YSA ağ yapısını kullanarak, veri birleştirme yoluyla bir fermantasyon sürecindeki biyokütle tahminini gerçekleştirmişlerdir [89]. Lure ve ark. birçok uydudan aldıkları dünyanın yüzey

fotoğraflarını YSA yöntemini kullanarak birleştirmiş ve yüzey durumlarının sınıflandırmasını yapmışlardır. Veri birleştirme için geri yayımlı ağ yapısına sahip YSA algoritmasını kullanmışlardır [90]. Wang ve Yue, ortam sıcaklık dağılımını çıkartarak LMCS algılayıcılarının güvenilirliğini geliştirmek için işlevsel bağlı YSA (FLANN) ve veri birleştirme tekniklerini kullanmışlardır [91]. Tian ve ark. uydu davranışlarının denetiminde ölçüm doğruluğunu geliştirmek amacıyla, birkaç DTG algılayıcı kullanarak veri birleştirmeyi gerçekleştirmişlerdir. Birleştirme sürecinde veri filtreleme için en küçük kareler yöntemini ve birleştirme algoritması olarak geri yayımlı ağ yapısını kullanmışlardır [92]. Wann ve Thomopulos danışmansız öğrenme modeli temelli YSA algoritması kullanarak bir veri birleştirme sistemi tasarlamışlardır. Tasarladıkları sistemin deneyini çoklu hareket eden nesnelerin algılanması üzerine yapmışlardır [93]. Sharaf ve Noureldin, GPS yoluyla araç konumlarının daha doğru belirlenmesi için veri birleştirme yapmışlardır. Birleştirmede gerçek zamanda birkaç GPS'den aldıkları verileri radyal temel işlevli YSA (RBFNN) algoritması kullanarak birleştirmişlerdir [94]. Gang ve ark., kömür madenlerinin güvenlik denetiminde veri birleştirme yöntemini kullanmışlardır. Birleştirme sürecinde rüzgâr hızı, toz yoğunluğu, sıcaklık, karbondioksit yoğunluğu, metan gazı yoğunluğu algılayıcılarını ve radyal temelli YSA (RBFNN) algoritmasını kullanmışlardır [95]. Yan ve ark., robot kolu krank mili gücünün tahmini için veri birleştirme yöntemini kullanmışlardır. Birleştirme sürecinde robot koluna yerleştirdikleri birkaç tork algılayıcısından elde ettikleri bilgiyi YSA algoritmasını kullanarak birleştirmişlerdir [96]. Chen ve ark., YSA temelli veri birleştirme yöntemini kullanarak Strengçe güç dönüştürücüdeki hataların telafisini gerçekleştirmişlerdir. Süreçte, çekme gücü ve sıcaklık algılayıcıları bilgileri RBFNN algoritması kullanılarak birleştirilmiştir [97].

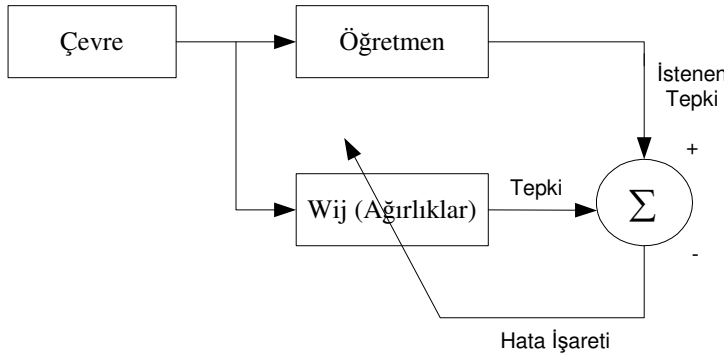
4.1.10. Algoritmada kullanılan YSA modeli

Literatürde yer alan bütün bu çalışmaların sonucunda veri birleştirme sürecinde YSA kullanılmasının klasik algoritmalara oranla daha doğru cevap ürettiği görülmektedir. Algoritmada kullanılacak YSA modeli ise danışmanlı öğrenme olarak belirlenmiştir.

Çünkü bu modele sahip bir YSA sisteminde giriş-çıkış verileri zaten mevcut ise, YSA'nın eğitimi yapılabilir ve çıkışta uygun değerler elde edilebilir.

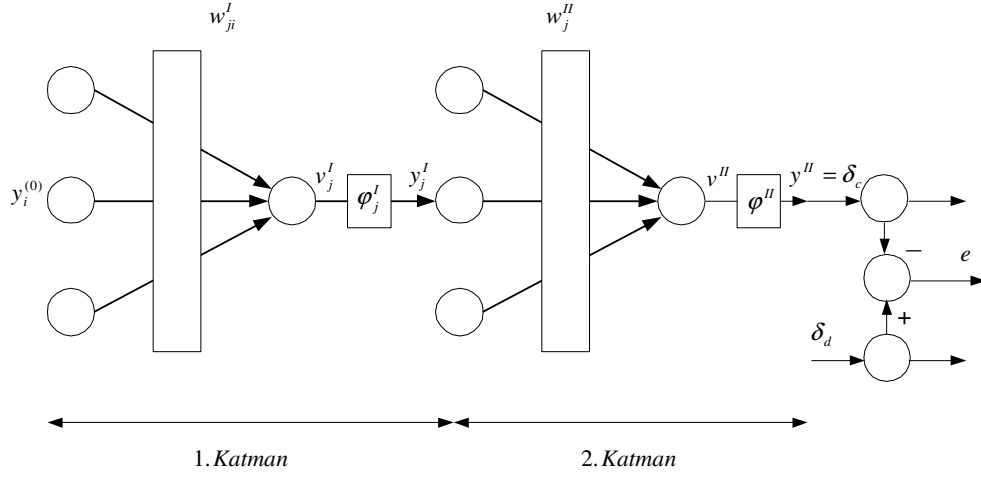
4.1.11. Danışmanlı öğrenme ve geri yayımlı YSA modeli

Danışmanlı öğrenmede giriş ve çıkış çiftlerinden oluşan eğitim bilgileri vardır. Ağ giriş bilgisine göre ürettiği çıkış değerini, istenen değerle karşılaştırarak ağırlıkların değiştirilmesinde kullanılacak bilgiyi elde eder. Girilen değerle istenen değer arasındaki fark hata değeri olarak önceden belirlenen değerden küçük oluncaya kadar devam edilir. Hata değeri istenen değer altına düştüğünde tüm ağırlıklar sabitlenerek eğitim işlemi sonlandırılır [86]. Danışmanlı öğrenme Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Danışmanlı öğrenme

Geri yayılım tekniği, sinir ağlarının ağırlıklarının ayarlanmasında çok güçlü bir metottur. Şekil 4.4'de tek çıkışlı iki-katmanlı geri yayımlı bir YSA modeli görülmektedir. Tek çıkışlı iki katmanlı sinir ağlarındaki ağırlıklar aşağıdaki eşitliklere göre her adımında güncelleştirilir [86].



Şekil 4.4. Tek çıkışlı iki-katmanlı geri yayımlı YSA

I. katmandaki ağırlık değerinin bulunması Eş. 4.1’de verilmiştir.

$$w_{ji}^I(k) = w_{ji}^I(k-1) + \Delta w_{ji}^I(k) \quad (4.1)$$

II. katmandaki ağırlık değerinin bulunması Eş. 4.2’de verilmiştir.

$$w_j^II(k) = w_j^II(k-1) + \Delta w_j^II(k) \quad (4.2)$$

Eş. 4.1 ve Eş. 4.2’deki $\Delta w_{ji}^I(k)$ ve $\Delta w_j^II(k)$ ağırlık değişimlerinin bulunması için gerekli hesaplamalar aşağıdaki gibi gerçekleştirilir.

Hata $e = e(+)$ istenen çıkış değeri $\delta_d = \delta_d(t)$ ile gerçek çıkış değeri $\delta_c = \delta_c(t)$ arasındaki farktır. Buradan hata Eş. 4.3’de olduğu gibi hesaplanır.

$$e(t) = \delta_d(t) - \delta_c(t) \quad (4.3)$$

Performans veya performans indeksi (E), hatanın (e) karesinin yarısı olarak Eş. 4.4’teki gibi ifade edilir.

$$E = \frac{1}{2}e^2 = \frac{1}{2}(\delta_d - \delta_c)^2 \quad (4.4)$$

Hatanın geriye yayılım algoritmasında, performans indeksinin (E) minimize edilmesine çalışılır. Şekil 4.4’de iki-katmanlı sinir ağının genel gösterimi verilmektedir. $y'' = \delta_c$ ifadesi ikinci katmanın çıkışıdır yani sinir ağının çıkışıdır. y_j^I ise birinci katmandaki sinirin çıkışıdır. Bu çıkış ikinci katmanın girişidir. Çıkış katmanından itibaren performans indeksi Eş. 4.5’teki gibi ifade edilir.

$$\frac{\partial E}{\partial w_j''} = \frac{\partial E}{\partial e} \frac{\partial e}{\partial y''} \frac{\partial y''}{\partial v''} \frac{\partial v''}{\partial w_j''} \quad (4.5)$$

$y_j^I = \frac{\partial v''}{\partial w_j''}$ ifadesi Eş. 4.5’te yerine konularak Eş. 4.6 elde edilir.

$$\frac{\partial E}{\partial w_j''} = \frac{\partial E}{\partial e} \frac{\partial e}{\partial y''} \frac{\partial y''}{\partial v''} \cdot y_j^I \quad (4.6)$$

Eş. 4.6’nın sağ tarafındaki türevli kısmı δ'' gibi bir değişkenle ifade edilirse Eş. 4.7 elde edilir.

$$\delta'' = \frac{\partial E}{\partial e} \frac{\partial e}{\partial y''} \frac{\partial y''}{\partial v''} \quad (4.7)$$

Buradan Eş. 4.6 yeniden düzenlenirse Eş. 4.8 elde edilir.

$$\frac{\partial E}{\partial w_j''} = \delta'' y_j^I \quad (4.8)$$

Eş. 4.7'deki her bir türevin bileşeninin açılımı aşağıdaki gibi yapılır. Eş. 4.9 performans indeksi ile hata arasındaki türevin sonucudur.

$$\frac{\partial E}{\partial e} = e \quad (4.9)$$

Eş. 4.10'da hata ile II. katmanın çıkışı (ağın gerçek çıkışı) arasındaki türevin sonucu verilmiştir.

$$\frac{\partial e}{\partial y''} = -1 \quad (4.10)$$

Elde edilen bu değerler Eş. 4.7' de yerine konulursa Eş. 4.11 elde edilir.

$$\delta'' = -e \phi''(v'') \quad (4.11)$$

$$\phi''(v'') = \frac{\partial y''}{\partial v''} \quad (4.12)$$

II. katmanın ağırlık değişimi ($\Delta w_j''$), öğrenme katsayısı (λ'') ile orantılıdır.

$$\Delta w_j''(k) = \lambda'' \frac{\partial E}{\partial w_j''}(k) \quad (4.13)$$

$$\Delta w_j''(k) = \lambda'' \delta''(k) y_j^I(k) \quad (4.14)$$

Eş. 4.14'te elde edilen ağırlık değişimi Eş. 4.2'de yerine konularak II. Katmanın ağırlık değerleri yenilenir.

II. katman için yapılan tüm ağırlık ayarlanmaları I. Katman içinde yapılacaktır.

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ji}^I} = \frac{\partial E}{\partial y_j^I} \frac{\partial y_j^I}{\partial v_j^I} \frac{\partial v_j^I}{\partial w_{ji}^I} \quad (4.15)$$

Eş. 4.15'in en sağ tarafındaki türevli kısım (p_i) gibi bir değişkenle ifade edilirse Eş. 4.16 elde edilir.

$$p_i = \frac{\partial v_j^I}{\partial w_{ji}^I} \quad (4.16)$$

Eş. 4.16, Eş. 4.15'te yerine konulursa Eş. 4.17 elde edilir.

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ji}^I} = \frac{\partial E}{\partial y_j^I} \frac{\partial y_j^I}{\partial v_j^I} p_i \quad (4.17)$$

Eş. 4.17'nin sağ tarafındaki türevli kısımlar (δ_j^I) gibi bir değişkenle ifade edilirse Eş. 4.18 elde edilir.

$$\delta_j^I = \frac{\partial E}{\partial y_j^I} \frac{\partial y_j^I}{\partial v_j^I} \quad (4.18)$$

Eş. 4.18 tekrar yazılacak olursa Eş. 4.19 elde edilir.

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ji}^I} = \delta_j^I p_i \quad (4.19)$$

I. katman içinde delta kuralı (Δ) uygulanırsa ağırlık değişim değerleri,

$$\Delta w_{ji}^I = \lambda^I \frac{\partial E}{\partial w_{ji}^I} \quad (4.20)$$

veya

$$\Delta w_{ji}^I = \lambda^I \delta_j^I p_i \quad (4.21)$$

Eş. 4.21, Eş. 4.14'te olduğu gibi II. Katman için yapılan ağırlık ayarlamasına benzerdir. Burada λ^I değişkeni I. katman için kullanılan öğrenme sabitidir. Eş. 4.22'deki türevli kısım δ_j^I gibi bir değişkenle gösterilirse,

$$\delta_j^I = \frac{\partial E}{\partial y_j^I} \frac{\partial y_j^I}{\partial v_j^I} = [\delta^{II} w_j^{II}] [\phi'^I(v_j^I)] \quad (4.22)$$

Burada Eş. 4.22'in sağ tarafındaki ifadeler Eş. 4.23 ve Eş. 4.24'te verilmiştir.

$$\frac{\partial y_j^I}{\partial v_j^I} = \phi'^I(v_j^I) \quad (4.23)$$

$$\frac{\partial E}{\partial y_j^I} = \delta^{II} w_j^{II} \quad (4.24)$$

$$\frac{\partial E}{\partial y_j^I} = \frac{\partial E}{\partial e} \frac{\partial e}{\partial y^{II}} \frac{\partial y^{II}}{\partial v^{II}} \frac{\partial v^{II}}{\partial y_j^I} = \delta^{II} w_j^{II} \quad (4.25)$$

Burada Eş. 4.25'in sağ tarafındaki ifadeler Eş. 4.26 ve Eş. 4.27'de verilmiştir

$$\delta^{II} = \frac{\partial E}{\partial e} \frac{\partial e}{\partial y^{II}} \frac{\partial y^{II}}{\partial v^{II}} \quad (4.26)$$

$$w_j^{II} = \frac{\partial v^{II}}{\partial y_j^I} \quad (4.27)$$

NBS verilen bir sınıf üzerindeki bir özelliğe ait değerin etkisinin diğer özelliğe ait değerlerden bağımsız olduğunu farz eder. Bu kabul sınıf koşullu bağımsızlık olarak adlandırılır. Bu ise gerekli hesaplamaları basitleştirir, anlaşılabilirliği kolaylaştırır ve doğal olarak “saf” kelimesi ile ifade edilir.

NBS şu örnekle açıklanabilir. X sınıf üyeliği bilinmeyen veri örneği olsun. H ise bu veri örneği X in C sınıfına ait olduğunu öngören bir hipotez olsun. Bu sınıflandırma problemi için, biz $P(H/X)$ olasılığını hesaplamak istiyoruz. Bu olasılık hipotez H'nin C sınıfına ait olarak farzedilerek verilen veriyi tutmasıdır. $P(H/X)$, H'nin X üzerindeki koşullandırmasına ait sonraki olasılıktır (sonrasal olasılık). Örneğin, veri örnek dünyamızın renk ve şekilleriyle tanımlanan meyveler olduğunu farz edelim. X'in kırmızı ve yuvarlak olduğunu ve H hipotezinin X'in bir elma olduğunu öngören bir hipotez olduğunu farz edelim. $P(H/X)$, kırmızı ve yuvarlak olarak gördüğümüz X'in bir elma olduğu güvenini yansıtmaktadır. Karşıtlıkta, $P(H)$, H'ye ait öncelikli olasılıktır (öncesel olasılık). Örneğimiz için, bu veri örneğinin görünüşüne aldırmadan verilen veri örneğinden herhangi birinin elma olma olasılığıdır. Sonrasal olasılık, $P(H/X)$, X'den bağımsız olan öncesel olasılıktan, $P(H)$, daha fazla bilgi üzerine kuruludur (örneğin arka plan bilgisi). Benzer şekilde, $P(X/H)$ H' üzerinde koşul sağlayan sonraki olasılıktır. Bu ise, bize verilen X'in kırmızı ve yuvarlak olma olasılığı biliniyorsa bu elmadır diyebiliriz demektir. $P(X)$ X'in önceki olasılığıdır. Yani anlatılan örnek için, bu kırmızı ve yuvarlak meyvelere ait veri setinden veri örneği olasılığıdır.

Bu olasılıklar, yani, $P(X)$, $P(H)$, ve $P(X/H)$ verilen veriden aşağıdaki şekilde kestirilebilir. Bayes teoremi sonraki olasılığı, $P(H/X)$, $P(H)$, $P(X)$ ve $P(X/H)$ 'ı kullanarak hesap eden bir yol sağlayan kullanışlı bir teoremdir. Bayes teoremi Eş. 4.30'da gösterilmiştir.

$$P(H / X) = \frac{P(X / H)P(H)}{P(X)} \quad (4.30)$$

NBS’de birçok özellik barındıran veri setleri verilirse, $P(X | C_i)$ aşırı derece hesap yükü gerektirir. $P(X | C_i)$ işleminde hesap yükünü azaltmak için, sınıf koşul bağımsızlığına ait saf varsayım uygulanır. Bu varsayım, özelliklere ait değerler bir diğerinden şartlı olarak bağımsızdır, örneğe ait verilen sınıf üyeliği, özellikler arasında bağımlılık ilişkisi yoktur. Bu durum Eş. 4.31 ile ifade edilir.

$$P(X | C_i) = \prod_{k=1}^n P(x_k | C_i) \quad (4.31)$$

Eş 4.31’deki olasılıklar $P(x_1 | C_i), P(x_2 | C_i), \dots, P(x_n | C_i)$ eğitim örneklerinden tahmin edilebilirler.

4.2.1. NBS ve veri birleştirme

Sınıflandırma işlemi, önceden sınıflandırılmış örneklerin kullanılmasıyla bir model oluşturularak bir veri seti üzerinde sınıflandırma yapılmasını sağlar. Regresyon, karar ağacı, Bayes Sınıflandırması, En Yakın Komşu, Yapay Sinir Ağları gibi pek çok sınıflandırma yaklaşımları mevcuttur [98]. Teoride, NBS diğer sınıflandırıcılarla karşılaştırıldıklarında basit bir yapıya ve en düşük hata oranına sahiptirler. Bununla birlikte, bu sınıflandırıcı ile ilgili karşılaştırma alanında yapılan birçok deneysel çalışma, bu sınıflandırıcının karar ağaçları ve yapay sinir ağları ile birçok alanda yarışabileceğini bulmuştur [99-101]. Bu yüzden NBS veri birleştirme sürecinde etkin sonuçlar almak amacıyla rahatlıkla kullanılabilir.

Teknolojinin durumu

Literatürde NBS kullanılarak veri birleştirmesinin yapıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Bonci ve ark., bir robotun duruş tahminini yapmak için, Bayesian algoritması kullanarak ultrasonik sınır verilerini ve dijital kamera görüntüsü verilerini birleştirmişlerdir [102]. Introne ve diğerleri, çalışmalarında biyolojik gözetleme sistemi tasarlamışlardır. Bu sistem bir hastalığı, bir salgını veya biyolojik

terör saldırılarına karşı erken teşhis koymaktadır. Sistemde iki seviyeli birleşim yapmışlardır. 1. seviye hasta kayıtları verilerini kullanarak takip işlemini, 2. seviye ise olası bir salgını ya da terörist hareketlerini belirleme işlemini gerçekleştirmektedir. Bayesian ağları algoritmasını 2. seviye birleştirme işlemi için kullanmışlardır [103]. Wu ve Yong, sensör ağlarından aldıkları sinyalin gücüne göre hedef takibi sistemini Bayesian ağları algoritmasını kullanarak yapmışlardır [104]. Castellana ve diğerleri, kara parçalarının değişimini algılamak için Bayesian yaklaşımını kullanarak veri birleştirmesini gerçekleştirmişlerdir. Birleştirme sürecinde uydu görüntüsü verilerini kullanmışlardır [105]. Jagerbro ve diğerleri, kara mayını algılama işlemi için radar ve metal dedektörü verilerini Bayesian algoritmasını kullanarak birleştirmişlerdir [106]. Sun ve diğerleri, hedef tanımlama işlemi için veri birleştirme yapmışlardır. Sistemlerinde infrared görüntü verilerini Bayesian yaklaşımı kullanarak birleştirmişlerdir [107]. Gautier ve diğerleri, bir nesnenin üç boyutlu yapısını belirlemek için veri birleştirme işlemini yapmışlardır. Süreçte X-ray ve ultrasonik görüntü verilerini Bayesian algoritması kullanarak birleştirmişlerdir [108]. Coue ve diğerleri, laser, radar ve video verilerini Bayesian yaklaşımıyla birleştirerek bir otomotiv uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Uygulamanın amacı sürüş güvenliğini sağlamak için sürücü yardımcı sistemi geliştirmektir [109].

4.3. Bulanık Mantık

Bulanık Mantık yaklaşımı, makinelere insanların özel verilerini işleyebilme ve onların deneyimlerinden ve önsezilerinden yararlanarak çalışabilme yeteneği verir. Bu yeteneği kazandırırken sayısal ifadeler yerine sembolik ifadeler kullanır. İşte bu sembolik ifadelerin makinelere aktarılması matematiksel bir temele dayanır. Bu matematiksel temel Bulanık Mantık Kümeler Kuramı ve buna dayanan Bulanık Mantıktır.

Bulanık mantık denetleyicinin temeli bu tür sözlü ifadeler ve bunlar arasındaki mantıksal ilişkiler üzerine kurulmuştur. Bulanık mantık denetleyici uygulanırken sistemin matematiksel modellenmesi şart değildir [86]. Bu yüzden matematiksel

modeli olmayan veya çıkarılması çok zor olan sistemlerde karar mekanizması olarak rahatlıkla kullanılabilir.

4.3.1. Bulanık küme kuramı ve üyelik işlevi

Klasik küme kuramında bir eleman o kümenin ya elemanıdır ya da değildir. Hiç bir zaman kısmi üyelik olmaz. Nesnenin üyelik değeri 1 ise kümenin tam elemanı, 0 ise elemanı değildir. Başka bir deyişle klasik veya yeni ürün kümelerinde elemanların üyelikleri $\{0,1\}$ değerlerini alır. Bulanık mantık, insanın günlük yaşantısında nesnelere verdiği üyelik değerlerini, dolayısıyla insan davranışlarını taklit eder. Örneğin elini suya sokan bir kişi hiçbir zaman tam olarak ısısını bilemez, onun yerine sıcak, az sıcak, soğuk, çok soğuk gibi dilsel niteleyiciler kullanır [86].

Bir A bulanık kümesi U evrenindeki u elemanlarından oluşur ($u \in U$) ve $\mu_A(u)$ üyelik fonksiyonu ile tanımlanır. Burada $\mu_A(u)$ $[0,1]$ kapalı aralığında herhangi bir gerçek sayıyı göstermektedir [110].

$$A \equiv \{(u, \mu_A(u)) \mid u \in U\} \quad (4.32)$$

$\mu_A(u)$, A bulanık kümesindeki u elemanının üyelik derecesini ifade eder. Üyelik işlevi bir kümenin elemanlarının o kümeye hangi üyelik derecesi ile ait olduğunu gösteren ve $[0,1]$ arasında değer alabilen bir işlev olduğuna göre;

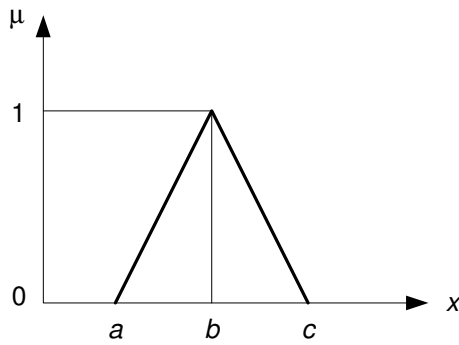
$$\mu_A(u): U \rightarrow [0,1]; \mu_A(u) \in [0,1] \quad (4.33)$$

Burada A bir bulanık küme, U , A kümesinin üzerinde tanımlandığı evren, $\mu_A(u)$ ise üyelik işlevidir.

Bulanık mantıkta; üçgen, yamuk, gaussian, sigmoid, çan eğrisi, S-tipi, gamma, L-tip, singleton (tek nokta) ve üssel olmak üzere farklı tiplerdeki üyelik fonksiyonları kullanılmaktadır. Denetimi yapılan sistemin özelliğine göre uygun bir üyelik

fonksiyonu tercih edilir. Örnek olarak Şekil 4.6’da üçgen üyelik işlevi verilmiştir. Bu işlev için üyelik derecenin hesaplanması Eş. 4.34’de verildiği gibidir [110].

$$\mu_A(x; a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < a \\ (x - a)/(b - a) & a \leq x \leq b \\ (c - x)/(c - b) & b \leq x \leq c \\ 0 & x > c \end{cases} \quad (4.34)$$



Şekil 4.6. Üçgen üyelik fonksiyonu

4.3.2. Bulanık kümeler

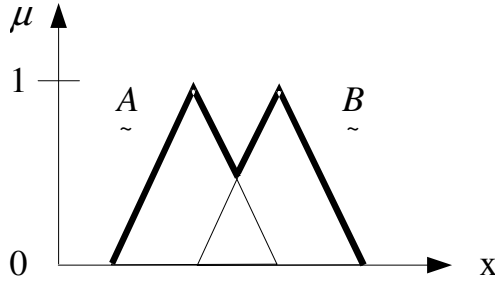
Bilindiği gibi klasik kümeler kuramında birleşme, kesişme, tümlene gibi işlemler tanımlanmıştır. Bunlara karşılık gelecek bulanık işlemler de tanımlıdır. Bulanık küme keskin kümedeki açık/kapalı, soğuk/sıcak gibi ikili (binary) denetim değişkenlerinden oluşan keskin dünyayı, Az açık/Az kapalı, Serin/Ilık, Biraz hızlı/Biraz yavaş gibi yumuşak (soft) niteleyicilerle gerçek dünyaya benzetir. Yani klasik kümelerdeki gibi bir değişken verilen kümenin ya elemanı ya da elemanı değildir yaklaşımının tersine her değişken verilen kümede belirli bir üyelik derecesine sahiptir. Bulanık kümelerde kullanılan semboller ve ifadeler ile keskin kümelerde kullanılan ifadelerin büyük bir bölümü benzemektedir. Aşağıda bulanık kümelerle yapılan bazı işlemler anlatılmıştır [86].

Birleşim özelliği

X evrensel kümesi üzerinde tanımlanan $\underline{A}$ ve $\underline{B}$ kümeleri verilsin. $\underline{A}$ ve $\underline{B}$ kümelerinin birleşimi $\underline{A} \cup \underline{B}$ olarak gösterilir. Aynı zamanda $\underline{A} \cup \underline{B}$ kümesi X evrensel kümesinin bir bulanık alt kümesidir. Bu kümenin üyelik fonksiyonu biçimindeki matematiksel ifadesi Eş. 4.35’de verilmiştir.

$$\mu_{\underline{A} \cup \underline{B}}(x) = \max(\mu_{\underline{A}}(x), \mu_{\underline{B}}(x)) \quad x \in X \quad (4.35)$$

$\underline{A} \cup \underline{B}$ kümesinin, herhangi bir $x \in X$ için elemanlarının üyelik derecesi, $\underline{A}$ ve $\underline{B}$ kümelerinden üyelik derecesi büyük olana eşittir. Bu tanımlamadan anlaşılacağı gibi $\underline{A}$ ve $\underline{B}$ kümelerinin her biri $\underline{A} \cup \underline{B}$ kümesinin alt kümesidir. Şekil 4.7’de $\underline{A}$ ve $\underline{B}$ olarak tanımlanan iki bulanık kümenin birleşimi görülmektedir [86].



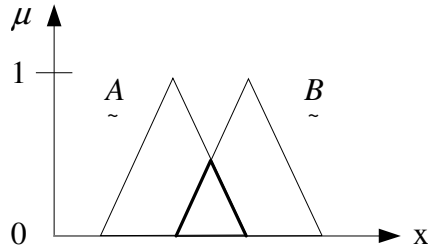
Şekil 4.7. Bulanık kümelerde birleşme işlemi

Kesişim özelliği

X evrensel kümesi üzerinde tanımlanan $\underline{A}$ ve $\underline{B}$ kümeleri verilsin. $\underline{A}$ ve $\underline{B}$ kümelerinin kesişimi $\underline{A} \cap \underline{B}$ olarak gösterilir. Aynı zamanda $\underline{A} \cap \underline{B}$ kümesi X evrensel kümesinin bir bulanık alt kümesidir. Bu kümenin üyelik fonksiyonu biçimindeki matematiksel ifadesi Eş. 4.36’da verilmiştir.

$$\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \min(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)) \quad x \in X \quad (4.36)$$

$\tilde{A} \cap \tilde{B}$ kümesinin, herhangi bir $x \in X$ için elemanlarının üyelik derecesi, $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ kümelerinden üyelik derecesi küçük olana eşittir. Bu tanımlamadan anlaşılacağı gibi $\tilde{A} \cap \tilde{B}$ kümesi, $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ kümelerinin her birinin alt kümesidir. Şekil 4.8’de $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ olarak tanımlanan iki bulanık kümenin kesişimi görülmektedir [86].



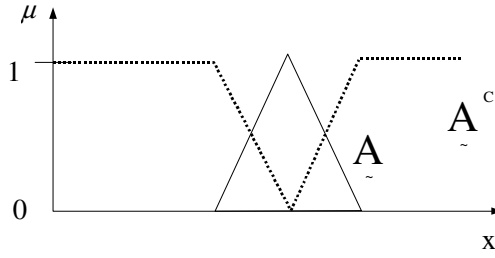
Şekil 4.8. Bulanık kümelerde kesişme işlemi

Tümleyen

X evrensel kümesinde verilen bir $\tilde{A}$ kümesinin tümleyeninin üyelik fonksiyonunun matematiksel ifadesi Eş. 4.37’de verildiği gibidir.

$$\mu_{\tilde{A}^c}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x) \quad (4.37)$$

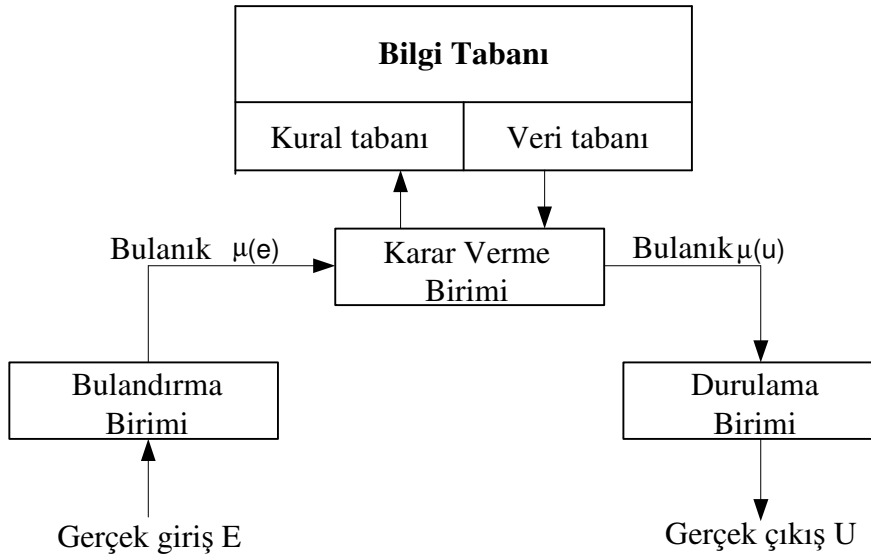
Eğer herhangi bir elemanın $\tilde{A}$ bulanık kümesindeki üyelik derecesi 0,8 ise tümleyenindeki üyelik derecesi 0,2’dir. Bu ifadenin eğrisi Şekil 4.9’da görülmektedir.



Şekil 4.9. Bulanık kümelerde tümleme işlemi

4.3.3. Bir bulanık mantık denetleyicinin genel yapısı

Bir bulanık mantık sistemi, bilgi tabanı, bulandırma, karar verme ve durulama birimleri olmak üzere dört temel bileşenden oluşmuştur. Şekil 4.10'da bir bulanık mantık sisteminin temel yapısı gösterilmiştir [86].



Şekil 4.10. Bir bulanık mantık sisteminin yapısı

Sistem değişkenleri, denetlenen sistemden ölçülen E giriş değişkeni ve sistemi denetim için bulanık mantık denetleyici tarafından kullanılan U çıkış değişkeni olmak üzere iki çeşittir. Bulandırma birimi en son ölçülen verinin uygun dilsel değerlere dönüştürülmesini sağlar. Bulanık bilgi tabanı bilginin iki ana tipini kapsar: veri tabanı, her bir sistem değişkeninin değerleri gibi kullanılan bulanık kümelerin üyelik işlevlerini tanımlar, kural tabanı ise giriş bulanık değerlerin, çıkış bulanık

değerlerine tam olarak eşlenmesini temsil eder. Karar verme birimi bulanık mantık denetleyicinin özüdür ve arzu edilen denetim stratejisine erişmek için, yaklaşık çıkarım sağlaması ile insan gibi karar verme yeteneğine sahiptir. Durulama birimi ise karar verme biriminden gelen bulanık bilgileri, gerçek değerlere dönüştürerek, sistemin tanıyabileceği denetim hareketi haline gelmesini sağlar [86].

4.3.4. Bulandırma birimi

Bulandırma, sistemden alınan denetim giriş bilgilerini dilsel niteleyiciler olan sembolik değerlere dönüştürme işlemidir. Üyelik işlevinden faydalanılarak giriş bilgilerinin ait olduğu bulanık kümeyi/kümeleri ve üyelik derecesini tespit edip, girilen sayısal değere küçük, en küçük gibi dilsel değişken değerler atar. Sistemin verimli çalışmasını sağlamak amacıyla değişik şekillerde (üçgen, yamuk, çan eğrisi, s-işlevi... vs.) bulanık kümeler seçilebilir [86].

4.3.5. Bilgi tabanı

Bilgi tabanı, karar verme biriminin kural tabanının da kullandığı bilgileri aldığı veri tabanı (data base) ve denetim amaçlarına uygun dilsel denetim kurallarının bulunduğu kural tabanı (rule base) olmak üzere iki kısma ayrılabilir. Genel olarak da uygulama dönemindeki bilgilerden ve denetim amaçlarından oluşur. Dilsel denetim kurallarının tanımlanmasında ve bulanık mantık denetimdeki bulanık bilgi işleme süresince yararlanır. Kurallar kümesi denetim amaçlarını ve denetim stratejisini belirler.

Denetimi yapılan sistemle ilgili, bulandırma, bulanık çıkarım, durulama işlemleri sırasında gerek duyulan üyelik işlevi ve kural tablosu bilgileri veri tabanından kullanıma sunulmaktadır.

Girişler ve çıkışlar arasındaki bağlantılar, kural tabanındaki kurallar kullanılarak sağlanır. A ve B girişler, C ise çıkış değişkeni olan bir sistem için,

EĞER $A=x$ ve $B=y$ ise O HALDE $C=z$,

şeklindeki bir kural A ve B' nin aldığı değerlere göre C çıkışının bulanık değerini belirlemektedir [86].

4.3.6. Karar verme birimi

Karar verme birimi, çıkarım motoru (Fuzzy Engine) olarak da adlandırılır. Bulanık mantık denetimin çekirdek kısmıdır. Bu kısım insanın karar verme ve çıkarım yapma yeteneğinin benzeri bir yolla bulanık kavramları işler ve çıkarım yaparak gerekli denetimi belirler. Burada birçok bulanık gerçekleştirme yapılır. Yani insan beyninin bir benzetimi yapılmaya çalışılmaktadır.

Bulanık mantık denetleyici içindeki bu benzetim bulanık içermeye, bileşke kural çıkarımları ve cümle bağlayıcıları ile ilgilidir. Genel olarak bir bulanık denetim kuralı bir bulanık ilişkidir ve bulanık içermeye ile açıklanır. Bulanık mantıkta bulanık içermeyi tanımlamanın birçok yolu vardır ve bulanık mantık denetleyici içinde hangi tipin kullanılacağı daha çok sezgisel olarak belirlenir [86]. Birçok farklı bulanık içermeye işlevi vardır. Bunlardan en çok kullanılan dördü [86,110]'da anlatıldığı şekliyle aşağıda verilmiştir.

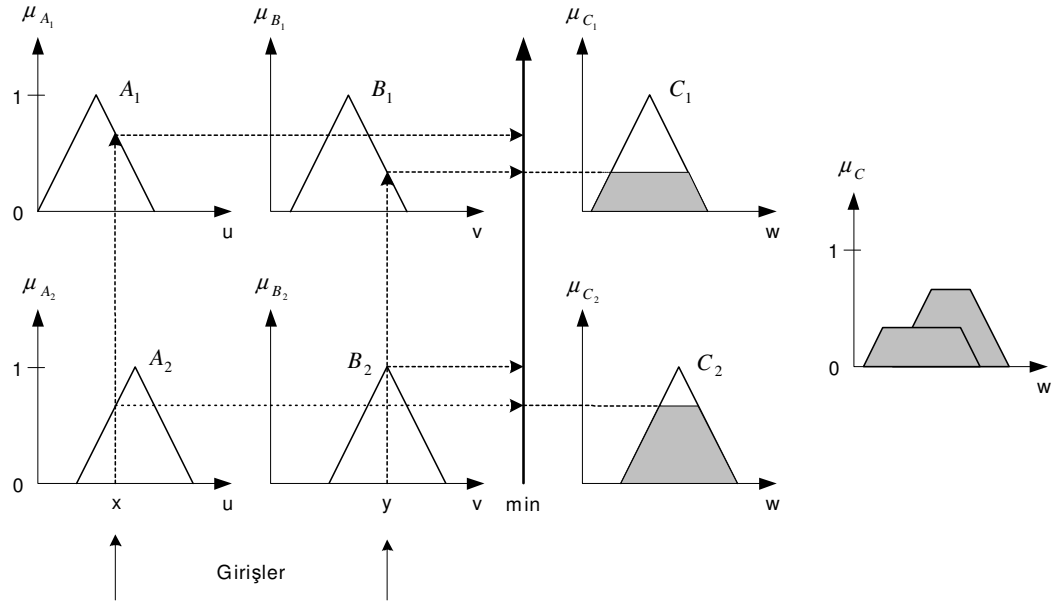
Max-Min çıkarım metodu

Her bir giriş değeri için ait olduğu üyelik işlevindeki üyelik derecesine bağlı olarak ilgili bulanık kümenin üyelik değerinin üstündeki kısmı kesilir. Çıkış değeri, elde edilen bu bulanık kümelerle genellikle ağırlık ortalaması (ağırlık merkezi) yönteminin uygulanmasıyla bulunur. Max-Min çıkarım metodunun grafiksel gösterimi Şekil 4.11'deki gibidir. Bu metod Mamdani'nin minimum operatörünü kullanmaktadır ve i 'inci kural kontrol kararını vermektedir. Bu kural çıkarım sonucu C 'nin üyelik fonksiyonunu μ_C ifade etmektedir. Kontrol girişini elde etmek için ayrıca durulaştırma stratejisi gerekmektedir.

$$\mu_{C_i}(w) = \alpha_i \wedge \mu_{C_i}(w) \quad (4.38)$$

$$\mu_C(w) = \mu_{C_1'}(w) \vee \mu_{C_2'}(w) \quad (4.39)$$

$$\mu_C(w) = [\alpha_1 \wedge \mu_{C_1}(w)] \vee [\alpha_2 \wedge \mu_{C_2}(w)] \quad (4.40)$$



Şekil 4.11. Max- Min çıkarım metodu

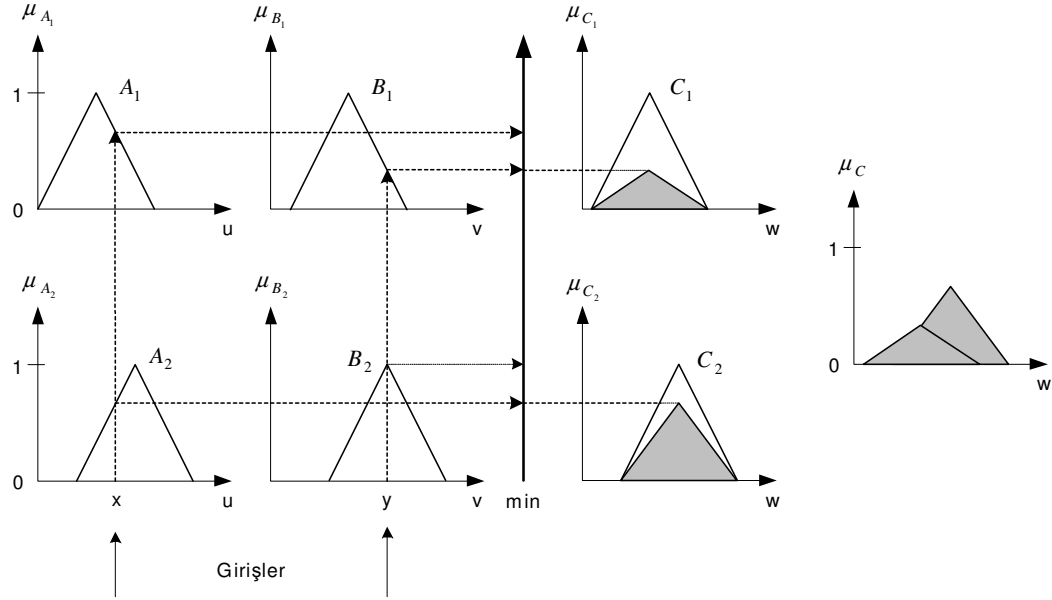
Max-Dot çıkarım metodu

Her bir giriş değeri, ait olduğu üyelik işlevindeki üyelik derecesine bağlı olarak ilgili bulanık kümeyi yeniden ölçeklendirir. Çıkış değeri tüm girişler için yeniden ölçeklendirilmiş bulanık kümeler içerisindeki maksimum değer alınarak bulunur. Şekil 4.12’de görülen Max-Dot çıkarım metodu Larsen’in çarpım operatörünü kullanmaktadır. Bu metotta i ’inci kural kontrol kararını vermektedir. C sonucunu gösteren üyelik fonksiyonu μ_C aşağıdaki gibi bulunur.

$$\mu_{C_i'}(w) = \alpha_i \cdot \mu_{C_i}(w) \quad (4.41)$$

$$\mu_C(w) = \mu_{C_1'}(w) \vee \mu_{C_2'}(w) \quad (4.42)$$

$$\mu_C(w) = [\alpha_1 \cdot \mu_{C_1}(w)] \vee [\alpha_2 \cdot \mu_{C_2}(w)] \quad (4.43)$$

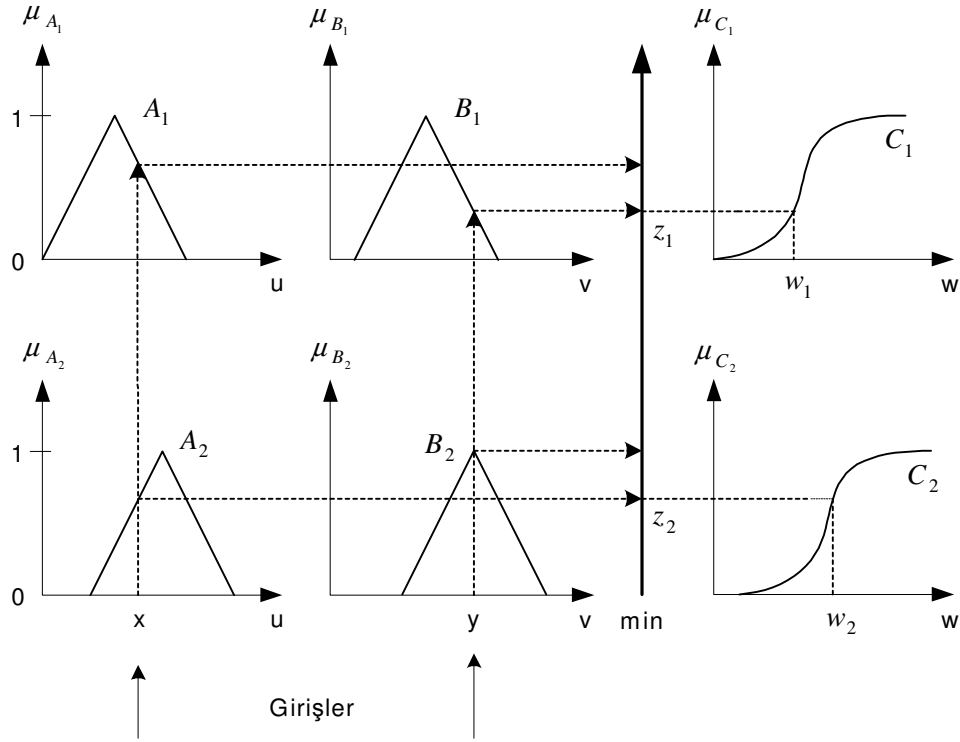


Şekil 4.12. Max-Dot çıkarım metodu

Tsukamoto çıkarım metodu

Bu yapıda çıkış üyelik işlevi tek yönlü artan bir işlev olarak seçilir. Çıkış değeri ise her bir kuralın keskin çıkış değerinin ağırlık ortalaması alınarak bulunur. Tsukamoto çıkarım metodu Şekil 4.13'de görülmektedir. Bu metot; A_i , B_i , ve C_i bulanık kümelerin monotonik olduğu Mamdani çıkarım metodu ile aynı yöntemi kullanan basitleştirilmiş bir yöntemdir. Fakat Tsukamoto çıkarımda A_i , ve B_i monotonik olmayabilir, ancak C_i monotonik olmalıdır. Bu çıkarım metodunda I. kuraldan çıkan sonuç z_1 'dir. Öyle ki $z_1 = C_1(w_1)$ 'dir. II. kuraldan çıkan sonuç z_2 'dir. Öyleki $z_2 = C_2(w_2)$ 'dir.

$$z_0 = \frac{z_1 w_1 + z_2 w_2}{z_1 + z_2} \quad (4.44)$$



Şekil 4.13. Tsukamoto çıkarım metodu

Takagi-Sugeno çıkarım metodu

Her bir kuralın çıkışı giriş değerlerinin doğrusal birleşimiyle bulunur. Keskin çıkış değeri ise ağırlık ortalaması alınarak bulunur. Sugeno çıkarım Şekil 4.14’de görülmektedir. Sugeno tip çıkarım metodu durum değerlendirme fonksiyonunun değiştirilmiş bir şeklini kullanır. Karar vermenin bu metodunda i . Bulanık kontrol kuralı aşağıdaki formdadır.

$$R_i: \text{eğer}(x=A_i, \dots, y=B_i) \text{ ise } z=f_i(x, \dots, y)$$

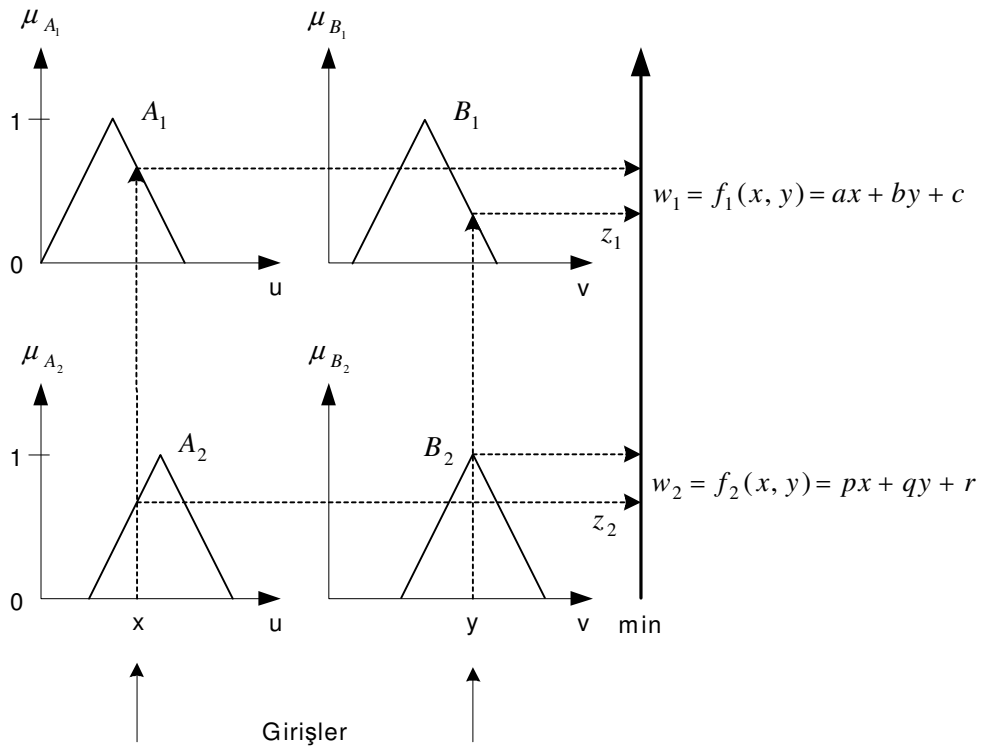
Sırasıyla burada $x, \dots, y$ giriş değişkenlerini ve z kontrol çıkış değişkenini gösteren dilsel değişkenlerdir. $A_i, \dots, B_i$ $U, \dots, V$ evrensel kümesindeki $x, \dots, y$ dilsel değişkenlerinin değerleridir. f_i ve $i=1, 2, \dots, n$ giriş alt uzayında tanımlanan $x, \dots, y$ giriş değişkenlerinin bir fonksiyonudur. Çıkış değerini hesaplamak için aşağıdaki gibi iki bulanık mantık kuralı ele alınacak olursa;

R_1 : eğer($x=A_1$ ve $y=B_1$) ise $w_1=f_1(x, y)$

R_2 : eğer($x=A_2$ ve $y=B_2$) ise $w_2=f_2(x,...,y)$

Kontrol olayının birinci kuraldan çıkarılan sonuç değeri $\alpha_1 f_1 (x_0 y_0)$ ve kontrol olayının ikinci kuraldan çıkarılan sonuç değeri $\alpha_2 f_2 (x_0 y_0)$ 'dır. Buna uygun olarak keskin kontrol çıkış ifadesi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$z_0 = \frac{z_1 f_1(x_0 y_0) + z_2 f_2(x_0 y_0)}{z_1 + z_2} \quad (4.45)$$



Şekil 4. 14. Sugeno çıkarım metodu

4.3.7. Bulanık mantık ve veri birleştirme

Bulanık mantık kuramının sözel ifadeleri kullanarak yüksek çıkarım yapma kabiliyetine sahip olması, sistemlerin matematiksel modeline ve onlar hakkında

herhangi bir öncesel bilgiye ihtiyaç duymamasından dolayı özellikle yüksek seviyeli veri birleştirme süreçlerinde kullanılmış ve etkili sonuçlar üretmiştir. Aşağıda bulanık mantık algoritmasının veri birleştirme sürecinde kullanımıyla ilgili literatürde yer alan mevcut çalışmalardan bazıları verilmiştir.

Teknolojinin durumu

Mahajan ve ark., algılayıcı verilerinin etkinliğini artırmak amacıyla bulanık mantık çıkarım algoritmasını kullanarak veri birleştirmesi yapmışlardır. Sistemlerinde piezoseramik dönüştürücü, strengçe ve ivmeölçer algılayıcı verilerini birleştirmişlerdir [111]. Er ve ark., EKG, kan basıncı, doymuş oksijen içeriği, solunum verilerini birleştirerek kalp hastalarının klinik teşhislerini daha doğru koymak için veri birleştirmesi yapmışlardır. Birleşim sürecinde bulanık mantık çıkarım algoritması kullanmışlardır [112]. Ghahroudi ve Fasih, bir sürücü yardımcı sistemi geliştirmek için veri birleştirme tekniklerini kullanmışlardır. Süreçte mesafe, basınç, hız, kamera ve ivme algılayıcılarından gelen verileri bulanık mantık çıkarım tekniğini kullanarak birleştirmişlerdir [113]. Morsi, çalışmasında mikrodenetleyici temelli gaz algılama sistemi tasarlamıştır. Tasarladığı sistemde metan, karbondioksit, hidrojen, propan ve bütan gaz algılayıcılarından aldığı verileri bulanık mantık kullanarak birleştirmiştir [114]. Yu ve ark., çalışmalarında yönelim tanımlaması, kayma değerlendirmesi ve hata sınıflandırması gibi motor performans değişkenlerini analiz etmek için bulanık mantık temelli veri birleştirmesi yapmışlardır [115]. Boston ve ark., kalp pompasındaki çalışma hatalarını tanımlamak için veri birleştirme sürecinde bulanık mantık ve Dempster-Schafer yöntemlerini kullanmışlardır. Süreçte pompa hızı, akımı ve akış miktarı verilerini giriş olarak seçmişlerdir [116]. Hernandez ve ark., göğüs patolojisi teşhisindeki verimliliği artırmak için 2 boyutlu radyografik ve ultrasonik görüntü verilerini bulanık mantık algoritmasıyla birleştirmişlerdir [117]. Xiao ve ark., çalışmalarında duvar tırmanan bir mikro robot tasarlamışlardır. Robotun denetimi için algılayıcılardan aldıkları verileri birleştirmek amacıyla bulanık mantık denetleyici kullanmışlardır [118]. Duflos ve ark., kara mayını algılama işlemi için bulanık mantık temelli veri birleştirmesi yapmışlardır. Veri birleştirme sürecinde, gömülü olan bir nesnenin şeklinin geometrisi ve derinliği

hakkında çıkarım yapmak için metal detektörü ve infrared kamera görüntüsü verilerini kullanmışlardır [119].

Bu tez çalışmasında yukarıda anlatılan YSA, NBS ve Bulanık Mantık algoritmaları yüksek seviyeli birleşimi sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Bu tekniklerin geliştirilen algoritmada ne şekilde kullanıldığı 5. bölümde anlatılacaktır.

5. ORYÖS İÇİN GELİŞTİRİLEN VERİ BİRLEŞTİRME ÇERÇEVESİ VE ALGORİTMALARI

5.1. Algoritma Belirleme Süreci

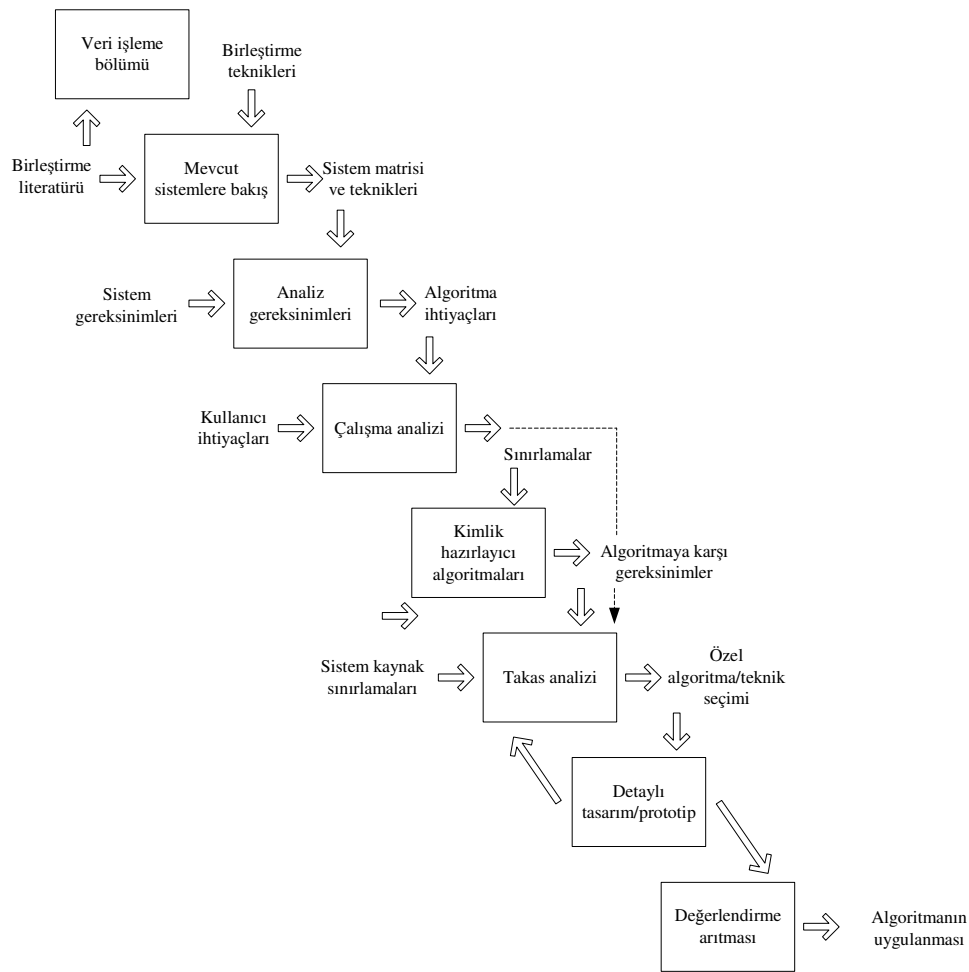
Bir veri birleştirme çerçevesinde kullanılacak olan algoritmayı belirleme süreci biraz güç olabilir. Çünkü belirlenen algoritma karmaşık bir çevrede, gerçek zamanda eksik ve kayıp verilerin olduğu bir ortamda veri birleştirmesini sağlamak zorundadır. Literatürde birleşim analizini yapacak iyi disipline edilmiş bir yaklaşım bulunmamaktadır. Ancak kullanılması muhtemel birçok teknik vardır. Bu tekniklerin başarısı ise özel uygulamalara ve kullanıldıkları sistemin içeriğine bağlıdır. Literatürde başarılı bir şekilde kullanılmış olan teknikler uzman sistemlerden klasik çıkarım yöntemlerine kadar uzanmaktadır. Hall ve Linn algoritma seçimi için yapılandırılmış bir teknik tanımlamışlardır. Bu teknik Çizelge 5.1’de gösterilmiştir [3].

Çizelge 5.1. Hall ve Linn tarafından yapılandırılan algoritma seçim tekniği

Mimari	Hesaplama Gereksinimleri	Haberleşme Bant Genişliği	Tahmin Doğruluğu	İşleme Karmaşıklığı
Merkezi: işlenmemiş veri	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Merkezi: türetilmiş veri	Orta	Orta	Orta	Orta
Otonom	Düşük	Düşük	Orta	Düşük
Karma	Çok yüksek	Çok yüksek	Çok yüksek	Çok yüksek

Çizelge 5.1, 2. bölümde anlatılan algoritma mimarilerini hesaplama gereksinimleri, haberleşme bant genişliği, tahmin doğruluğu ve işleme karmaşıklığı açısından derecelendirmiştir. Bu tekniğe göre veri birleştirme sürecinde kullanılacak algoritmanın karma mimariye sahip olması çok yüksek çıkarım ya da tahmin

doğruluğu üretirken, hesaplama gereksinimleri, haberleşme bant genişliği ve işleme karmaşıklığı da çok yüksek seviyededir. Bütün bu gereksinimler karşılandığı takdirde, bir veri birleştirme sürecinde karma mimariye sahip algoritma kullanılması, daha doğru ve güvenilir sonuçlar üretecektir. Bu yüzden bu tez çalışmasında veri birleştirme sürecinde kullanılmak üzere karma mimariye sahip algoritma tasarlanmıştır. Algoritmanın belirlenme/tasarlanma süreci Şekil 5.1’de gösterilmiştir [3].



Şekil 5.1. Veri birleştirme algoritmasını belirleme süreci

Şekil 5.1’de gösterilen veri birleştirme algoritmasının belirlenme sürecinde şu adımlar takip edilir;

1. Veri işleme teknikleri veya algoritmalarının bölümlerinin tanımlanması

2. Mevcut veri birleştirme sistemlerinin ve ön ürünlerinin incelenmesi
3. Sistem gerekliliklerinin çözümlenmesi
4. Elle yapılan ve otomatik sistemler için çalışma durumlarının tanımlanması
5. Başlangıç algoritmalarının tanımlanması
6. Algoritma etkinliğine karşı gerekli sistem kaynaklarının çözümlenmesi
7. Seçilen algoritmanın ön ürünü ve detaylı tasarımının hazırlanması
8. Algoritmanın ayarlanması

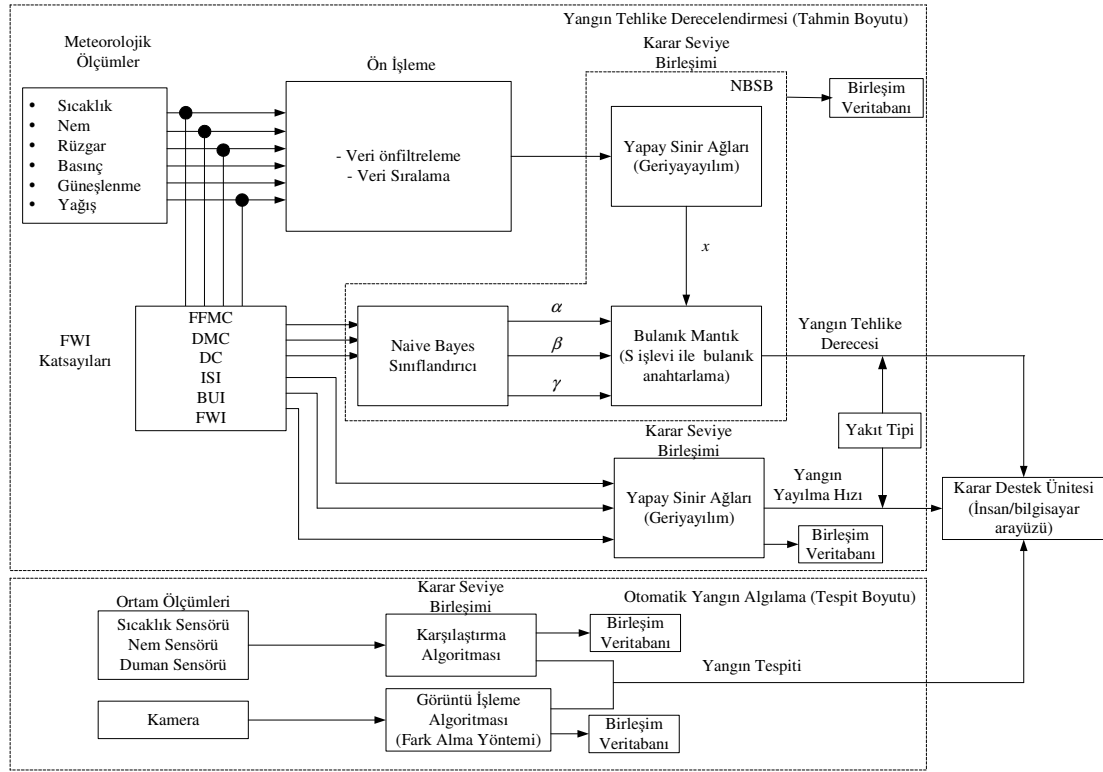
Bu tezde 3. bölümde anlatılan ORYÖS için geliştirilen algoritmanın tasarım sürecinde yukarıda belirtilen bu adımlar takip edilmiştir. Aşağıda tasarlanan bu algoritma ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Daha sonra algoritmanın etkinliği açıklanacaktır.

5.2. Veri Birleştirme Çerçevesinin Yapısı

Belirlenen çerçevenin yapısı ORYÖS’de veri birleştirme işlemini en etkili sonuçlar ve çıkarımlar üretecek şekilde tasarlanmıştır. ORYÖS’de hem tahmin hem de tespit boyutları olduğuna göre tasarlanan çerçeve bu boyutları gerçekleştirmelidir. Çerçevenin yapısı Şekil 5.2’de gösterilmiştir.

Şekil 5.2’de gösterilen çerçeveye göre sistemin tahmin boyutunda iki ayrı birleştirme algoritması vardır. Bunlardan ilki, yangın durumu tehlike derecesini belirlemek için, diğeri ise yangının davranışını tahmin etmek için kullanılmıştır. Her iki algoritma için girişler meteorolojik veriler ve FWI katsayılarıdır. Sistemin tespit boyutunda ise farklı iki tip algılama sistemi birleştirilmiştir. Bunlardan ilki, kameradan alınan resim verilerinin görüntü işleme algoritmasından geçirilerek, diğeri ormanlık alana dağıtılan sensör ağlarından gelen verilerin karşılaştırma algoritmasından geçirilerek yangın tespitinin yapılmasıdır. Bu bölümde her iki sistem bireysel olarak çalışmaktadır ve yangın tespitini yapmaktadır. Sistemlerden herhangi birisinden gelen yangın var bilgisi çıkışı alarm durumuna getirir. Şekil 5.2’de gösterilen algoritmada Yapay Sinir Ağları (YSA), Naive Bayes Sınıflandırıcı (NBS) ve Bulanık Mantık (BM), görüntü işleme ve sinyal işleme teknikleri kullanılmıştır. 4.

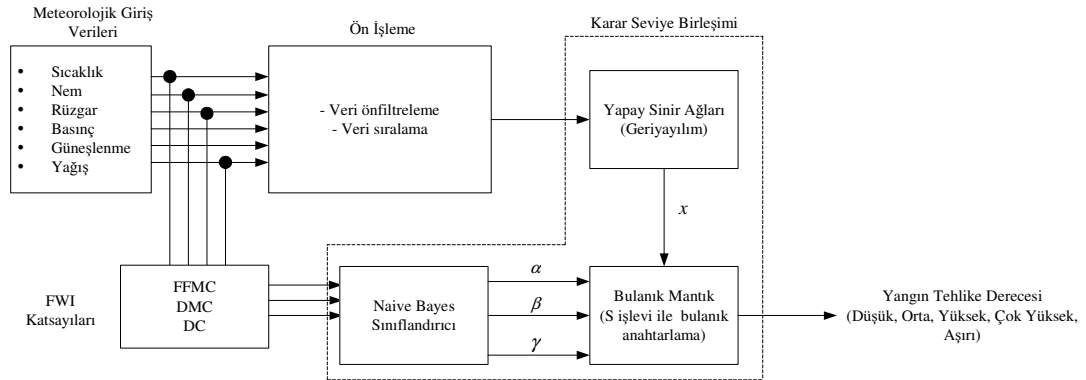
bölümde bu teknikler hakkında genel bilgi verilmişti. Şimdi bu tekniklerin algoritma içerisinde nasıl kullanıldığı ve yapıları hakkındaki bilgi sistemin boyutlarına göre sırasıyla verilecektir.



Şekil 5.2. Tasarlanan veri birleştirme çerçevesinin yapısı

5.2.1. NBSB algoritması ve yangın tehlike derecesini belirleme

Sistemin tahmin boyutundaki yangın tehlike derecesinin belirlenmesi için tasarlanan algoritmanın adı “Naive Bayes Destekli Sinirsel-Bulanık (NBSB)” algoritma olarak belirlenmiştir. Bu algortmada YSA, NBS ve BM çıkarım yöntemleri yüksek seviyeli karar birleştirmesini gerçekleştirmek için kullanılmıştır. NBSB’nin yapısı Şekil 5.3’de gösterildiği gibidir.



Şekil 5.3. NBSB algoritmasının yapısı

Şekil 5.3'te gösterilen NBSB'de meteoroloji istasyonundan alınan sıcaklık, nem, rüzgâr, basınç, güneşlenme ve yağış verileri YSA'nın girişlerini oluşturmak üzere ön işleme sürecine girerler. Sıcaklık, nem, rüzgâr ve yağış verilerinden hesaplanan FFMFC, DMC ve DC katsayıları ise NBS'nin girişlerini oluşturur. NBSB'deki Bulanık Mantık çıkarım bölümünde Bulanık Anahtarlama (BA) tekniği kullanılmıştır. BA'nın görevi; YSA ve NBS'nin yangın tehlike derecesi hakkındaki çıkarımlarını birleştirmektir. YSA'nın çıkışı BA için giriş değişkenini (x) oluştururken, NBS'nin çıkışı BA'da kullanılan S-tipi üyelik işlevinin sınır değerlerini (α , β , γ) belirler. NBS'nin bu etkinliği sinirsel-bulanık algoritmaya uyarlanabilir (adaptive) özellik katmaktadır. Yangın tehlike derecesi hakkındaki en son çıkarım ise BA'nın çıkışıdır. Aşağıda algoritmanın akışına uygun olarak YSA, NBS ve BA'nın yapıları sırayla anlatılmıştır.

NBSB'deki ön işleme sürecinde meteoroloji istasyonundan alınan veriler ilk olarak filtreleme işleminden geçirilir. Bu işlemde algılayıcılardan gelen her bir verinin bir önceki değeriyle farkı alınır ve bir eşik değeri karşılaştırılır. Eğer bu fark eşik değeri aşıyorsa ilgili algılayıcıda bir sorun var demektir. Bu sayede herhangi bir algılayıcının bozulması veya yanlış değer vermesi durumunda sistemin hatalı değer üretmesi engellenmiş olur. Örnek olarak sıcaklık verileri için gerçekleştirilen ön filtreleme Eş. 5.1'de gösterilmiştir.

$$T(i) = \begin{cases} T(i-1) & |T(i) - T(i-1)| \geq \theta \\ T(i) & |T(i) - T(i-1)| < \theta \end{cases} \quad (5.1)$$

Eş. 5.2’de $T(i)$ o andaki sıcaklık değeri, $T(i-1)$ bir önce alınan sıcaklık değeri ve θ sıcaklık verisine ait eşik değeridir. Meteorolojik veriler için belirlenen eşik değerleri Çizelge 5.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. Meteorolojik veriler için belirlenen eşik değerleri

Veri Tipi	Sıcaklık	Nem	Basınç	Güneşlenme	Yağış
Eşik Değeri (θ)	2	5	2	1	2

Ön işleme sürecindeki veri sıralama işlevi, algılayıcılardan gelen veriyi ortak bir uzaya ve zamana ait düzlem içerisine yerleştirir. Bu süreçte farklı algılayıcılardan elde edilen ve zamana göre sıralanan farklı birimdeki veriler normalize edilerek ortak bir birime dönüştürülmüştür. Normalize etme işlemi Eş. 5.2’de gösterildiği gibi verilerin [0-1] aralığında ifade edilmesiyle yapılmıştır.

$$X_i = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (5.2)$$

Burada $i=\{1,2,\dots,n\}$ n adet gözlem sayısını; X_i , i. gözlem verisini; $X_{\max}$, en büyük değere sahip gözlem verisini ve $X_{\min}$, en küçük değere sahip gözlem verisini ifade etmektedir. Çizelge 5.3’te bütün meteorolojik veriler için belirlenen en büyük ve en küçük değerler verilmiştir. Bu değerler, 2002-2006 yılları arasında Antalya bölgesinde görülen değerlerdir.

Çizelge 5.3. Meteorolojik veriler için belirlenen en büyük ve en küçük değerler

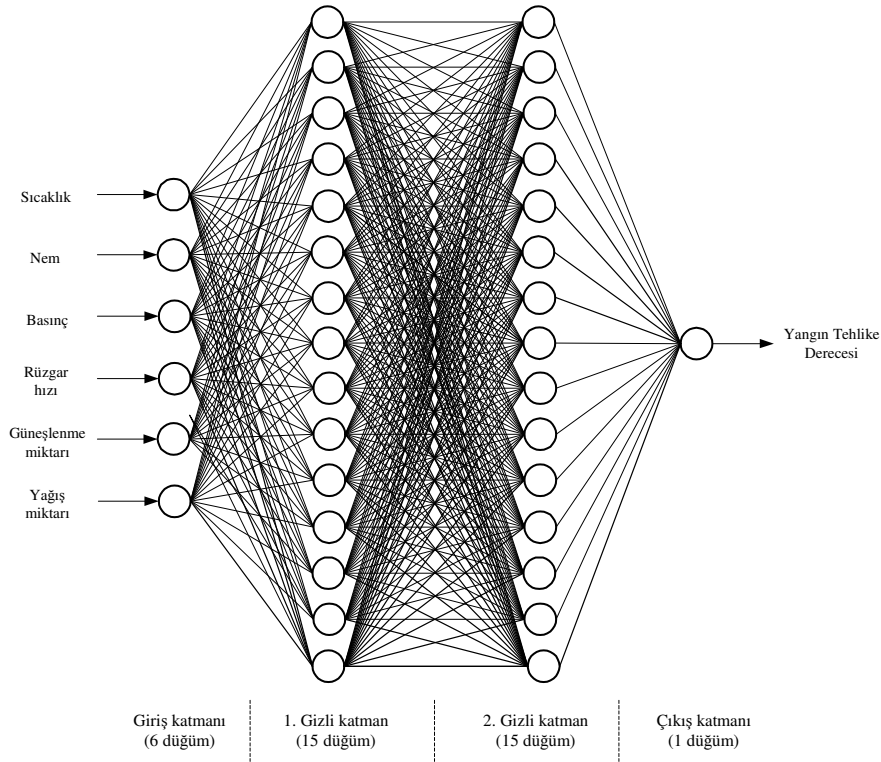
Veri tipi	Sıcaklık (°C)	Nem (%)	Rüzgâr (km/s)	Basınç (mb)	Güneşlenme (cal/cm ²)	Yağış (mm)
En küçük değer	6	15,7	0,2	980,4	0,03	0
En büyük değer	34,8	94	11,6	1023,5	1,48	227,6

Eş. 5.2’de anlatıldığı şekilde minimize edilen değerler karar seviye birleşim sürecine girerler. Bu süreçte ilk aşama minimize edilen değerlerin YSA’ya sunulmasıdır. YSA’nın çıkışı ise BA’nın girişi olarak kullanılacak olan değerdir. Algoritmada kullanılan YSA 4. bölümde ayrıntılı olarak anlatılan danışmanlı öğrenme modeline ve geriyayılımlı (backpropagation) ağ yapısına sahiptir.

YSA yapısı

Bir YSA tasarımı dikkat edilecek en önemli husus, yapının mümkün olduğunca basit ve küçük olarak tasarlanmasıdır. Bu durum YSA’nın öğrenme süresini kısaltırken, öğrenme oranını ve yapının performansını yükseltir. Ayrıca en uygun değer seçilerek tasarlanan bir yapı çıkışta kararlı sonuçlar üretilmesini sağlayacaktır. YSA tasarımı gereğinden fazla sayıda işlemci eleman içeren ağ yapısı belirlemek, sistemin daha düşük genelleme kabiliyetine sahip olmasını sağlayacaktır. Bunun yanında belirli sayıların üzerinde sinir kullanmak da YSA performansını çoğu zaman yükseltmemektedir [86].

YSA uygulamalarında yapıda kullanılacak gizli katman ve sinir sayılarını belirlemek için herhangi bir kural bulunmamaktadır. Sistemin karmaşıklığı genellikle gizli katmanların ve katmanlardaki sinir sayılarının artmasıyla giderilir. Bu tezde tasarlanan YSA ağ yapısında bulunan gizli katman ve düğüm sayıları deneme yanılma yoluyla belirlenmiştir. Başlangıçta bir giriş katmanı, bir gizli katman ve çıkış katmanından oluşan ağ yapısı seçilmiştir. Algoritmadaki toplam hata değeri kabul edilebilir seviyeye ulaşıncaya dek düğüm sayıları ve gizli katman sayısı arttırılmıştır. Sonuçta ağ yapısı bir giriş katmanı, iki gizli katman ve bir çıkış katmanından oluşacak şekilde belirlenmiştir. Şekil 5.4’de YSA yapısı gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Yangın tehlike derecesini belirlemede kullanılan YSA yapısı

YSA ağ yapısının giriş katmanında 6 adet meteorolojik veri olduğu için 6 adet düğüm vardır. Birinci ve ikinci gizli katmanlarda 15 adet, çıkışta ise 1 adet düğüm vardır. Her bir sinirin çıkışı ağırlıklar üzerinden bir sonraki katmandaki sinirin girişi olarak bağlanmıştır. Aynı zamanda her sinire bir eşik değeri ekleyerek ağın daha hızlı öğrenmesi ve öğrenme kapasitesinin artırılması sağlanmıştır. Her bir katmandaki sinirin çıkışında hiperbolik tanjant sigmoid etkinlik işlevi kullanılmıştır.

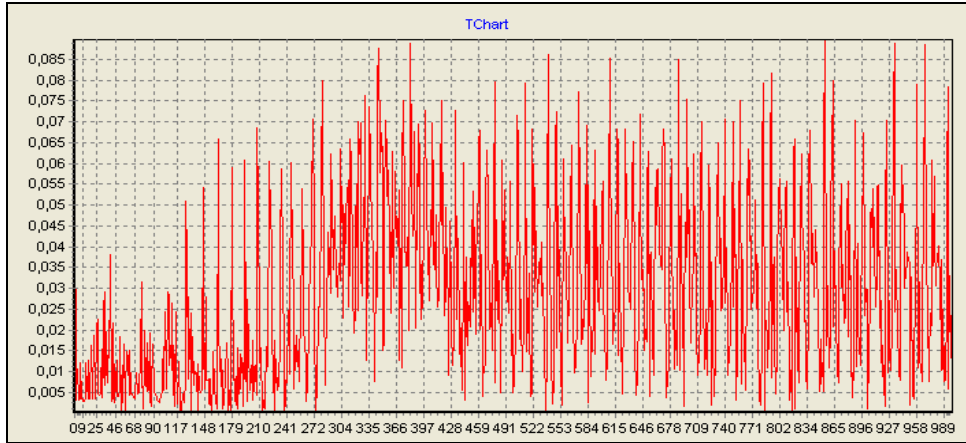
YSA'nın eğitimi ve eğitim veri kümesi:

YSA'nın önemli avantajlarından bir tanesi az sayıdaki eğitim veri kümesiyle öğrenebilme veya genelleme yapabilme kabiliyetine sahip olmasıdır. Bu durum YSA'ları birçok probleme uygulanması için cazip kılmaktadır. Özellikle istenilen girişlere ait çıkış verilerinin ulaşılabilir olduğu durumlarda danışmanlı öğrenme modelinin kullanılarak YSA'nın eğitimi kolayca yapılabilir ve öğrenme gerçekleştirilebilir. Bu tez çalışmasında YSA'nın eğitimi için danışmanlı öğrenme

modeli kullanılmasının amacı budur. Bu amaçla, yukarıda anlatılan ağ yapısına göre oluşturulan YSA modelinin eğitimi için geçmiş yıllardaki meteorolojik veriler ile orman yangını verilerine ihtiyaç duyulmuştur. Bu bağlamda, Devlet Meteoroloji İşleri ve Orman Genel Müdürlüğü ile gerekli görüşmeler yapılmıştır. Bu görüşmeler sonucunda, Orman Genel Müdürlüğünden 2002–2006 yılları arasında tüm yurttan meydana gelen orman yangını verileri ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden yine aynı yıllar arasındaki Antalya yöresine ait, sıcaklık, nem, basınç, rüzgâr hızı ve yönü, güneşlenme şiddeti ve yağış miktarı verileri resmi yollarla alınmıştır. Geliştirilen algoritmada bu verilerden; sıcaklık, nem, basınç, rüzgâr hızı ve yönü, güneşlenme şiddeti ve yağış miktarı verileri YSA'ya giriş veri kümesi olarak, yangın verileri ise çıkış veri kümesi olarak kullanılmıştır. YSA'nın eğitimi C++'da yazılan program ile yapılmıştır.

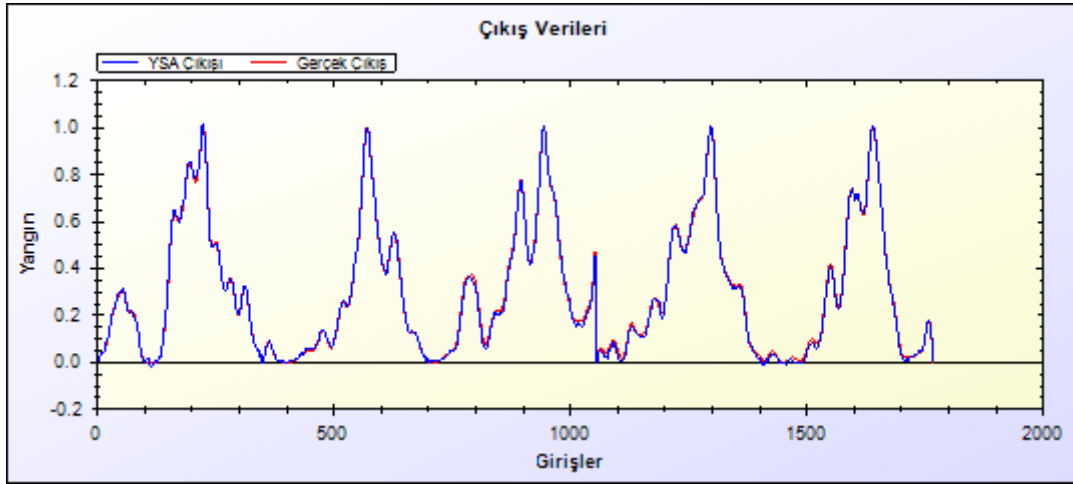
Eğitim sürecinde momentum ve öğrenme katsayılarının kullanılmasının ağ performansı üzerinde etkili olduğu gözlenmiştir. Bu katsayıların hesaplamaya katılması adım sayısında ve toplam ağ hatasında bir düşüş meydana getirmiştir. Bu tez çalışmasında YSA'da kullanılan momentum ve öğrenme katsayıları çeşitli denemeler sonucunda 0,025 olarak belirlenmiştir.

Yukarıda anlatılan YSA yapısı ve katsayıları belirlendikten sonra eğitim gerçekleştirilmiştir. Eğitim ağıdaki toplam hata değeri kabul edilebilir bir seviyeye (0,03) düşünceye kadar devam etmiştir. Bu süreç Centrino Core 2 Duo 2,2 GHz işlemcili bir bilgisayarda 5 saat kadar sürmüştür. Eğitim tamamlandıktan sonra ağıdaki toplam hatayı gösteren grafik Şekil 5.5'de verilmiştir.



Şekil 5.5. Eğitim yapıldıktan sonraki (%) YSA hataları

YSA'nın öğrenme durumunu görebilmek için eğitime verilen 2002-2006 yıllarına ait yangın verileri değerleriyle YSA'nın eğitimi sonrası elde edilen çıkış değerleri (2002-2006 yıllarına ait meteorolojik verilerin giriş olarak kullanılıp YSA'dan alınan çıkışlar) Şekil 5.6'da gösterildiği gibi karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.6. Gerçek çıkış ve YSA çıkışlarının karşılaştırılması

Şekil 5.6'dan görüldüğü gibi gerçek çıkış eğrisi ve YSA çıkış eğrisi birbirine çok yakındır. Bu durum YSA'nın eğitiminin iyi bir şekilde tamamlandığının ve çıkışta gerçeğe yakın değerler ürettiğinin göstergesidir. Elde edilen bu YSA çıkışları BA'nın girişlerini oluşturur.

Naive Bayes Sınıflandırıcının (NBS) yapısı

Algoritmada kullanılan NBS'nin amacı, BA'da kullanılan S-işlevinin alt-orta-üst (α , β , γ) sınır değerlerini belirlemektir.

Daha önce Şekil 5.3'de gösterildiği gibi NBS algoritmasının girişleri FWI sistemde bulunan FFMC, DMC ve DC katsayılarıdır. Bu katsayıların ormanın yüzeyinde bulunan yakıtın nem içeriklerini gösterdiği ve muhtemel bir yangının oluşabilme ihtimalini nitelediği 4. bölümde söylenmişti. Bu yüzden algoritmada, bu katsayılar NBS'nin bir özelliği (attribute) olarak temsil edilip, yangının oluşabilme derecesi alt, orta ve üst olarak sınıflandırılmıştır. Yani, meteorolojik verilerden FFMC, DMC ve DC katsayılarının hesaplanmasından sonra yakıtın nem içerik durumuna göre BA'nın uyarlanır S-işlevi bu yolla belirlenmiştir.

Yangın tehlikesinin hangi derecede olduğuna ilişkin tahmin durumu Eş. 5.3'te verilmiştir.

$$(k_j): \hat{p}(k_j) \leftarrow \text{tahmin } p(k_j) \quad (5.3)$$

K yangın derecesine ait k_j durumunu meydana getirecek her bir c katsayısı için olasılık değeri Eş. 5.4'de verilmiştir.

$$c: \hat{p}(c_i | k_j) \leftarrow \text{tahmin } p(c_i | k_j) \quad (5.4)$$

Yeni bir örneğin sınıflandırılması ise Eş. 5.5'da verildiği gibi hesaplanır.

$$(x): k_{NB} = \arg \max_{k_j \in K} \hat{P}(k_j) \prod_{c_i \in x} \hat{P}(c_i | k_j) \quad (5.5)$$

Olası yangın durumunun “alt”, “orta” ve “üst” olarak sınıflandırılması için ilk olarak 2002 yılının 1 Nisan-1 Kasım arasına ait sıcaklık, nem, rüzgar ve basınç verileri

kullanılarak FPMC, DMC ve DC katsayıları hesaplanmıştır. Verilerin bu aralıkta seçilmesi NBS'nin şartsal olasılık dağılımlarının daha güçlü olmasını sağlamıştır. Veri setinde her birinden 214 adet olmak üzere toplam 652 adet veri vardır. Daha sonra bu katsayılar “Wisconsin Yangın Bölümü” tarafından belirlenen sınır değerlerine göre “Düşük”, “Orta”, “Yüksek”, “Çok Yüksek” ve “Aşırı” olacak şekilde 5 bölümde sınıflandırılmıştır. Katsayıların sınıflandırılmasında kullanılan bu sınır değerler Çizelge 5.4’de verilmiştir.

Çizelge 5.4. FPMC, DMC ve DC katsayılarının sınıflandırılmasında kullanılan sınır değerler

Katsayı	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek	Aşırı
FFMC	0-81	81-88	88-90,5	90,5-92,5	92,5+
DMC	0-13	13-28	28-42	42-63	63+
DC	0-80	80-210	210-274	274-360	360+

Bu sınıflandırmanın ardından bu katsayılar ait olası yangın durumları ise o güne ait yangın sayıları göz önünde bulundurularak “alt”, “orta” ve “üst” olarak sınıflandırılmıştır. Yangının sınıflandırılmasında kullanılan sınır değerler Çizelge 5.5’de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Yangın durumunun sınıflandırılmasında kullanılan sınır değerler

Katsayı	Alt	Orta	Üst
Yangın sayısı	0-1	2-3	3+

Katsayılar ve yangın derecesine ait bu sınıflandırmanın yapılmasının ardından katsayıların durumlarına bağlı olarak olası yangın derecesinin “alt”, “orta” ve “üst” olarak görülmesi için şartsal olasılık dağılımları bulunur. Bu dağılımlar Çizelge 5.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 5.6. Olası yangın durumu derecesi için şartsal olasılık dağılımları

Özellik Adı	Özellik Derecesi	ALT (129)	ORTA (60)	ÜST (25)
1. FFMC (214)	Düşük (40)	32/129	5/60	3/25
	Orta (65)	50/129	13/60	2/25
	Yüksek (57)	33/129	21/60	3/25
	Çok Yüksek (31)	8/129	13/60	10/25
	Aşırı (21)	6/129	8/60	7/25
2. DMC (214)	Düşük (53)	48/129	4/60	1/25
	Orta (33)	20/129	13/60	0/25
	Yüksek (39)	20/129	16/60	3/25
	Çok Yüksek (25)	13/129	4/60	8/25
	Aşırı (64)	28/129	23/60	13/25
3. DC (214)	Düşük (53)	48/129	5/60	0/25
	Orta (28)	15/129	12/60	1/25
	Yüksek (34)	17/129	11/60	6/25
	Çok Yüksek (30)	14/129	12/60	4/25
	Aşırı (69)	35/129	20/60	14/25
Yangının "Alt", "Orta" ve "Üst" düzeylerde görülme sıklıkları		129/214	60/214	25/214

Çizelge 5.6’da gösterilen şartsal olasılık dağılımını bulmak için Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5’den faydalanılır. Örneğin Çizelge 5.6’nın ilk satırına bakıldığında, FFMC özelliği için toplam 214 adet veriden 40 tanesi “Düşük” sınıfındadır. Bu 40 adet “Düşük” FFMC sınıfı içinde, 32 adet “Alt” seviyede, 5 adet “Orta” seviyede ve 3 adet “Üst” seviyede yangın ihtimali vardır. Aynı şekilde Çizelge 5.6’nın son satırına bakıldığında toplam 214 durumdan yangın durumunun, 129’unda “Alt”, 60’ında “Orta” ve 25’inde “Üst” seviyede olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.6’da gösterilen olasılık dağılım değerleri NBS için öncesel değerlerdir. NBS algoritması bu öncesel değerleri kullanarak yeni bir durumun sınıflandırması yapılabilir ve durum hakkında karar verilebilir. Örnek bir hesaplama için yeni bir durum Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Yeni durum için örnek değerler

Katsayı	Değer	Sınıfı
FFMC	90,35	Orta
DMC	92,64	Aşırı
DC	353,21	Yüksek

Çizelge 5.7’de verilen yeni durum özelliklerine göre FFMC değeri 90,35 ve “Orta” sınıfında, DMC değeri 92,64 ve “Aşırı” sınıfında, DC değeri ise 353,21 ve “Yüksek” sınıfındadır. Özelliklerin bu sınıfları göz önünde tutularak Çizelge 5.6’ya bakılırsa yeni durumun hesaplanmasında kullanılacak öncesel olasılık değerleri;

FFMC’nin “Orta” sınıfı için;

Yangının “Alt” seviyede görülme olasılığı $P(FFMC | Alt) = 50/129$

Yangının “Orta” seviyede görülme olasılığı $P(FFMC | Orta) = 13/60$

Yangının “Üst” seviyede görülme olasılığı $P(FFMC | Üst) = 2/25$

DMC’nin “Aşırı” sınıfı için;

Yangının “Alt” seviyede görülme olasılığı $P(DMC | Alt) = 28/129$

Yangının “Orta” seviyede görülme olasılığı $P(DMC | Orta) = 23/60$

Yangının “Üst” seviyede görülme olasılığı $P(DMC | Üst) = 13/25$

DC'nin Yüksek sınıfı için;

Yangının “Alt” seviyede görülme olasılığı $P(DC | Alt) = 17/129$

Yangının “Orta” seviyede görülme olasılığı $P(DC | Orta) = 11/60$

Yangının “Üst” seviyede görülme olasılığı $P(DC | Üst) = 6/25$

Yangın durumu için;

“Alt” seviyede görülen toplam yangın $P(Yangın) = 129/214$

“Orta” seviyede görülen toplam yangın $P(Yangın) = 60/214$

“Üst” seviyede görülen toplam yangın $P(Yangın) = 25/214$

Bu değerler Çizelge 5.6'dan bulunduktan sonra yangının “Alt” seviyede görülme olasılığı için yeni durumun sınıfı Eş. 5.5 kullanılarak Eş. 5.6'da gösterildiği gibi hesaplanır.

$$P(Alt | Yangın) = P(Yangın) \cdot \prod_{k=1}^n (Yangın_k | Alt_n) \quad (5.6)$$

$$P(Alt | Yangın) = P(Yangın) \cdot P(FFMC | Alt) \cdot P(DMC | Alt) \cdot P(DC | Alt) \quad (5.7)$$

$$P(Alt | Yangın) = (129 / 214) \cdot (50 / 129) \cdot (28 / 129) \cdot (17 / 129) \quad (5.8)$$

Yangının “Orta” seviyede görülme olasılığı için yeni durumun sınıfı Eş. 5.9'da gösterildiği gibi hesaplanır.

$$P(Orta | Yangın) = P(Yangın) \cdot \prod_{k=1}^n (Yangın_k | Orta_n) \quad (5.9)$$

$$P(Orta | Yangın) = P(Yangın) \cdot P(FFMC | Orta) \cdot P(DMC | Orta) \cdot P(DC | Orta) \quad (5.10)$$

$$P(Orta | Yangın) = (60 / 214) \cdot (13 / 60) \cdot (23 / 60) \cdot (11 / 60) \quad (5.11)$$

Yangının “Üst” seviyede görülme olasılığı için yeni durumun sınıfı Eş. 5.12’de gösterildiği gibi hesaplanır.

$$P(Üst | Yangın) = P(Yangın) \cdot \prod_{k=1}^n (Yangın_k | Üst_n) \quad (5.12)$$

$$P(Üst | Yangın) = P(Yangın) \cdot P(FFMC | Üst) \cdot P(DMC | Üst) \cdot P(DC | Üst) \quad (5.13)$$

$$P(Üst | Yangın) = (25 / 214) \cdot (2 / 25) \cdot (13 / 25) \cdot (6 / 25) \quad (5.14)$$

Yukarıda gösterilen hesaplamalara göre yeni durum özelliklerine göre $P(Alt | Yangın) = 0.0066$, $P(Orta | Yangın) = 0.00427$ ve $P(Üst | Yangın) = 0.00116$ olarak bulunur. NBS’nin bu çıkış değerleri, BA’nın S-işlevinin sınır değerlerini (α , β , γ) oluşturmak için kullanılır. Gerekli hesaplama Alt, Orta ve Üst olasılık değerlerinin normalize edilmesiyle yapılır. Buna göre S-işlevinin sınır değerleri Eş. 5.15-Eş. 5.17’deki gibi hesaplanır;

$$\alpha = P(Alt | Yangın) / ((P(Alt | Yangın) + P(Orta | Yangın) + P(Üst | Yangın))) \quad (5.15)$$

$$\beta = P(Orta | Yangın) / ((P(Alt | Yangın) + P(Orta | Yangın) + P(Üst | Yangın))) \quad (5.16)$$

$$\gamma = P(Üst | Yangın) / ((P(Alt | Yangın) + P(Orta | Yangın) + P(Üst | Yangın))) \quad (5.17)$$

Bulanık Anahtarlayıcının yapısı

Yangın durumu tehlike derecesinin belirlenmesindeki son aşama BA'dır. BA'nın kullanılmasındaki amaç YSA'dan elde edilen çıkışların daha keskin olmasını sağlamaktır. 4. bölümde BM denetleyicilerin genel yapısı hakkında gerekli bilgiler verilmişti. Dolayısıyla, burada sadece algoritmada kullanılan BA'nın yapısı anlatılacaktır.

Kural tabanı ve çıkışın hesaplanması:

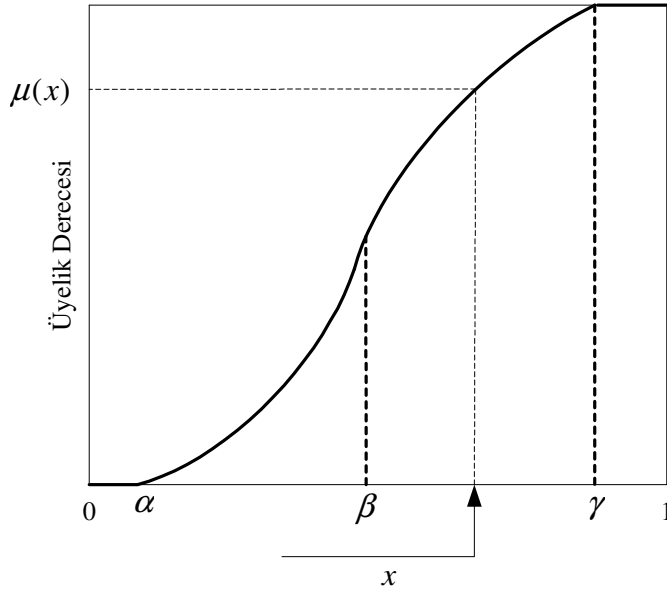
Algoritmada BA'nın girişi YSA'dan alınan çıkış (x) değeridir. BA'nın ilk aşamasında kural tabanının belirlenmesi vardır. Daha sonra kural tabanını oluşturan bulanık kurallar göz önünde tutularak BA için işlevin seçilmesi uygun olacaktır. Algoritmada iki adet bulanık kural kullanılmıştır. Bunlar;

[Kural 1] eğer x büyükse, $\mu(x)$ büyüktür.

[Kural 2] eğer x küçükse, $\mu(x)$ küçüktür.

Bulanık kurallara bakıldığında tasarlanan sistemin verimli çalışmasını sağlamak amacıyla değişik şekillerde (üçgen, yamuk, çan eğrisi, s-işlevi... vs.) işlevler seçilebilir. Bu tez çalışmasında üçgen ve S-işlevi BA'nın işlevleri olarak denenmiştir. Ancak tasarlanan algoritma için S-işlevi üçgen kümeye göre daha kararlı sonuçlar ürettiğinden dolayı seçilmiştir.

Bu kurallara göre oluşturulan anahtarlama için kullanılan S-işlevi Şekil 5.7'de gösterilmiştir.



Şekil 5.7. BA'da kullanılan S-işlevi

Şekil 5.7'den görüldüğü gibi NBS'den gelen α , β ve γ değerleri S-işlevinin sınırlarını ve şeklini belirlemektedir. Bu durum algoritmanın değişen durumlara uygun olarak çıkış üretmesini yani uyarlanabilir olmasını sağlar. YSA'dan gelen x değeri ise burada bulanıklaştırılır ve üyelik derecesi ($\mu(x)$) bulunur. Şekil 5.7'deki gibi bir S-işlevinde çıkış değeri Eş. 5.18'deki gibi hesaplanır.

$$\mu[x, \alpha, \beta, \gamma] = \begin{cases} 0, & x < \alpha \\ \frac{(x - \alpha)^2}{(\beta - \alpha)(\gamma - \alpha)}, & \alpha \leq x < \beta \\ 1 - \frac{(x - \gamma)^2}{(\gamma - \beta)(\gamma - \alpha)}, & \beta \leq x < \gamma \\ 1, & \gamma \leq x \end{cases} \quad (5.18)$$

Eş. 5.8'deki ifadeyle bulunan çıkış değeri gerçek değere dönüştürülür. Gerçek çıkış değeri [0-1] aralığında olan BA çıkış değerinin yüzde olarak ifade edilmesiyle Eş. 5.19'da gösterildiği gibi hesaplanır.

$$Y(x) = 100.\mu(x) \quad (5.19)$$

Eş. 5.19 ile gözlenen ormanlık alandaki yangın tehlike derecesi de yüzde olarak ifade edilmiş olur.

Yangın tehlike derecesini etkileyen faktörlerden birisi de yakıt tipidir (gözlenen ormanlık alanın türü). Eş.5.19 ile elde edilen yangın tehlike derecesi 1. dereceden tutuşma riski olan yakıt tipine göre çıkış üretmektedir. Ülkemizde 1., 2. ve 3. dereceden tutuşma riski olan yakıt tiplerinin bulunduğu göz önünde tutulduğunda Eş. 5.19 ile elde edilen çıkışın 2. ve 3. dereceden tutuşma riski olan yakıt tiplerine uygun çıkış üretmesi gerekir. Eğer gözlenen ormanlık alan 2. dereceden tutuşma riski olan yakıt tipine sahip ise yangın tehlike derecesi 1. dereceye göre %10, 3. dereceden tutuşma riski olan yakıt tipine sahip ise %20 daha azdır. Aynı durum yangının yayılma hızı için de geçerlidir ve algoritmalarından elde edilen sonuçlarda yakıt tipi göz önünde tutulmuştur. Çizelge 5.8’de ülkemizde bulunan ağaç türleri (yakıt tipi) ve tutuşma risk dereceleri verilmiştir.

Çizelge 5.8. Ağaç türlerine göre tutuşma risk dereceleri

Kod No	Sembol	Ağaç türü	Tutuşma riski derecesi
01	Çz	Kızılçam	1
25	Kv	Kavak	1
26	Ks	Kestane	1
27	Dş	Dişbudak	1
28	lh	İhlamur	1
29	Ak	Akçaağaç	1
08	Cf	Fıstıkçamı	1
22	M	Meşe	1
36	Sö	Söğüt	1
37	H	Huş	1
41	Cv	Ceviz	1
44	Ms	Saplı meşe	1
45	Mz	Sapsız meşe	1
46	Mc	Macar meşesi	1
47	Mt	Tüylü meşe	1

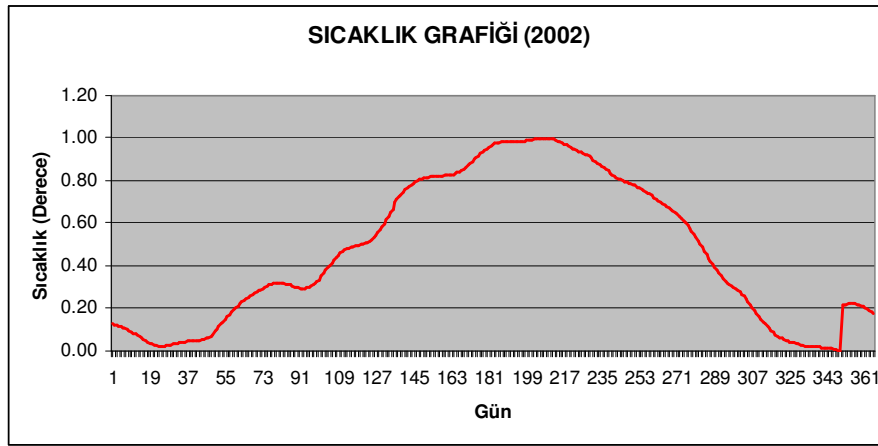
Çizelge 5.9. (Devam) Ağaç türlerine göre tutuşma risk dereceleri

Kod No	Sembol	Ağaç türü	Tutuşma riski dercesi
49	Ml	Saçlı meşe	1
50	Mr	Pırnal meşesi	1
51	Mk	Kermez meşesi	1
52	Ko	Kocayemiş	1
53	Ma	Maki	2
02	Çk	Karaçam	2
04	G	Gökmar	2
06	S	Sedir	2
11	Çh	Halepçanı	2
12	Çm	Sahilçanı	2
13	Çr	P. Radiata	2
20	Di	Diğer ibrelî	2
23	Gn	Gürgen	2
30	Ka	Karaağaç	2
31	Ky	Kayacık	2
32	Çn	Çınar	2
35	Fn	Fındık	2
38	Df	Defne	2
42	Zy	Yabanizeytin	2
43	Mp	Palamut meşesi	2
48	Mm	Mazı meşesi	2
60	Dy	Diğer yapraklı	2
07	Ar	Ardıç	3
09	Sr	Servi	3
10	P	Porsuk	3
05	L	Ladin	3
03	Çs	Sarıçam	3
14	D	Duglaz	3
15	An	Andız	3
21	Kn	Kayın	3
24	Kz	Kızılağaç	3
33	Ok	Okalıptüs	3
34	Sğ	Sığla	3
39	Ş	Şimşir	3
40	O	Ormangülü	3

5.2.2. NBSB algoritmasının değerlendirilmesi

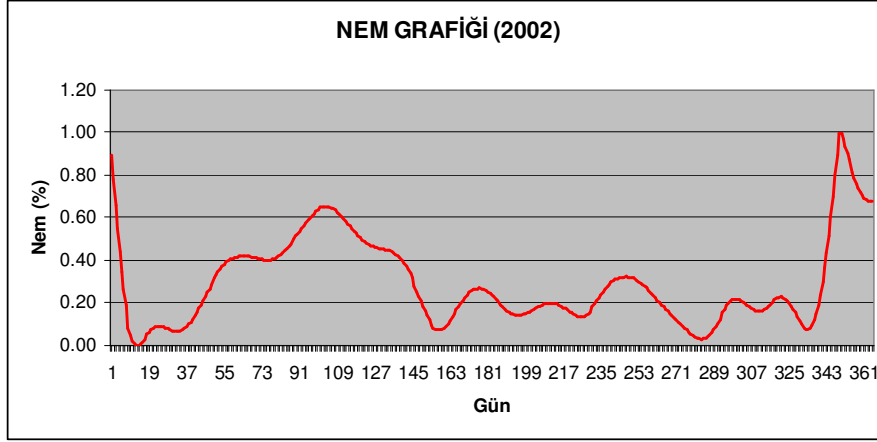
Burada NBSB algoritmasının değerlendirilmesi amacıyla elde edilen sonuçlar açıklanacaktır. Ayrıca algoritmanın etkinliğini belirlemek için elde edilen sonuçlar ORYÖS'e sadece YSA kullanılarak elde edilen sonuçlarla karşılaştırılacaktır.

Sonuçların değerlendirilmesi için algoritmanın YSA girişine, Antalya yöresine ait 2002 yılının sıcaklık, nem, rüzgâr, basınç, güneşlenme, yağış verileri sunulmuştur. Ayrıca bu meteorolojik değerler kullanılarak FWI katsayıları hesaplanmış ve bu katsayılardan FFMC, DMC ve DC algoritmanın NBS girişine sunulmuştur. 2002 yılı 365 günden oluştuğu için veri setinde her bir meteorolojik veri ve katsayılar için 365'er adet; toplamda 3285 adet veri bulunmaktadır. Şekil 5.8 (a), (b), (c), (d), (e), (f) (g) (h) ve (i) bu giriş verilerinden sıcaklık, nem, rüzgâr, basınç, güneşlenme, yağış verileri filtrelenmiş ve minimize edilmiş haliyle, FFMC, DMC ve DC katsayıları ise minimize edilmiş haliyle grafik olarak verilmiştir.

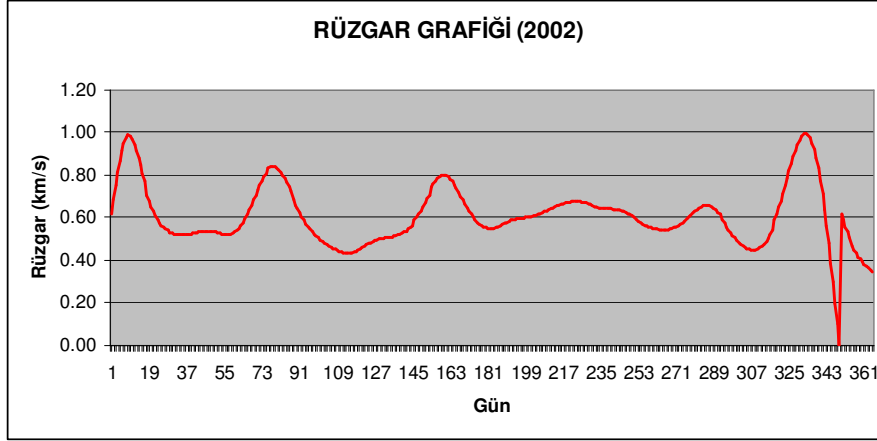


(a)

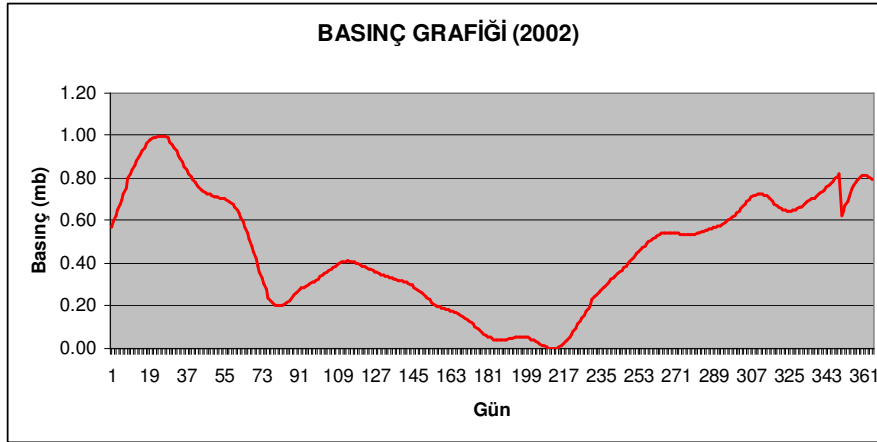
Şekil 5.8. Antalya yöresine ait 2002 yılının



(b)

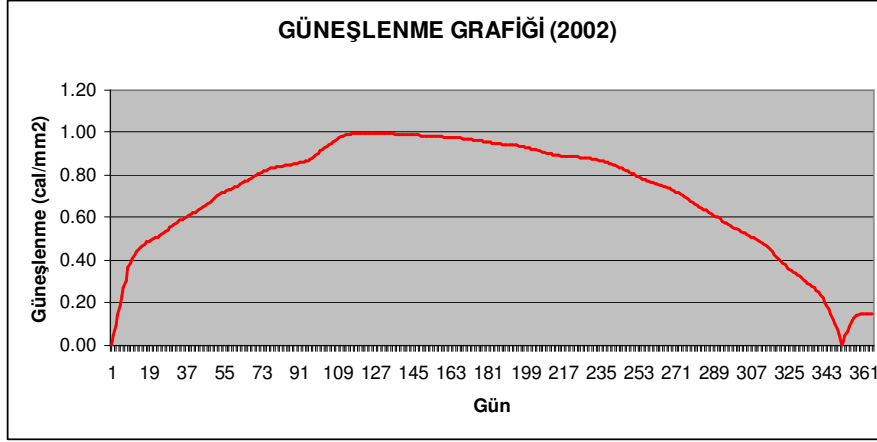


(c)

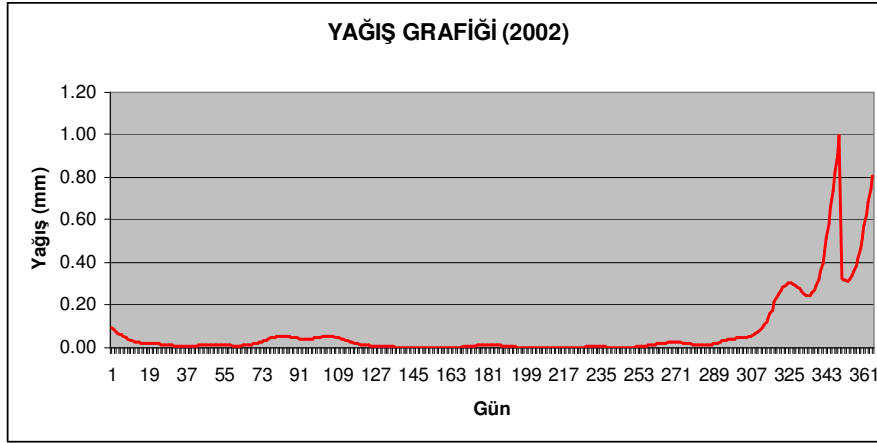


(d)

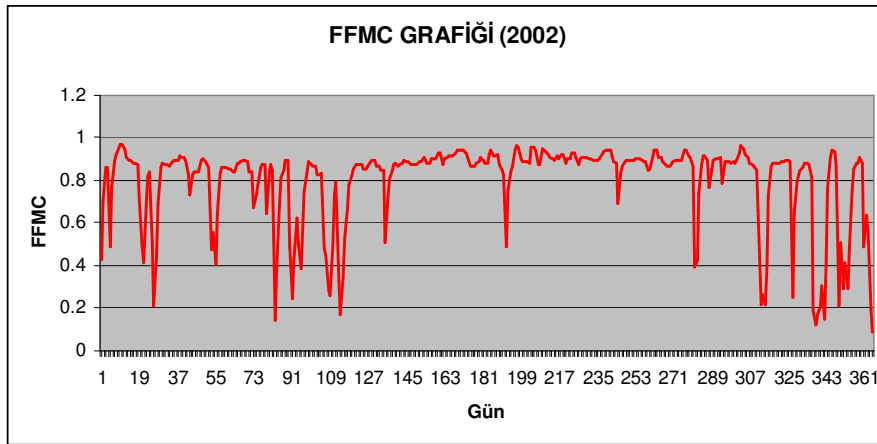
Şekil 5.8. (Devam) Antalya yöresine ait 2002 yılının



(e)

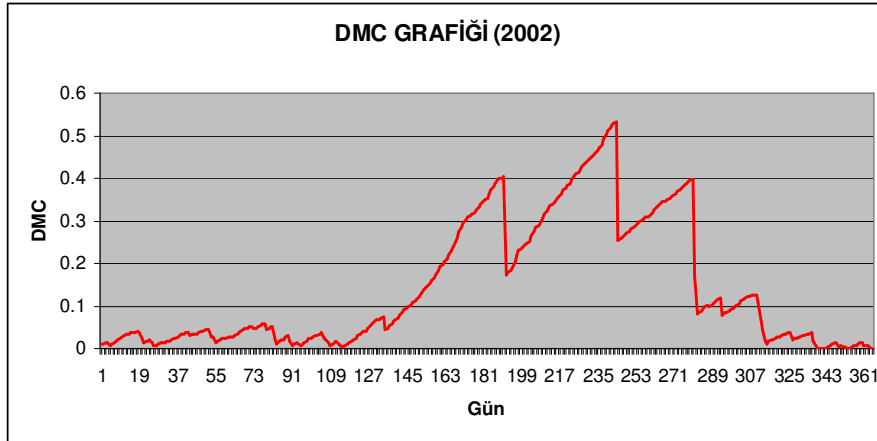


(f)

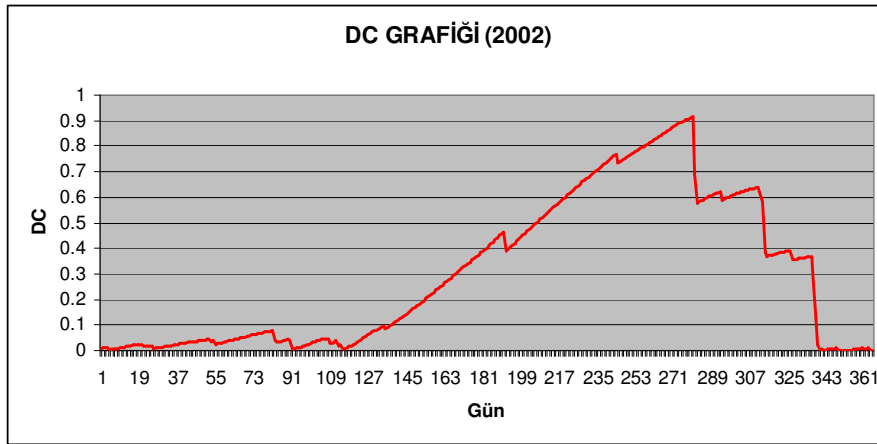


(g)

Şekil 5.8. (Devam) Antalya yöresine ait 2002 yılının



(h)



(i)

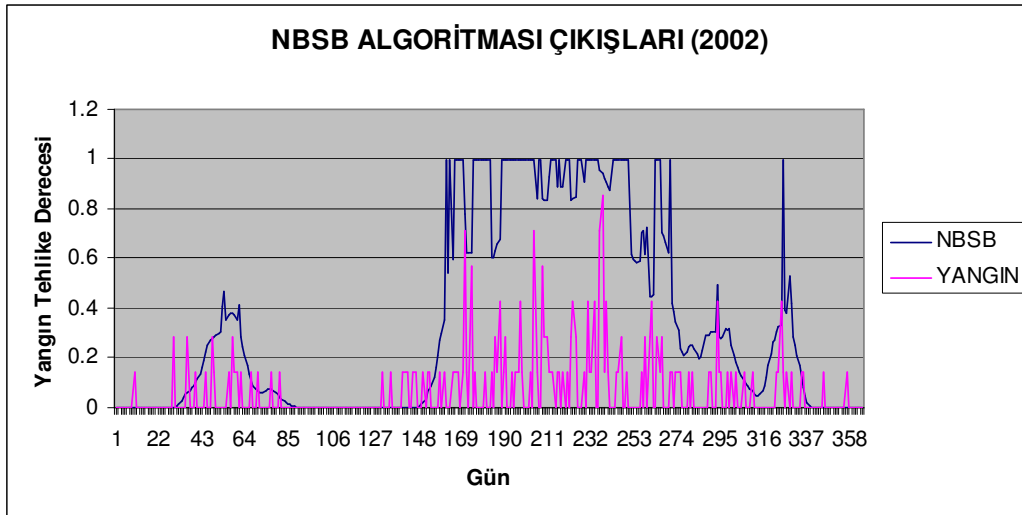
Şekil 5.8. (Devam) Antalya yöresine ait 2002 yılının a) Sıcaklık b) Nem c) Rüzgar d) Basınç e) Güneşlenme f) Yağış g) FFMC h) DMC i) DC grafikleri

Bu giriş verileri NBSB'ye uygulandıktan sonra çıkıştan yüzde olarak yangın tehlike derecesi elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara karşılaştırıldığında 365 gün olan 2002 yılı için NBSB algoritmasının toplam 246 günde YSA'dan daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Ayrıca yangının meydana geldiği ve gelmediği günler için her iki algoritmanın ürettiği sonuçların ortalaması alınmıştır. Yangının meydana geldiği günler için NBSB algoritmasının ürettiği çıkışların ortalaması 55,07 iken YSA'nın ürettiği çıkışların ortalaması 48,88'dir. Yangının meydana gelmediği günler için NBSB algoritmasının ürettiği çıkışların ortalaması 24,24 iken YSA'nın ürettiği çıkışların

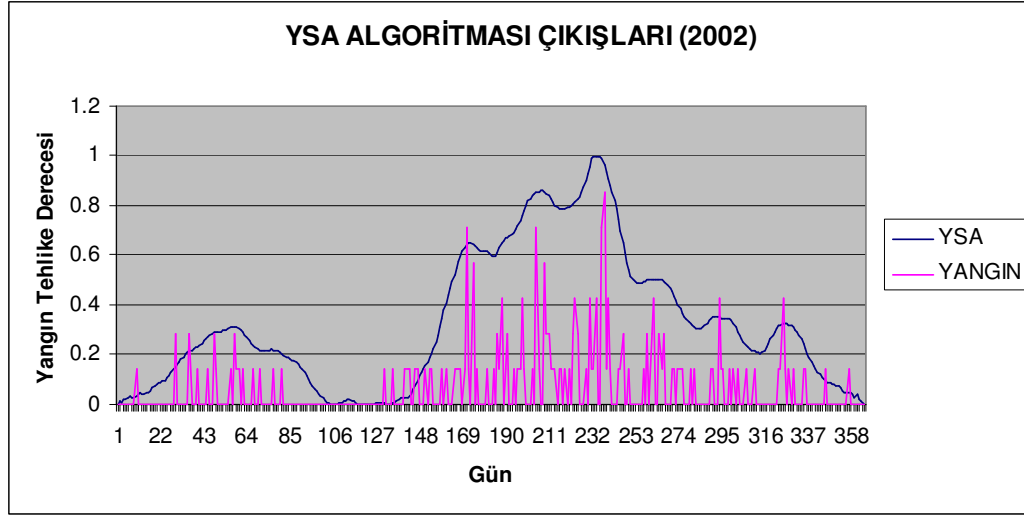
ortalaması 25,32'dir. NBSB ortalamasının yangının meydana geldiği günler için daha yüksek, yangının meydana gelmediği günler için daha düşük olması ise onun YSA'ya göre daha güçlü, doğru, kararlı ve hata oranı daha az sonuçlar ürettiğini göstermektedir.

Şekil 5.9–Şekil 5.13 arasında 2002-2006 yılları için Şekil 5.9.a–Şekil 5.13.a'da NBSB algoritmasından elde edilen çıkış verileri o güne ait meydana gelen yangın olaylarının sayısı ile aynı grafikte olacak şekilde, Şekil 5.9.b–Şekil 5.13.b'de ise aynı sisteme sadece YSA uygulanması durumunda elde edilen çıkış verileri o güne ait meydana gelen yangın olaylarının sayısı ile aynı grafikte olacak şekilde verilmiştir.



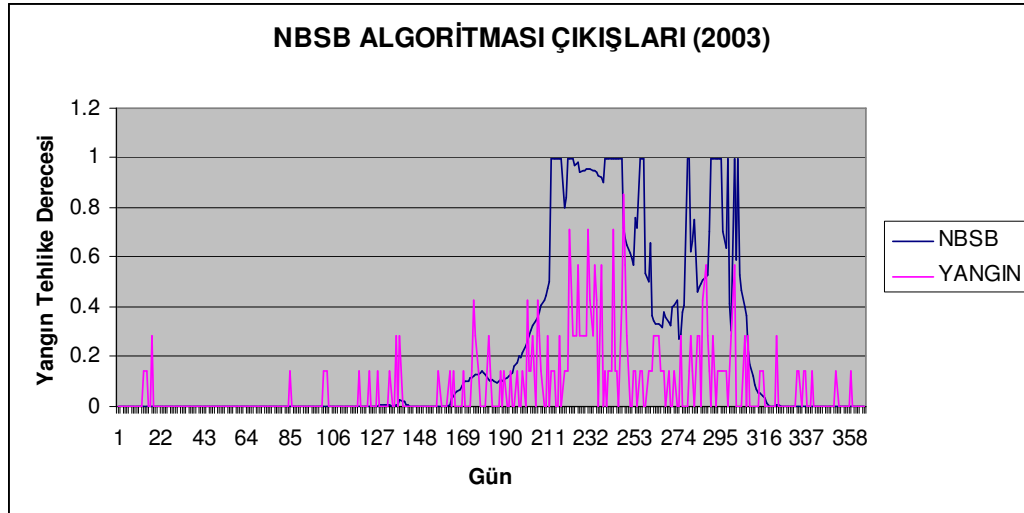
(a)

Şekil 5.9. 2002 yılı için



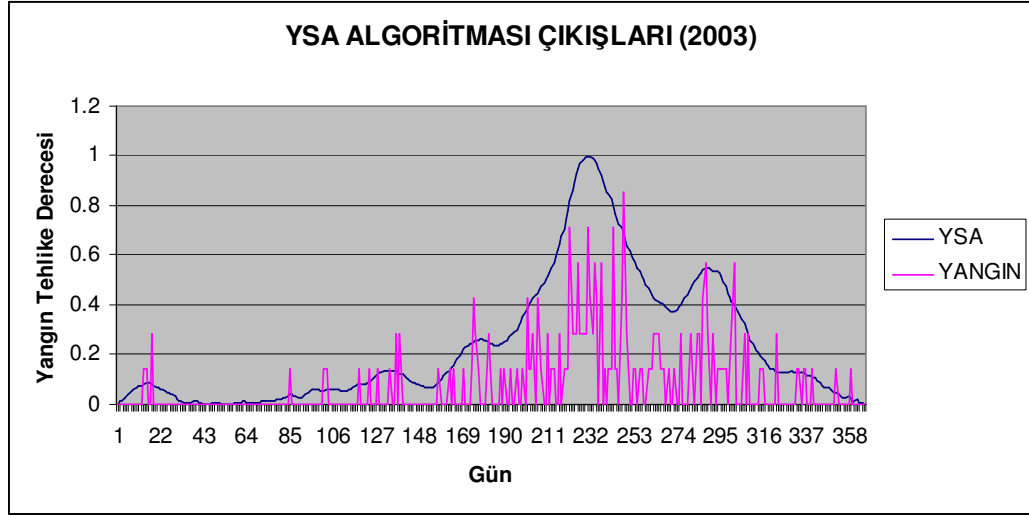
(b)

Şekil 5.10. (Devam) 2002 yılı için a) NBSB algoritması b) YSA algoritması tarafından üretilen yangın tehlike derecesi çıkışları



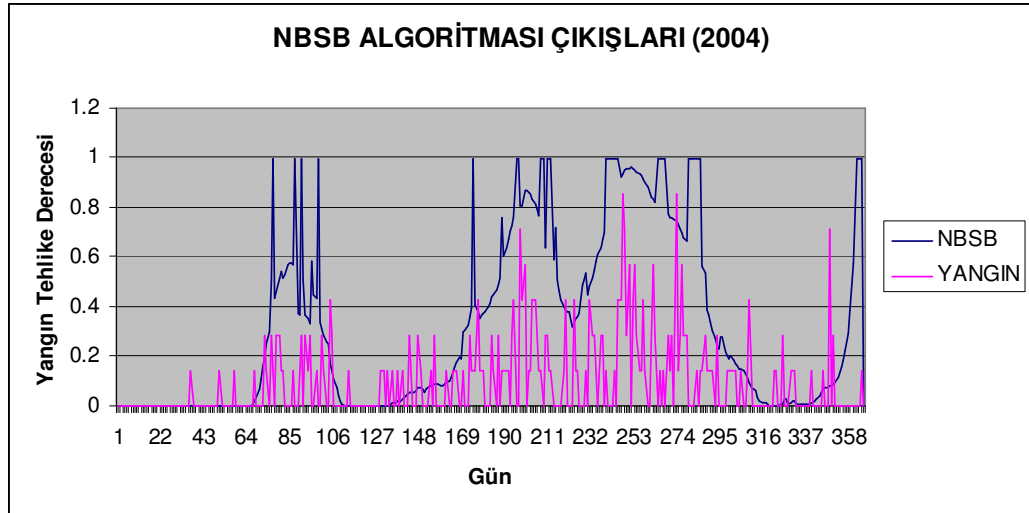
(a)

Şekil 5.11. 2003 yılı için



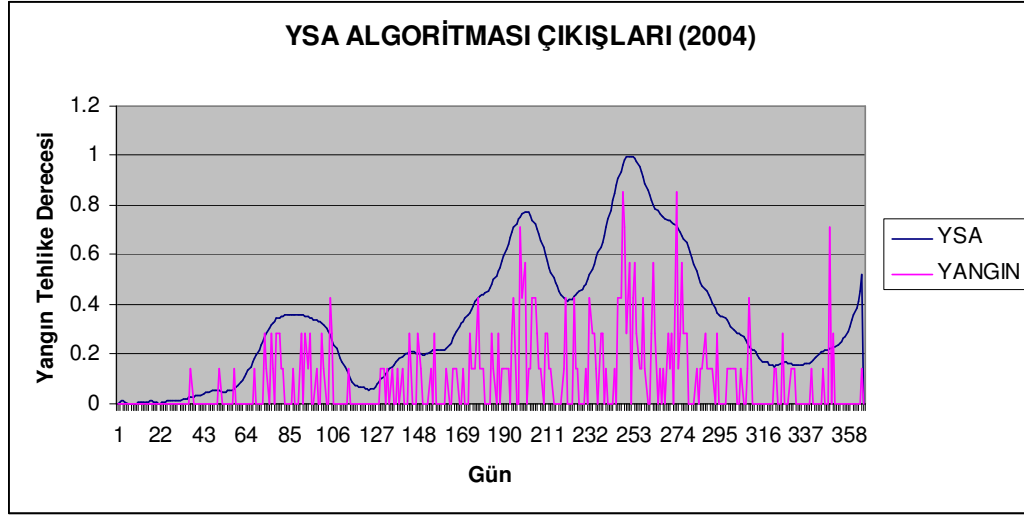
(b)

Şekil 5.12. (Devam) 2003 yılı için a) NBSB algoritması b) YSA algoritması tarafından üretilen yangın tehlike derecesi çıkışları



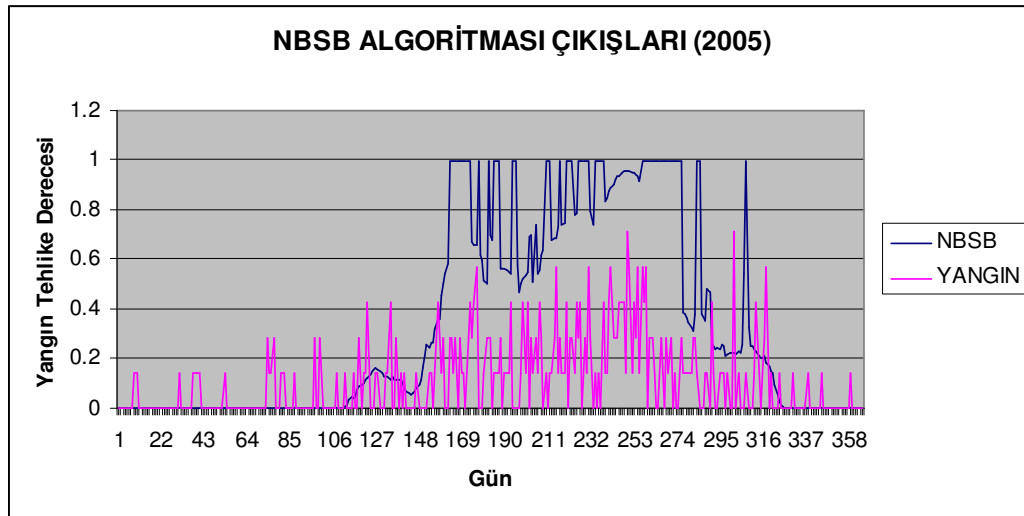
(a)

Şekil 5.13. 2004 yılı için



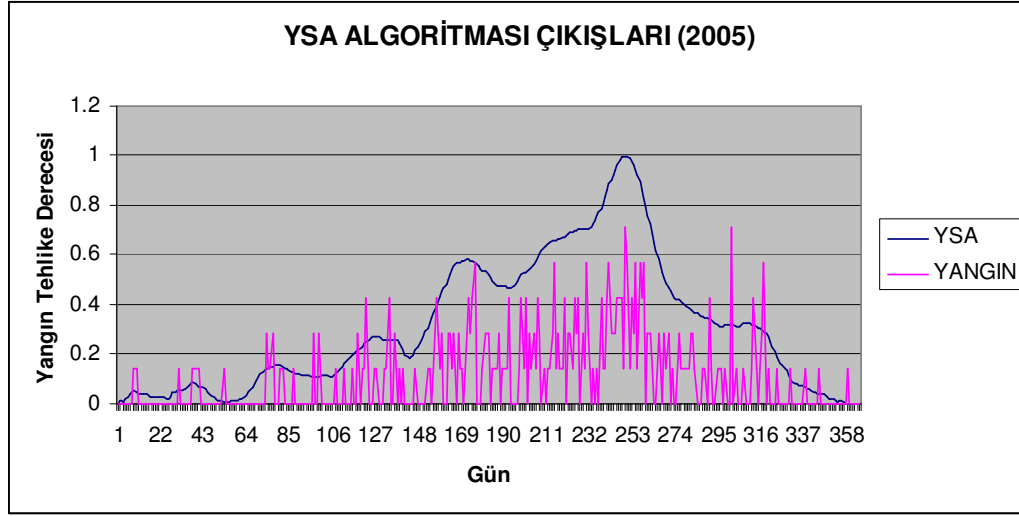
(b)

Şekil 5.14. (Devam) 2004 yılı için a) NBSB algoritması b) YSA algoritması tarafından üretilen yangın tehlike derecesi çıkışları



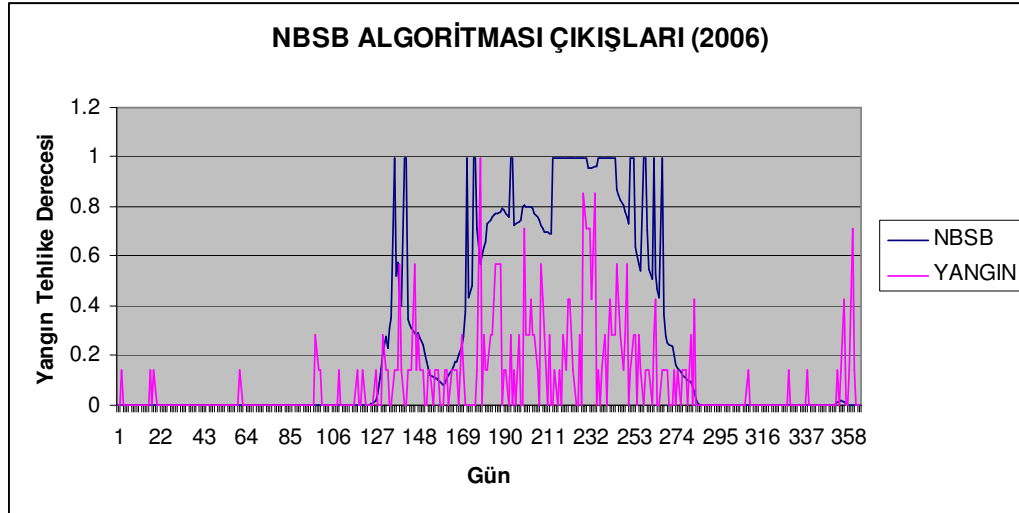
(a)

Şekil 5.15. 2005 yılı için



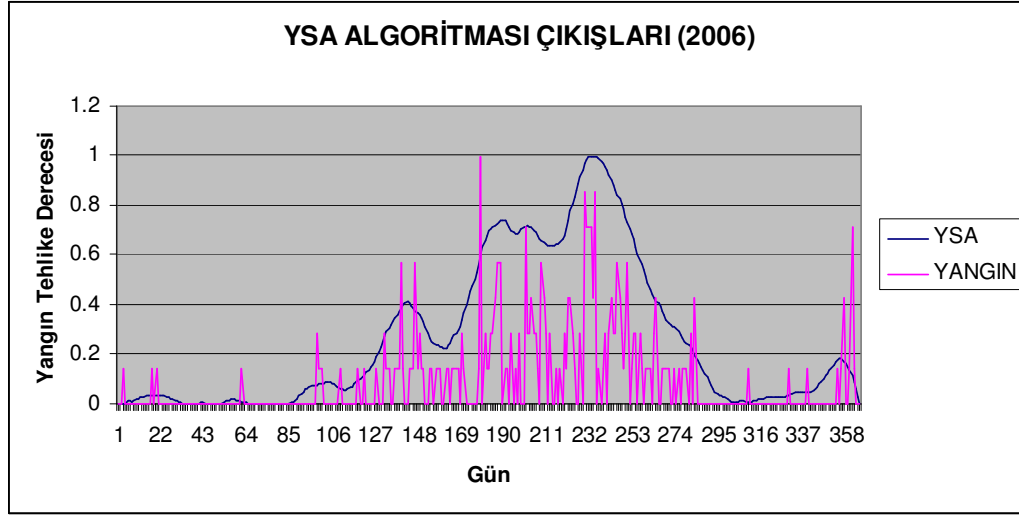
(b)

Şekil 5.16. (Devam) 2005 yılı için a) NBSB algoritması b) YSA algoritması tarafından üretilen yangın tehlike derecesi çıkışları



(a)

Şekil 5.17. 2006 yılı için



(b)

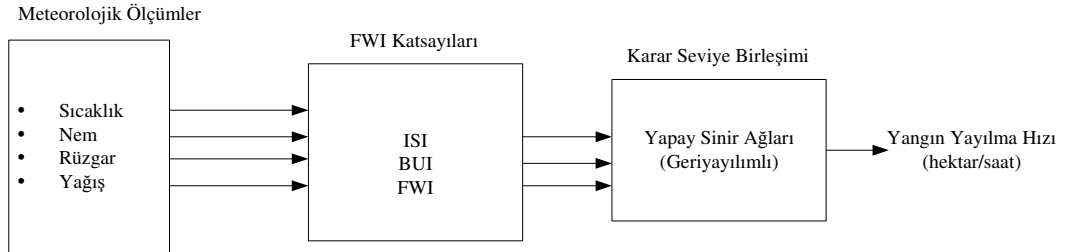
Şekil 5.18. (Devam) 2006 yılı için a) NBSB algoritması b) YSA algoritması tarafından üretilen yangın tehlike derecesi çıkışları

Şekil 5.9–Şekil 5.13 arasındaki grafiklerde koyu mavi renkli çizgiler algoritmalar tarafından üretilen yangın tehlike derecesi çıkışlarını, kırmızı renkli çizgiler ise o günlerde meydana gelmiş gerçek yangın sayısı çıkışlarını göstermektedir. Grafiklerde çok sayıda yangın olayının meydana geldiği günlere bakılırsa NBSB algoritması YSA’ya göre daha yüksek dereceli sonuçlar üretirken, az sayıda yangın olayının meydana geldiği ya da yangın olayının meydana gelmediği günlerde sıfıra daha yakın derecelerde sonuç üretmekte olduğu görülmektedir. Aslında grafiklerden çıkarılacak bir başka sonuç da şudur ki; YSA algoritması yangın olayının meydana gelebileceği günleri doğru bir şekilde tahmin ederken, bu tahminin NBS destekli BA’dan geçirilmesi sonucun düşük değerler için daha düşük, yüksek değerler için daha yüksek derecelere çekilmesini sağlamaktadır.

5.2.3. Yangının yayılma hızının tahmininde kullanılan algoritmasının yapısı

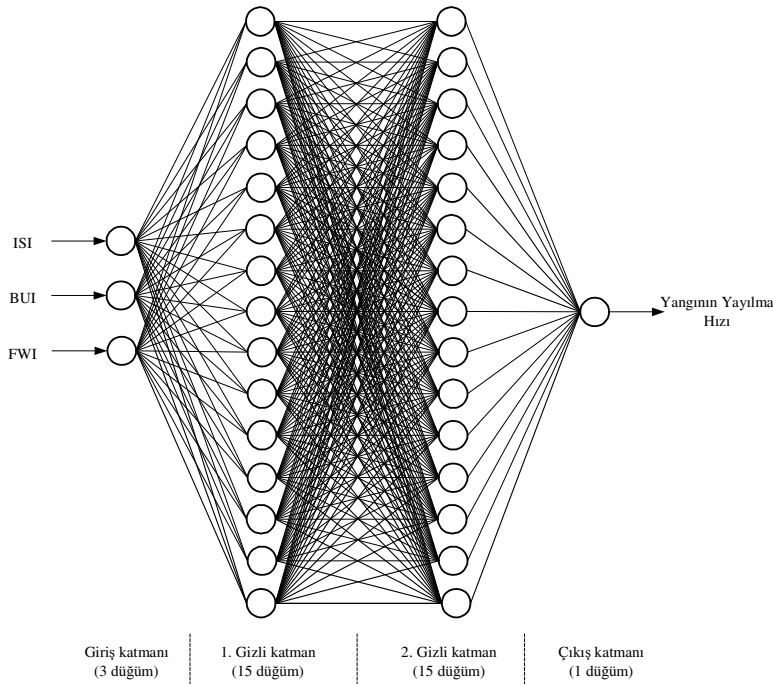
Tasarlanan algoritmanın bu bölümünde henüz meydana gelmiş bir yangının davranışı hakkında değerlendirme yapılır. Algoritmada yangının yayılma hızı hakkında tahminde bulunmak için YSA tekniği kullanılmıştır. Bu yapı veri birleştirme

sürecinde tehdit değerlendirmesi olarak bilinen işlemi gerçekleştirmektedir. Algoritmanın bu bölümü Şekil 5.14’de gösterilmiştir.



Şekil 5.19. Yangın davranış göstergesi algoritmasının yapısı

Kullanılan YSA modeli, daha önce anlatılan NBSB’de kullanılan model ile aynıdır. Yani algoritmanın bu bölümünde de danışmanlı öğrenme modeline sahip geriyayılımlı ağ yapısı kullanılmıştır. Ağ yapısı bir giriş katmanı, iki gizli katman ve bir çıkış katmanından oluşacak şekilde belirlenmiştir. Şekil 5.15’de belirlenen bu YSA yapısı gösterilmiştir. ISI, BUI ve FWI katsayıları yangının davranışı hakkında bilgi verdikleri için YSA’nın girişi olarak seçilmişlerdir.



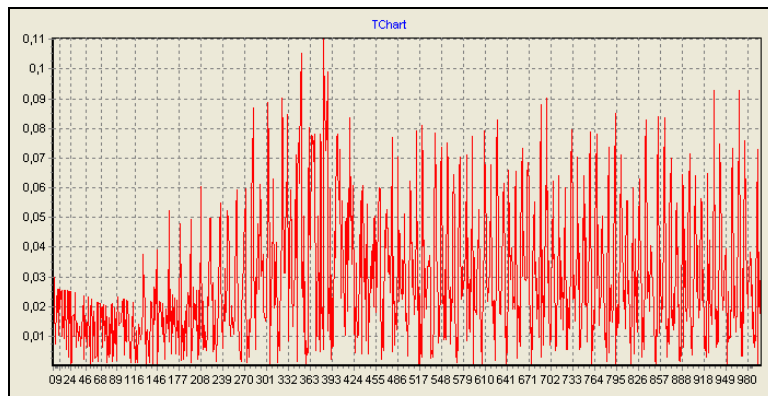
Şekil 5.20. Yangın davranışını tahmin etmek için kullanılan YSA ağ yapısı

YSA ağ yapısının giriş katmanında 3 adet FWI katsayı verisi (ISI, BUI, FWI) olduğu için 3 adet düğüm vardır. Birinci ve ikinci gizli katmanlarda 15 adet, çıkışta ise 1 adet düğüm vardır. Her bir sinirin çıkışı ağırlıklar üzerinden bir sonraki katmandaki sinirin girişi olarak bağlanmıştır. Aynı zamanda her sinire bir eşik değeri ekleyerek ağın daha hızlı öğrenmesi ve öğrenme kapasitesinin artırılması sağlanmıştır. Her bir katmandaki sinirin çıkışında hiperbolik tanjant sigmoid etkinlik işlevi kullanılmıştır.

Yukarıda gösterilen YSA'nın eğitimi için danışmanlı öğrenme modeli kullanılmıştır. Eğitim aşamasında 2002-2006 yılları arasındaki sıcaklık, nem, rüzgar ve yağış verilerinden hesaplanan ISI, BUI ve FWI katsayıları giriş veri kümesi olarak, bu değerlere karşılık aynı günlerde meydana gelmiş orman yangınlarının yayılma hızı (hektar/saat) ise çıkış veri kümesi olarak kullanılmıştır.

Eğitim sürecinde kullanılan momentum ve öğrenme katsayılarının değeri çeşitli denemeler sonucunda 0,025 olarak belirlenmiştir.

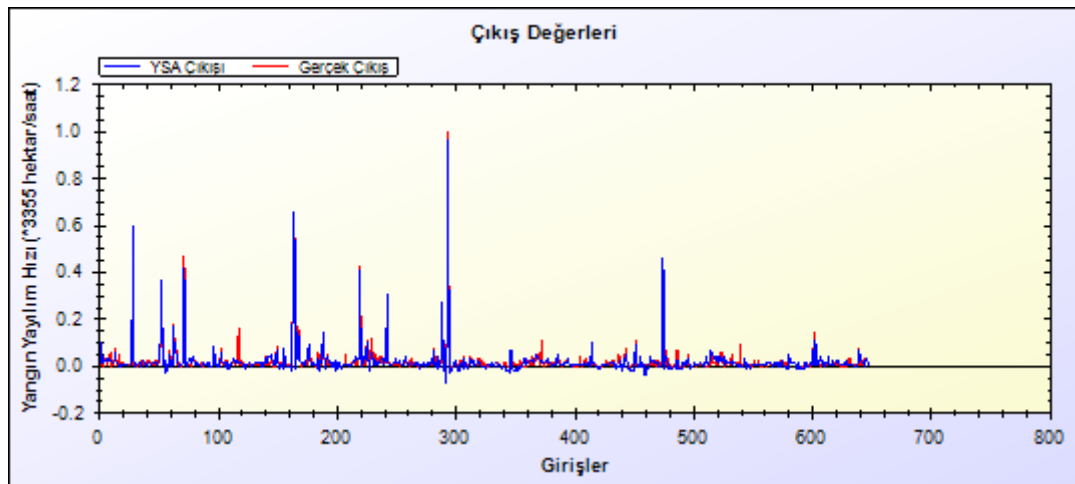
Yukarıda anlatılan YSA yapısı ve katsayıları belirlendikten sonra eğitim gerçekleştirilmiştir. Eğitim aşadaki toplam hata değeri kabul edilebilir bir seviyeye (0,04) düşünceye kadar devam etmiştir. Bu süreç Centrino Core 2 Duo 2,2 GHz işlemcili bir bilgisayarda 3,5 saat kadar sürmüştür. Eğitim tamamlandıktan sonra elde edilen ağırlık değerleri bir veritabanına kaydedilmiştir. Eğitim tamamlandıktan sonra aşadaki toplam hatayı gösteren grafik Şekil 5.16'da verilmiştir.



Şekil 5.21. Eğitim yapıldıktan sonraki (%) YSA hataları

YSA'nın öğrenme durumunu görebilmek için eğitime verilen 2002-2006 yılları arasında meydana gelmiş toplam 648 adet yangının yayılma hızı değerleriyle YSA'nın eğitimi sonrası elde edilen çıkış değerleri (2002-2006 yılları arasında orman yangını vakası görülen günlere ait ISI, BUI, FWI verilerinin giriş olarak kullanılıp YSA'dan alınan çıkışlar) Şekil 5.17'de gösterildiği gibi karşılaştırılmıştır.

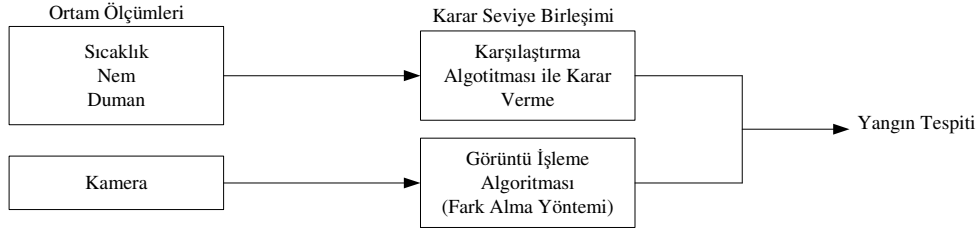
Şekil 5.22'den eğitimin verimli bir şekilde yapıldığı görülmektedir. Bundan sonra veritabanına kaydedilen ağırlık değerleri kullanılarak o gün için hesaplanan ISI, BUI ve FWI değerleri YSA'ya giriş olarak sunulur ve bu girişler sadece ileriye doğru yayılarak, yangının yayılma hızı hektar/saat cinsinden çıkıştan elde edilir.



Şekil 5.22. Gerçek çıkış ve YSA çıkışlarının karşılaştırılması

5.2.4. Yangın tespiti algoritması

Tasarlanan algoritmanın tespit bölümünde, henüz başlamış bir orman yangınının otomatik olarak ivedilikle tespit edilmesi vardır. Algoritmanın bu bölümü Şekil 5.18'de gösterilmiştir.



Şekil 5.23. Otomatik yangın tespiti algoritması

Şekil 5.18’den görüldüğü gibi yangının tespiti iki farklı algoritmayla yapılmaktadır. Bunlardan ilki, gözlenecek ormanlık alana kurulan kulenin tepesine yerleşik CCD kameradan alınan görüntülerle, diğeri ise ormanlık alana dağıtılan kablosuz sensör ağlarından elde edilen verilerle gerçekleştirilir. Her iki sistemde bireysel olarak gözlenen alanda bir orman yangını vakası olup olmadığı hakkında bilgi üretir. Eğer gözlenen alanda bir yangın başladıysa, bu durumu algılayan sistem alarm verir. Burada iki sistemi kullanmaktaki amaç birbirlerinin eksiklerini tamamlayarak sistemin güvenilirliğini artırmak ve yanlış alarm durumlarını en aza indirmektir. Aşağıda her iki algoritma ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Görüntü işleme algoritmasıyla otomatik yangın tespitinin yapılması

Sistemin bu boyutunda CCD kameradan elde edilen görüntüler birleşim bilgisayarına aktarılır. Aktarma işlemi WiMAX sistemi üzerinden TCP-IP protokolüyle yapılır. Haberleşme işlemi 6. bölümde ayrıntılı olarak anlatılacaktır. Merkezi bilgisayara gelen görüntüler burada görüntü işleme algoritmasından geçirilerek gözlenen ormanlık alanda bir yangının başlayıp başlamadığı tespit edilir. Aşağıda bu görüntü işleme algoritması açıklanmıştır.

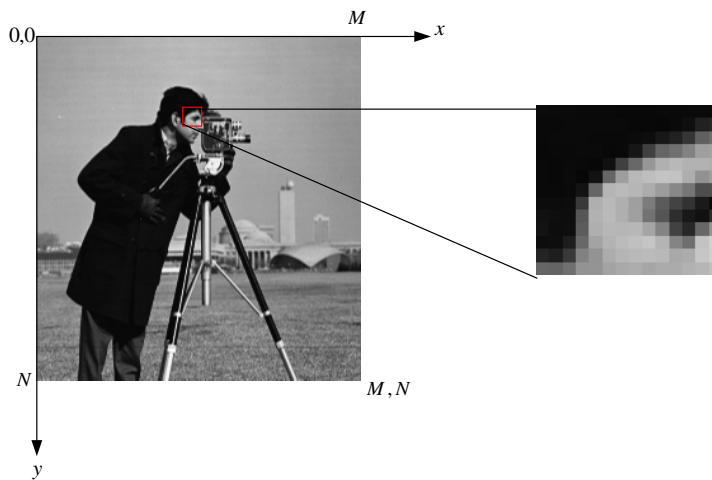
Görüntü işleme algoritması:

Yangının tespitini otomatik olarak gerçekleştirecek görüntü işleme algoritması gündüz vakitlerinde duman algılama, gece vakitlerinde ise yangın ateşini algılama prensibine göre çalışmaktadır. Birleşim bilgisayarına gelen kamera görüntülerinin her 5 saniyede bir jpg formatında resmi alınır. Görüntü işleme algoritmasının

temelinde ardı ardına alınan bu sayısal görüntüler arasındaki farkın belirlenmesi vardır. Böylece gündüz vakitleri için yeni başlamış bir yangın tarafından ortaya çıkan duman, bir önceki resimde olmadığı için fark olarak algılanacaktır. Aynı şekilde gece vakitleri için yeni başlamış bir yangının alevi, bir önceki resimde olmadığı için fark olarak algılanacaktır. Bu işlem sürekli olarak birleşim bilgisayarı tarafından yapılmaktadır. Böylece ardışık resimler arasında herhangi bir fark algılanması durumunda, birleşim bilgisayarı otomatik olarak alarm verecektir. Aşağıda sayısal görüntü işleme yöntemiyle fark alma işleminin nasıl yapıldığı anlatılmıştır.

Sayısal görüntü işleme

Görüntü, iki boyutlu x, y uzay koordinatlarında bir $f(x, y)$ olarak tanımlanan ışık yoğunluk fonksiyonudur. Burada x, y değerleri ve fonksiyon genlikleri sonlu ve tamsayı ise bu görüntü, sayısal görüntü olarak adlandırılır. Dolayısıyla, her sayısal görüntü sonlu sayıda kendine özel bir yeri ve değeri olan, piksel diye ifade edilen elemandan oluşur. Sayısal görüntü, Şekil 5.19’te gösterilen m satır indisi, n sütun indisi olmak üzere $m \times n$ adet pikselden oluşmuş bir matris olarak tanımlanır. Bu matrisin her bir elemanının sayısal değeri, kendisine karşılık gelen x, y koordinatlarındaki gri seviye değerine eşittir. Sayısal görüntülerin bilgisayar ile işlenmesine sayısal görüntü işleme denir.



Şekil 5.24. Sayısal bir görüntünün örneği

RGB Renk Modeli

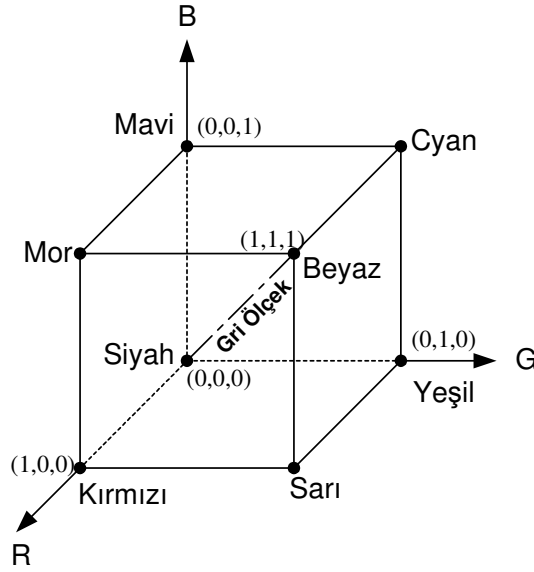
Bir ışık dalgasının görülebilir olması için elektromanyetik enerji spektrumunda yaklaşık 400 ile 700nm arasında dar frekans grubunda olması gerekmektedir. İnsan, tüm renkleri üç ana renkler olan kırmızı(R), yeşil(G) ve mavi(B)'nin değişebilir birleşimleri olarak görür. CIE (Commission Internationale de Eclairgoe) komisyonu 1931'de ana renklere aşağıdaki özel dalga boyu değerlerini belirleyerek standartlaştırmışlardır.

Mavi = 435,8 nm

Yeşil = 546,1 nm

Kırmızı = 700,0 nm

RGB $\in [0-1]$ renk uzayı içerisinde her bir eksenin ana renklerden birini temsil ettiği üç boyutlu birim küp olarak Şekil 5.20'de gösterildiği gibi düşünülebilir. Böylelikle ana renkler kırmızı = (1,0,0), yeşil = (0,1,0), mavi = (0,0,1)' dir. RGB ikincil renkleri cyan= (0,1,1), mor= (1,0,1) ve sarı= (1,1,0)'dir. RGB renk küpünün (0,0,0) koordinatı siyah, (1,1,1) koordinatı beyaz renklerini temsil etmektedir. RGB renk sisteminin doğasında eklenen renklerin görüntüyü nasıl daha parlak yaptığı konusunda toplamsal olması yatmaktadır. Şekildeki gri ölçek ise, bu iki noktayı birleştiren hat boyunca siyahtan beyaza uzanır.



Şekil 5.25. RGB renk küpü

Fark alma yöntemi

Algoritmadaki fark alma işleminde Şekil 5.20’de gösterilen renk küpünden yararlanılmıştır. Yeni çekilen bir resim bir önceki resimle karşılaştırılırken her iki resimdeki her bir pikselin R-G-B değerleri bulunur. Daha sonra resimdeki her bir piksel için bu değerlerin farkları hesaplanır. Bu durum matematiksel olarak Eş. 5.20-Eş. 5.22’de gösterildiği gibi ifade edilebilir.

$$\Delta R(x, y) = R_t(x, y) - R_{t-1}(x, y) \quad (5.20)$$

$$\Delta G(x, y) = G_t(x, y) - G_{t-1}(x, y) \quad (5.21)$$

$$\Delta B(x, y) = B_t(x, y) - B_{t-1}(x, y) \quad (5.22)$$

Eş. 5.20’de $\Delta R(x,y)$ iki resmin (x,y) pikseli için R değerleri farkını, $\Delta G(x,y)$ G değerleri farkını ve $\Delta B(x,y)$ B değerleri farkını gösterir. $R_t(x,y)$ ise farkı alınacak resmin x ve y pikseli için R değerini gösterirken $R_{t-1}(x,y)$ bir önceki resmin x ve y pikseli için R değerini gösterir. Aynı ifade G ve B değerleri için de geçerlidir.

Resmin her bir pikseli için R, G ve B fark değerleri bulunduğundan sonra, ilgili pikselin toplam fark değeri Eş. 5.23’de gösterildiği gibi hesaplanır.

$$TF(x, y) = \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{\Delta R^2 + \Delta G^2 + \Delta B^2} \quad (5.23)$$

Pikselin toplam fark değerinin ($TF(x,y)$) hesaplanmasının ardından bu fark değeri bir eşik değeriyle karşılaştırılır. Eğer $TF(x,y)$ değeri bu eşik değeri geçiyorsa veya eşitse yeni resimdeki (x,y) pikselinin bir önceki resmin (x,y) pikselinden farklı olduğu kararına varılır ve o pikselin farklı olduğunu belirtmek için pikselin rengi tamamıyla kırmızı ($P(x,y)=(1,0,0)$) yapılır. Eğer eşik değerini aşmıyorsa pikselin değeri aynı kalır. Bu durum matematiksel olarak Eş. 5.24’de gösterilmiştir.

$$P(x, y) = \begin{cases} P(x, y) = (1,0,0), & TF(x, y) \geq \theta \\ P(x, y) = P(x, y), & TF(x, y) < \theta \end{cases} \quad (5.24)$$

Eş. 5.24’de $P(x,y)$ yeni resmin (x,y) pikselinin renk değerini, θ ise fark almada kullanılan eşik değerini gösterir. Buradaki eşik değerinin çok düşük olması farkın algılanmasını zorlaştırırken, hataya sebebiyet verebilecek ufak değişiklikleri yok eder. Bunun yanında çok büyük eşik değerleri ise farkın kolay algılanmasını sağlarken yanlış alarm verilmesine neden olur. Bu yüzden eşik değeri yanlış alarm üretilmesine veya farkın algılanmamasına neden olamayacak büyüklükte seçilmelidir. Bu çalışmada eşik değeri çeşitli denemeler sonucunda 0,04 olarak belirlenmiştir. Fark alma algoritmasında yukarıda anlatılan bu işlem yeni resmin her bir pikseli için yapılır ve sonuçta yeni resim ile bir önceki resim arasındaki fark toplam olarak bulunmuş olur.

Tasarlanan görüntü işleme algoritmasının etkinliğini test etmek amacıyla ormanlık bir alanda yangın benzetimi yapılmış ve sabit bir kamera ile yangın süreci kaydedilmiştir. Daha sonra yangın durumunun olmadığı bir görüntüyle, yangın

başladıktan sonraki görüntü karşılaştırılmış ve farkı alınmıştır. Resim 5.1’de deneyi yapılan bu görüntüler gösterilmiştir.



(a)



(b)

Resim 5.1. Deney amacıyla benzetimi yapılan a) yangın olmayan durum b) yangın durumu görüntüleri

Resim 5.1.a’da yangın olmayan durum, Resim 5.1.b’de yangın durumu gösterilmiştir. Resim 5.2’de ise bu resimlerin görüntü işleme algoritmasından geçirildikten sonra bulunan fark ve alarm durumu gösterilmiştir.



Resim 5.2. İki resmin farkı alındıktan sonra dumanın algılanması ve yangın tespiti

Resim 5.2’de görüldüğü gibi yangın durumunun olduğu ve olmadığı resim örneklerinin farkı alınmış ve yangın durumunda meydana gelen duman fark olarak belirlenmiştir. Resimdeki farklı pikseller kırmızı renkle gösterilmiştir. Sistemin alarm durumuna geçmesi için farklı piksellerin sayısının 500 olması gerekmektedir. Bu örnekte fark olarak algılanan piksellerin toplam sayısı 360 050’dir.

5.2.5. Algılayıcı ağları ve karşılaştırma algoritması ile karar verme

ORYÖS’de kablosuz algılayıcı ağları ile yangının tespit edilmesi için ormanlık alana dağıtılacak algılayıcı düğümleri tasarlanmıştır. Bu algılayıcı düğümlerinin her birinde sıcaklık, nem ve duman algılayıcıları bulunmaktadır.

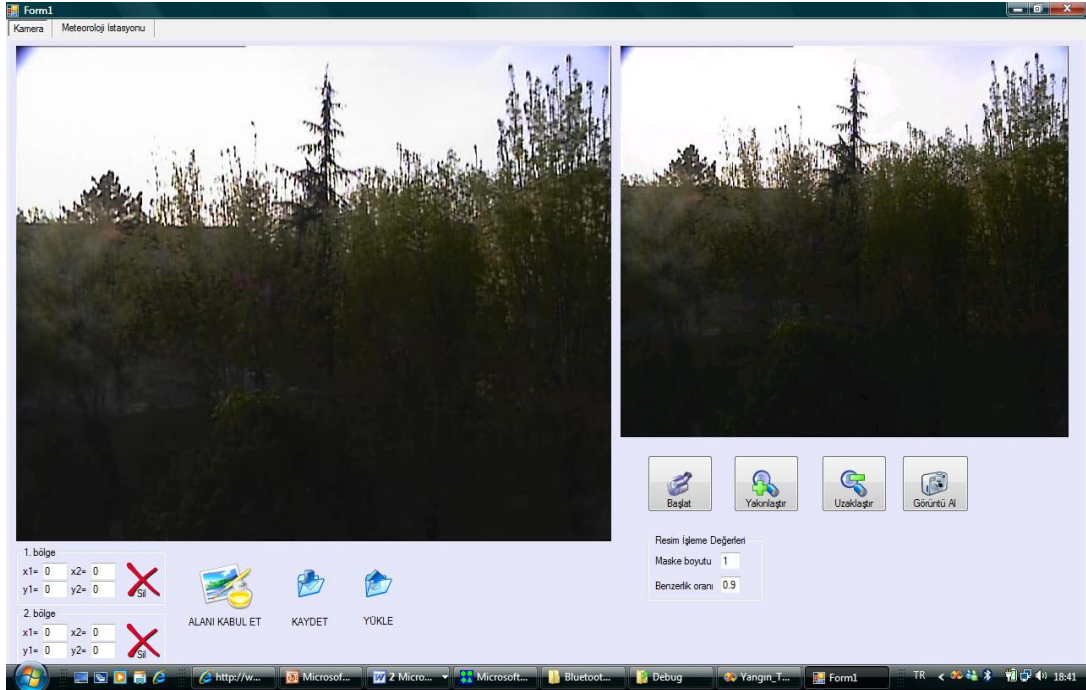
Algılayıcı düğümlerinden gelen veriler birleşim bilgisayarında karşılaştırma algoritmasından geçirilerek gözlenen alanda yangın tespiti yapılır. Karşılaştırma algoritması 1 dakika aralıklarla gelen verilerin farkını alır ve belirlenen bir eşik değeriyle karşılaştırır. Bu işlem her bir algılayıcı verisi için kendi içerisinde yapılmaktadır. Sıcaklık verileri örnek alınarak yapılan bu işlem Eş. 5.22’de verilmiştir.

$$Alarm(t) = \begin{cases} 1, & |S(t) - S(t-1)| \geq \theta_t \\ 0, & |S(t) - S(t-1)| < \theta_t \end{cases} \quad (5.22)$$

Eş. 5.22’de $Alarm(t)$; t anındaki anındaki alarm durumunu betimler. $S(t)$; t anındaki, $S(t-1)$ ise 1 dakika önce alınan $(t-1)$ anındaki sıcaklık verisini gösterir. Eğer bu sıcaklık verileri arasındaki fark θ_t eşik değerini arka arkaya 5 kez aşıyorsa gözlenen alanda yangın var demektir ve sistem alarm durumuna geçer. Bu çalışmada eşik değerleri; sıcaklık için 1, nem için 2 olarak belirlenmiştir. Duman algılayıcısı için eşik değeri belirlemeye gerek yoktur. Çünkü bu algılayıcı zaten dumanı algıladığında çıkışta seviyesini 1’e getirir.

5.3. ORYÖS İçin Geliştirilen İnsan/bilgisayar Arayüzü

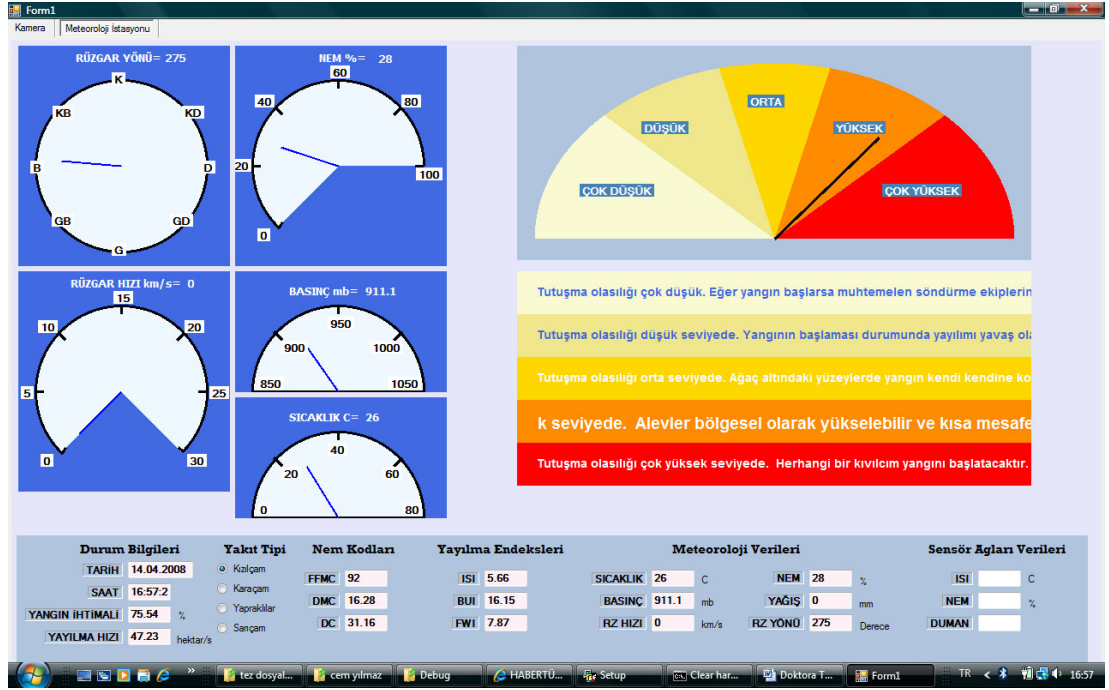
ORYÖS’ün merkezi gözlem biriminde bulunan bir operatör tarafından yönetilmesi gerektiğinden, sistemin takibinin yapılması amacıyla Visual C# programı kullanılarak bir arayüz hazırlanmıştır. Hazırlanan bu arayüzün tasarımı ORYÖS’de bulunan tahmin ve tespit boyutlarına uygun olacak şekilde yapılmıştır. Bu yüzden arayüz iki ana sayfadan oluşmaktadır. İlk sayfa sistemin tespit boyutuyla ilgilidir. Bu sayfada yangınının tespitini gerçekleştirmek için kullanılan kameranın denetimi ile ilgili işlemler yapılmaktadır ve görüntü işleme algoritmasından elde edilen sonuçlar gösterilmektedir. Resim 5.3’de sistemin tespit bölümü için tasarlanan arayüz sayfası gösterilmiştir.



Resim 5.3. Tespit boyutu için tasarlanan arayüz sayfası

Resim 5.3’de gösterilen sayfanın sağ tarafındaki nesne ile gözlenen alan canlı olarak izlenebilmektedir. Nesnenin altında bulunan düğmeler ise kameranın denetimini yapmaktadır. Operatör bu düğmeleri kullanarak kamerayı şüphe duyduğu bölgeye yakınlaştırabilir ve bölge hakkında daha ayrıntılı bilgi elde edebilir. Sayfanın sol tarafında bulunan nesnede ise görüntü işleme algoritmasından elde edilen sonuç gösterilmektedir. Eğer algoritma sonucunda gözlenen alanda yangın şüphesi oluşmuşsa, şüpheli bölge kırmızı renkle belirtilir.

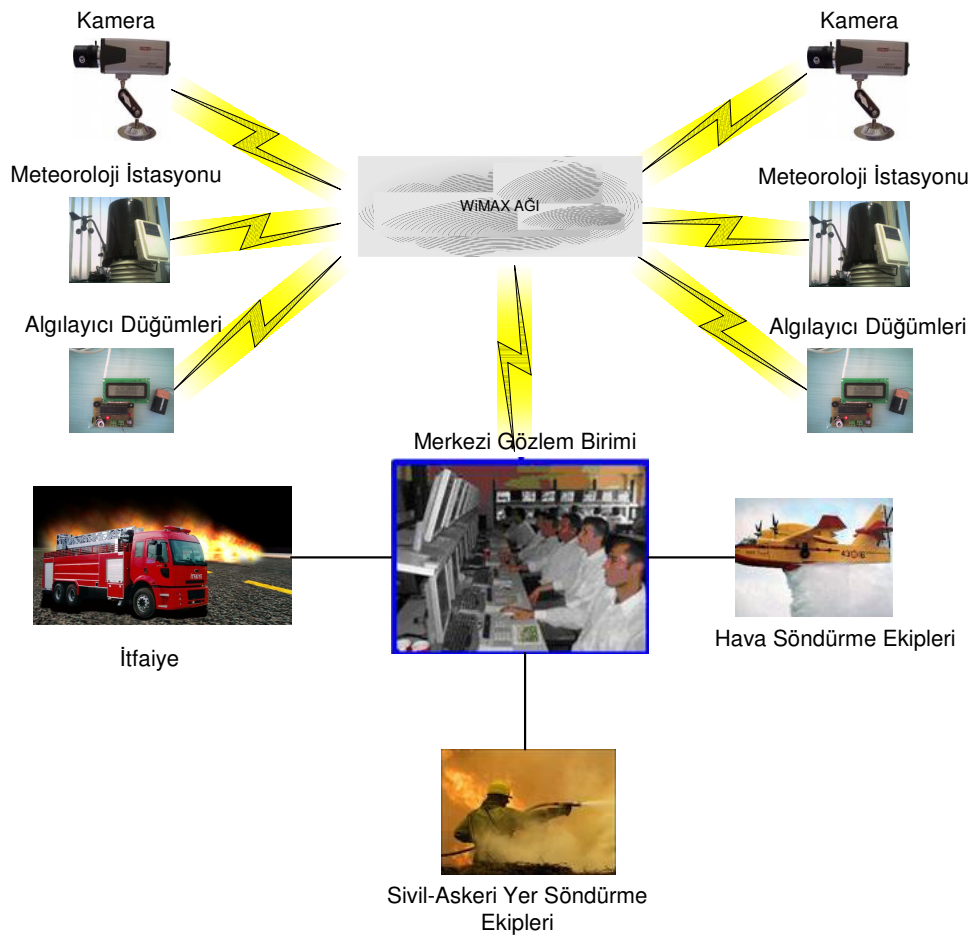
Resim 5.4’de ise sistemin tahmin boyutuyla ilgili olan arayüz sayfası gösterilmiştir. Bu sayfanın sol tarafında meteoroloji istasyonundan alınan anlık veriler analog ve sayısal kadranslarla gösterilmektedir. Sayfanın sağ tarafında ise YSA tahmin algoritmasından elde edilen sonuç analog bir gösterge ile belirtilir. Bu analog gösterge “Çok Az”, “Az”, “Fazla”, “Çok Fazla” ve “Aşırı” olmak üzere 5 bölüme ayrılmıştır. YSA’dan elde edilen çıkışa göre yangın durumu tehlike derecesi analog kadrans üzerinde gösterilir. Bu sayede operatör olası bir yangının oluşma ihtimali hakkında bilgi sahibi olduğu gibi yangının başlaması durumunda onunla savaşmak için strateji geliştirme şansına da sahip olacaktır.



Resim 5.4. Sistemin tahmin boyutuyla ilgili olan arayüz sayfası

6. ALGILAYICILAR VE HABERLEŞME

Bu bölümde tasarlanan veri birleştirme algoritmasını denemek amacıyla ORYÖS’de kullanılan algılayıcılar ve haberleşme sistemleri anlatılacaktır. Şekil 6.1’de ORYÖS’de bulunan algılayıcılar ve bu algılayıcılarla birleşim bilgisayarı arasında kullanılan haberleşme sistemleri gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Uygulama sisteminde kullanılan algılayıcılar ve haberleşme sistemi.

Şekil 6.1’de görüldüğü gibi uygulama sisteminde kullanılan algılayıcılar; CCD kamera, meteoroloji istasyonu ve sensör düğümlerinden oluşmaktadır. Daha önce 5. bölümde anlatıldığı gibi meteoroloji istasyonu, ORYÖS’ün tahmin boyutunda yer alan orman yangını tehlike derecesini ve yangının yayılma hızını belirlemek için gerekli olan giriş verilerini sağlarken, CCD kamera ve sensör düğümleri ise sistemin

tespit boyutundaki otomatik orman yangını tespitini gerçekleştirmek için gerekli olan verileri sağlar. ORYÖS’de bulunan bütün algılayıcılarla merkezi gözlem biriminde bulunan birleşim bilgisayarı arasında IEEE 802.16 haberleşme standardına sahip olan WiMAX kablosuz haberleşme sistemi kullanılmıştır. Aşağıda sistemde bulunan bu algılayıcıların özellikleri ve WiMAX haberleşme sistemi ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

6.1. Meteoroloji İstasyonu

ORYÖS’ün tahmin boyutunda bulunan algoritmaların girişleri sıcaklık, nem, rüzgâr, basınç, güneşlenme ve yağış verileridir. Bu verileri elde etmek için sıcaklık, nem, rüzgâr, basınç, güneşlenme ve yağış algılayıcılarını bünyesinde barındıran Davis Instruments firmasına ait Ventage Pro2 model adına sahip meteoroloji istasyonu seçilmiştir. Resim 6.1’de bu istasyonun resmi gösterilmiştir.



Resim 6.1. Davis Ventage Pro2 meteoroloji istasyonu

Resim 6.1’de gösterilen istasyonda bulunan algılayıcılar verilerini kablosuz olarak istasyonun konsoluna gönderir. LCD ekrana sahip konsolda bütün meteorolojik

veriler görülebilmektedir. Ayrıca konsolda bulunan veri toplayıcı (data logger) sayesinde veriler depolanabilmektedir. Konsol ile istasyon arasında 300 metreye kadar kablosuz iletişim yapılabilir ve tüm algılayıcılar güneş panelinden sağlanan enerji ile çalışmaktadır. Resim 6.2’de meteoroloji istasyonunun konsolu gösterilmiştir.



Resim 6.2. Meteoroloji istasyonu konsolu

Çizelge 6.1’de istasyonda bulunan algılayıcıların özellikleri verilmiştir.

Çizelge 6.1. Meteoroloji istasyonunda bulunan algılayıcıların özellikleri

Algılayıcı	Hassasiyet	Kesinlik	Ölçüm Aralığı
Barometrik Basınç	0.1mb	± 1.0 mb	880-1080 mb
Anemometre	$\pm 7^\circ$	1°	3-241 km/saat
Sıcaklık	0,1°C	$\pm 0,5^\circ\text{C}$	-40-65°C
Nem	%1	%5	%0-%100
Güneşlenme	1 W/m	$\pm 5\%$	0-2000 W/m
Yağış	0,2 mm	%4	0-9999 mm

Konsolun veri toplayıcısında bulunan veriler sadece seri haberleşme protokolüyle alınabilir. Ancak ORYÖS’ün tasarımı gereği konsol ile birleşim bilgisayarı

arasındaki iletişim WiMAX ağı üzerinden TCP-IP protokolü üzerinden yapılmalıdır. Bu yüzden seri haberleşme protokolünü TCP-IP protokole çevirecek bir çevirici kullanılmıştır. Kullanılan bu çevirici Resim 6.3’de gösterilmiştir.



Resim 6.3. Seri-TCP çevirici

Resim 6.3’de gösterilen bu çevirici sayesinde konsolun seri haberleşme protokolü olduğu gibi kullanılarak TCP-IP protokolü ile WiMAX ağı üzerinden gerekli haberleşme yapılabilir. Konsolun seri haberleşme değişkenleri şöyledir:

- 8 veri biti
- 1 başlama biti
- 1 durdurma biti
- Eşlik biti yok
- 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, ve 19200 byte/sn iletişim hızı seçeneği

Bu çalışmada 19200 byte/sn haberleşme hızı kullanılmıştır. Konsolda 132 KB’lık arşiv hafızası vardır ve bu hafızada 2560 adet veri paketi tutulabilir. Konsolda tutulan bu verilerin hepsi alınabileceği gibi anlık veriler de alınabilir. Bu çalışmada konsoldan birleşim bilgisayarına dakikada bir olmak üzere anlık veriler alınmıştır. Anlık verilerin alınması için “LOOP” veriden yararlanılır. Bir “LOOP” veri toplam 4 adet paketten oluşmaktadır. Birleşim bilgisayarından konsola “LOOP” komutu gönderildiğinde her 2 saniyede 1 paket konsol tarafından cevap olarak alınır. Her bir pakette 99 byte’lık meteorolojik veriler bulunmaktadır.

Bu veri paketinin alınması için gerekli olan protokol şöyledir;

> “LOOP 1” *LOOP* komutunu istasyona gönder

< <ACK> *Paketin istasyon tarafından gönderileceğini gösterir*

< 99 byte loop paketi (*gelen*)

İstasyon tarafından alınan 99 byte’lık bir adet loop paketinin içeriği Çizelge 6.2’de gösterilmiştir. Bu çalışmada Çizelge 6.2’de gösterilen loop veri paketi içeriğinde yer alan dış sıcaklık, dış nem, rüzgar hızı, rüzgar yönü, basınç ve günlük yağış verileri içerik numarası göz önünde tutularak paketten ayrıştırılmış ve gerekli birim dönüşümleri yapılarak veri birleştirme algoritmasında kullanılmıştır.

Çizelge 6.2. 1 adet Loop paketinin içeriği

Alan	Konum	Boyut (byte)	Açıklama
“L”	0	1	LOOP paketi tanımlar
“O”	1	1	
“O”	2	1	
“P”	3	1	
Paket Tipi	4	1	Değeri sıfırdır
Sonraki Kayıt	5	2	Bir sonraki veri paketinin yazılacağı arşiv hafızasının yeri
Basınç	7	2	Anlık basınç verisi değerini gösterir. Birimi Hg/1000’dir
İç Sıcaklık	9	2	Fahrenheit cinsinden ara modülün bulunduğu ortamın sıcaklık verisini gösterir.
İç Nem	11	1	% cinsinden ara modülün bulunduğu iç ortamın nem değerini gösterir
Dış Sıcaklık	12	2	Fahrenheit cinsinden istasyonun bulunduğu ortamın sıcaklık verisini gösterir.
Rüzgâr Hızı	14	1	Mil/saat cinsinden rüzgar hızı değerini gösterir
10 Dakikalık Ort. Rüzgâr Hızı	15	1	Mil/saat cinsinden 10 dakikalık ortalama rüzgar hızı değerini gösterir
Rüzgâr Yönü	16	2	0 ile 360° arasında rüzgar yönü değerini gösterir
Ek Sıcaklık	18	7	İstasyona bağlanabilecek 7 adet ek sıcaklık algılayıcısından gelen verileri gösterir
Toprak Sıcaklığı	25	4	İstasyona bağlanabilecek 4 adet toprak sıcaklık algılayıcısından gelen verileri gösterir
Yaprak Sıcaklığı	29	4	İstasyona bağlanabilecek 4 adet yaprak sıcaklık algılayıcısından gelen verileri gösterir
Dış Nem	33	1	% cinsinden istasyonun bulunduğu dış ortamın nem değerini gösterir
Ek Nem	34	7	İstasyona bağlanabilecek 7 adet ek nem algılayıcısından gelen verileri gösterir

Çizelge 6.2. (Devam) 1 adet Loop paketinin içeriği

Alan	Konum	Boyut (byte)	Açıklama
Yağış Oranı	42	2	İnç/saat cinsinden yağış oranını gösterir
Ultraviolet (UV)	43	1	UV indeks değerini gösterir
Solar Radyasyon	44	2	Watt/m ² cinsinden solar radyasyon değerini gösterir
Sağanak Yağış	46	2	İnç cinsinden sağanak yağış oranını gösterir
Sağanak Başlangıç Günü	48	2	Gün,Ay,Yıl cinsinden o anki sağanak yağışın başlama gününü gösterir
Günlük Yağış	50	2	İnç cinsinden günlük yağış oranı değerini gösterir
Aylık Yağış	52	2	İnç cinsinden aylık yağış oranı değerini gösterir
Yıllık Yağış	54	2	İnç cinsinden yıllık yağış oranı değerini gösterir
Günlük ET	56	2	İnç cinsinden günlük ET oranı değerini gösterir
Aylık ET	58	2	İnç cinsinden aylık ET oranı değerini gösterir
Yıllık ET	60	2	İnç cinsinden yıllık ET oranı değerini gösterir
Toprak Nemi	62	4	Centibar cinsinden toprak nem içeriğini gösterir
Yaprak Nemi	66	4	0 ile 15 arasında yaprağın nem oranını gösterir
İç Alarm	70	1	Ara modülün bulunduğu iç bölgedeki mevcut aktif alarm durumunu gösterir
Yağmur Alarmı	71	1	Mevcut aktif yağmur alarmı durumunu gösterir
Dış Alarm	72	2	İstasyonun bulunduğu dış bölgedeki mevcut aktif alarm durumunu gösterir
Ek Sıcaklık/Nem Alarmı	74	8	Ek olarak bağlanmış sıcaklık ve nem algılayıcıları için mevcut alarm durumunu gösterir
Toprak ve Yaprak Alarmı	82	4	Mevcut toprak/yaprak alarm durumunu gösterir
İstasyon Pil Durumu	86	1	İleticinin pil durumunu gösterir
Ara Modül Pil Durumu	87	2	Ara modülün pil durumunu gösterir Volt=((Veri*300)/512)/1000
Hava Tahmini Göstergesi	89	1	
Hava Tahmini Numarası	90	1	
Gündoğumu Zamanı	91	2	
Günbatımı Zamanı	93	2	
"\n" <LF> = 0x0A	95	1	
"\r" <CR> = 0x0D	96	1	
CRC	97	2	
Toplam	99		

6.2. CCD Kamera

Sistemin tespit boyutunda, otomatik orman yangını algılama işlemi için tasarlanan algoritmanın girişlerinden birisi kamera görüntüsüdür. Tasarlanan veri birleştirme sürecinde bulunan görüntü işleme algoritması meydana gelen bir yangın vakasını ivedilikle ve düşük yanlış alarm seviyesinde tespit etmesi amacıyla tasarlanmıştır. Bu yüzden görüntü işleme algoritmasına giriş olarak sunulacak gözlenen ormanlık alana ait sayısal görüntülerin yüksek kalitede ve çözünürlükte olması gerekmektedir. Ayrıca sistem alarm durumu gösterdiğinde, bu alarmin kabul edilip edilmeyeceğine karar verecek operatörün bölgeyi ayrıntılı olarak incelemesi gerekir. Bu işlem ise ancak yüksek seviyelerde yakınlaştırma özelliğine sahip kameralarla yapılabilir. Ayrıca sayısal görüntülerin kameradan uzakta bulunan merkezlere kablo vasıtasıyla iletilmesi hem imkânsız denebilecek kadar zordur hem de görüntüde gürültüden kaynaklanan bozulmalara yol açar. Bu yüzden kamera görüntülerinin kablosuz bir şekilde uzak merkezlere iletilmesi gerekmektedir. Günümüzde gece ve gündüz yüksek kalite ve çözünürlükte görüntü verebilen, yüksek seviyede yakınlaştırma özelliğine sahip ve görüntüsünü uzak merkezlere IP protokolünü kullanarak kablosuz şekilde iletebilecek CCD kameralar marketlerde bulunmaktadır. Üstelik bu kameraların fiyatları da termal veya IR kameralara oranla en az 10 kat daha düşüktür ve hemen hemen onlarla aynı kalitede görüntü sağlamaktadır. Bütün bu sebeplerden dolayı, yukarıda belirtilen özellikleri sağlayan Sanyo firmasına ait VCC-ZM400P kodlu CCD kamera, tasarlanan sistemde kullanılmak üzere seçilmiştir. Kameranin görüntüsü Resim 6.4’de gösterilmiştir.



Resim 6.4. Sanyo VCC-ZM400P CCD kamera

Resim 6.4’de gösterilen kameranın özellikleri aşağıda verilmiştir.

- Otomatik odaklama
- Yüksek çözünürlüklü
- SSP (Sanyo Security Protokol) uyumlu
- Işık hassasiyeti renkli modda 0,015 lüks ve s/b modda 0,002 lüks
- 22X optik yakınlaştırma
- Maskeleyme özelliği
- Düşey ve yatay mirror fonksiyonu
- 3 modda BLC
- Dahili 1 alarm girişi ve 1 alarm çıkışı
- Koaksiyel kablo üzerinden kontrol

Resim 6.4’de gösterilen kameranın hemen arkasındaki siyah kutu ise IVE olarak adlandırılmaktadır. IVE kameradan aldığı analog görüntüyü sayısal görüntü haline getiren bir çeviricidir. Aynı zamanda IVE belirlenen bir IP numarasıyla internet üzerinden kameranın denetimini yapmayı ve sayısal görüntü verilerini elde etmeyi sağlar. Bu tezde birleşim bilgisayarını ile kameranın WiMAX ağı üzerinden TCP-IP ile haberleşmesi bu sayede gerçekleştirilmiştir. Aşağıda WiMAX ağ standardı ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

6.3. WiMAX ağ standardı

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), IEEE 802.16 standartlarını kullanan aletler için bir sertifika işaretidir. IEEE 802.16, IEEE 802'nin 16 nolu kolu olup kablosuz hızlı internet erişimi için öngörülmüştür. Verici antenden yaklaşık 50 km mesafeye kadar bir etki alanı ve 75 Mbps (saniyede 75 Megabit, Megabit per second) indirme hızı olması planlanan bir çeşit kablosuz bağlantı sistemidir

WiMAX, MAN (Metropolitan Area Network, Metropol Alan Ağı) gibi geniş kapsamlı ağlar için geliştirilen teknolojilerin uygunluğunu belirleyen standartlar topluluğudur. WiMAX forumu, yeni kablosuz ağ standardı IEEE 802.16 ve HiperMAN (High Performance Radio Metropolitan Area Network) standartlarına uygun üretilen donanımların bu standartlara uygunluğunu onaylayan bir kurumdur

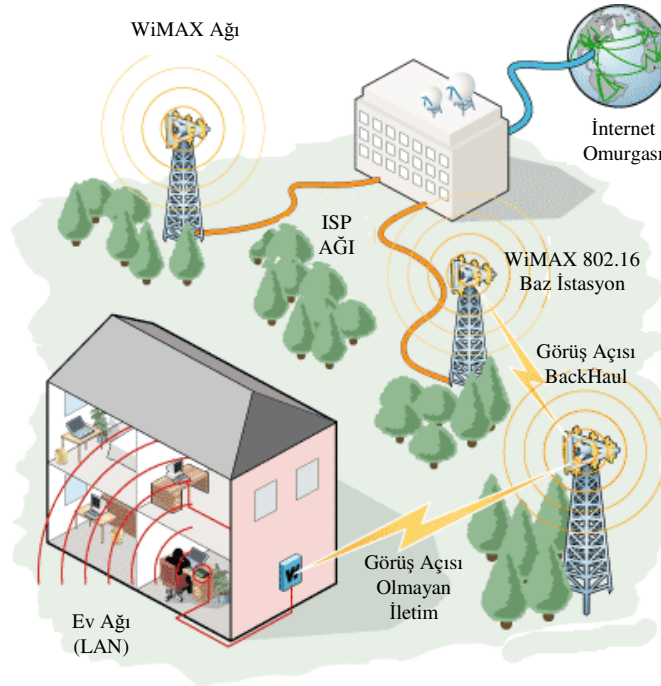
6.3.1. WiMAX nasıl çalışır?

Uygulamada WiMAX, WiFi (Wireless Fidelity)'ye benzer olarak ancak ondan daha yüksek hızlarda, daha uzun mesafede çalışır ve daha çok kullanıcıya erişim imkânı sağlayabilir. WiMAX ağı kablolar vasıtasıyla genişbantlı internet erişiminin sağlanamadığı kırsal alanlara erişim sağlama potansiyeline sahiptir.

Bir WiMAX sistemi iki ana parçadan oluşur. Bunlar;

- Cep telefonu baz istasyonlarına benzer olan ve yaklaşık 8000 km²'lik bir alanı kapsayabilen bir WiMAX baz istasyonu
- Bir WiMAX alıcısı. Alıcı ve anten küçük bir kutu veya bir PCMCIA kart şeklinde olabilir.

Şekil 6.2'de bir WiMAX ağının yapısı gösterilmiştir.



Şekil 6.2. WiMAX ağının yapısı

Şekil 6.2’de görüldüğü gibi bir WiMAX baz istasyonu yüksek bant genişliğinde internet omurgasına kablolu olarak doğrudan bağlanabilir. Ayrıca bu baz istasyonu, bir başka baz istasyonu ile görüş açısı içinde olmak suretiyle bağlantı kurabilmektedir. İkinci baz istasyonu ile kurulan bu bağlantı “backhaul” olarak adlandırılır. Her bir baz istasyonunun 8000 km²’lik bir alanı kapsayabildiği düşünüldüğünde belirli sayıda kurulacak baz istasyonları sayesinde kırsal kesimlerde ve hatta şehirlerde WiMAX ağı ile kablosuz internete erişimini rahatlıkla sağlayabilir. Kapsama alanı içindeki herhangi bir bilgisayardan internete erişmek için bilgisayara bağlı bir alıcı yeterli olacaktır. WiMAX’da alıcı ile baz istasyonu arasında iki şekilde kablosuz bağlantı gerçekleştirilebilir. Bunlar;

- **Görüş açısı olmayan iletişim:** Bu tip iletişimde alıcı olarak kullanılan bilgisayara bağlı ufak bir anten yardımıyla baz istasyonu ile iletişim kurulabilir. Bu tip iletişimde WiMAX, 2 GHz ile 11 GHz arasındaki düşük frekans sınırlarını kullanır. Düşük dalga boylarındaki iletim şeklinde, dalgaların engellerin etrafından kırılması daha kolay olduğu için bu engeller tarafından dalgaların bozulması daha zordur. Bu yüzden iletişim daha sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilir.

- Görüş açısı olan iletişim: Bu tip iletişimde alıcı, doğrudan baz istasyona bakan ve yüksekce bir yere yerleştirilen bir çanak antendir. Görüş açısı olan iletişim tipi görüş açısı olmayan iletişime göre daha güçlü ve daha kararlıdır. Bu yüzden veriler daha az bozulmaya uğrayarak iletilir. Bu iletişimde, 66 GHz'e kadar uzanan yüksek frekans sınırları kullanılır. Daha yüksek frekans değerlerinde daha az parazit ve daha yüksek bant genişliği vardır.

6.3.2. IEEE 802.16 standardı

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü) elektronik alanında ne varsa bunları bir standarda oturtan bir kurumdur. Geliştirilen her teknolojiye bir kod numarası verirler. WiMAX'a temel oluşturan teknoloji standartlarının kod numarası da 802.16'dır. 802, bir noktadan çok noktaya geniş bant kablosuz erişim standartlarıdır. 802'nin 16. çalışma grubu WiMAX'a temel oluşturduğu gibi 11. grubu da WiFi denilen, kablosuz ağların (WLAN) standartlarını içerir

IEEE 802.16 standardının özellikleri şunlardır:

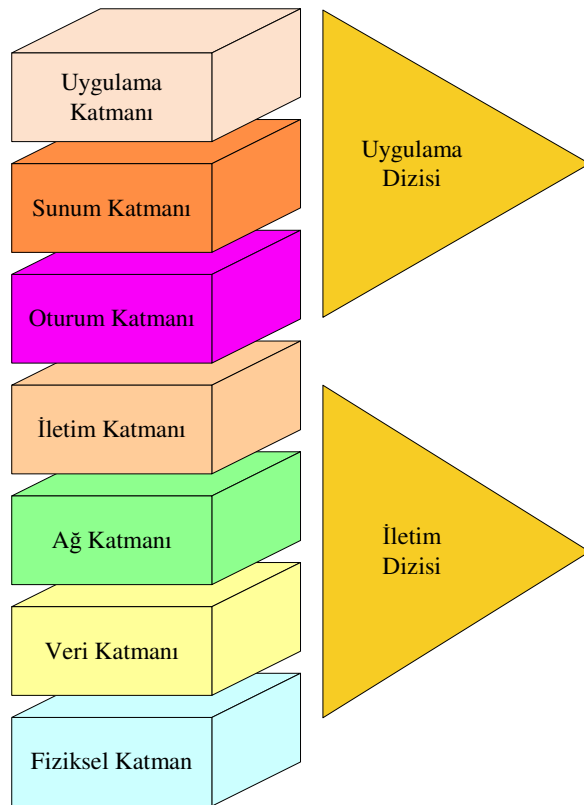
- Baz istasyonundan 50 km çapında kapsama alanı
- 70 Mbps (saniyede 70 Megabit) iletim hızı
- Anten ve baz istasyonu arasında görüş açısına ihtiyaç duyulmaması
- 2-11 GHz ve 10-66 GHz arasında frekans bantları (lisanslı ve lisansız bantlar)
- MAC (Media Access Control) ve PHY (Physical layer, Fiziksel katman) katmanlarını tanımlar ve çoklu PHY katmanlarına izin verir.

6.3.3. OSI nedir?

OSI (Open System Interconnection, Açık Sistem Arabağlama) ağlar için geliştirilen bir çalışma modelidir. Bu modelde işlemler çeşitli katmanlara ayrılmıştır. Her bir

katman bir önceki katmanın işlevlerini kullanarak iş görür ve bir üstteki katmana yeni işlevler sunar. Bu katmanların en altında donanım katmanları bulunur.

En alt, fiziksel, katmandan gelen veriler sinyal ya da veri bitleri şeklindedir. Bu verileri yorumlayan ve adresleyen katman fiziksel adreslemeyi yapar. Fiziksel adresleme için MAC ve LLC (Logical Link Control, Mantıksal Bağlantı Kontrolü) denilen iki yapı kullanılır. MAC (Media Access Control, Ortam Erişim Kontrolü) herhangi bir an içinde belli bir fiziksel adrese kimin erişmesi gerektiğine karar veren alt katmandır. Onun üzerine LLC alt katmanı yerleşir. Bu katmanın görevi farklı sinyalleri aynı hat üzerinden bir üst katmana yollamak ve üst katmandan gelen sinyalleri de ayrıştırarak bir alt katmana iletmektir. LLC Ethernet, WLAN ve WiMAX yapılarında aynı tiptedir. LLC için belirlenen standartların kodu IEEE 802.2'dir, yani LLC de aslında kablosuz ağlar için tasarlanın bir yapıdır. Şekil 6.3'de OSI katmanları gösterilmiştir.



Şekil 6.3. 7 adet OSI katmanları

Şekil 6.3’de görülen 7 adet OSI katmanı iki dizi şeklinde incelenebilir. Bunlar:

Uygulama Dizisi

7. Katman: Uygulama – Uygulamayla ilgili olan katmandır. Kullanıcı ileteceği dosyaları seçtiğinde, mesajlar okunur veya ağla ilişkili diğer etkinlikler gerçekleştirilir.

6. Katman: Sunum – Uygulama katmanı tarafından sunulan verileri alır diğer katmanların anlayacağı biçime çevirir.

5. Katman: Oturum – Alıcı cihazla olan iletişimi kurar veya sonlandırır.

İletim Dizisi

4. Katman: İletim – Bu katman cihazlar arasındaki veri akışını denetler ve verilerin denetlenip düzeltilmesini sağlar.

3. Katman: Ağ – Alıcı cihaza gönderilecek veri bu katmanda tanımlanır.

2. Katman: Veri – Bu katmanda uygun olan fiziksel katman verisiyle ilişkilendirilir.

1. Katman: Fiziksel – Gerçek donanım seviyesidir. Bağlantı, gerilim seviyesi ve zamanlama gibi ağın fiziksel özelliklerini tanımlar.

OSI referans modeli gerçekte sadece bir yönerge dir. Gerçek protokol yığınları bir veya daha fazla OSI katmanını tek bir katman içinde birleştirir. Bir protokol yığını yazılım ve donanım parçalarının birlikte çalışmasına izin veren protokol gruplarıdır. TCP-IP protokol yığını buna güzel bir örnektir. Bu tez çalışmasında da WiMAX ağı üzerinden yapılan tüm iletişimlerde TCP-IP protokolü kullanılmıştır.

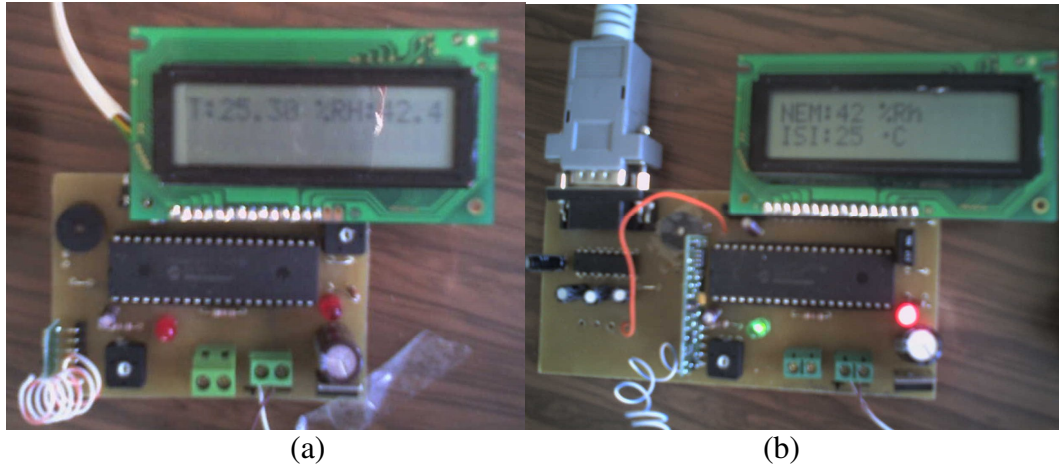
TCP-IP protokol yığını

TCP-IP protokolü OSI modelde planlanan 4 katmanı kullanır.

1. Katman: Ağ Katmanı – Bu katman fiziksel ve veri katmanlarını birleştirir ve veri ağdaki cihazlar arasında dolaşır. Aynı zamanda bu katman ağlar ve diğer cihazlar arasındaki veri değişimini yönetir.
2. Katman: İnternet – Bu katman OSI ağ katmanına karşılık gelir. İnternet protokolü (IP) IP adreslerini kullanır. IP adresi bir ağ tanımlayıcı ve ana bilgisayar (host) tanımlayıcıdan oluşur ve haberleşme cihazlarının adreslerini tanımlar.
3. Katman: İletim – OSI iletim katmanına karşılık gelir. TCP (Transfer Control Protocol, İletim Denetim Protokolü)’nin bulunduğu protokol yığının bir parçasıdır. Eğer TCP yerel cihazdan bilgi kabul etmek için istekte bulunacaksa, ağdaki diğer cihaza sorarak çalışır.
4. Katman: Uygulama – Bu katman OSI’deki oturum, sunum ve uygulama katmanlarının birleşimidir. E-posta (SMTP, Simple Mail Transfer Protocol) ve dosya iletimi (FTP, File Transfer Protocol) gibi belirli işlevleri yerine getiren protokoller bu katmanda yer alırlar.

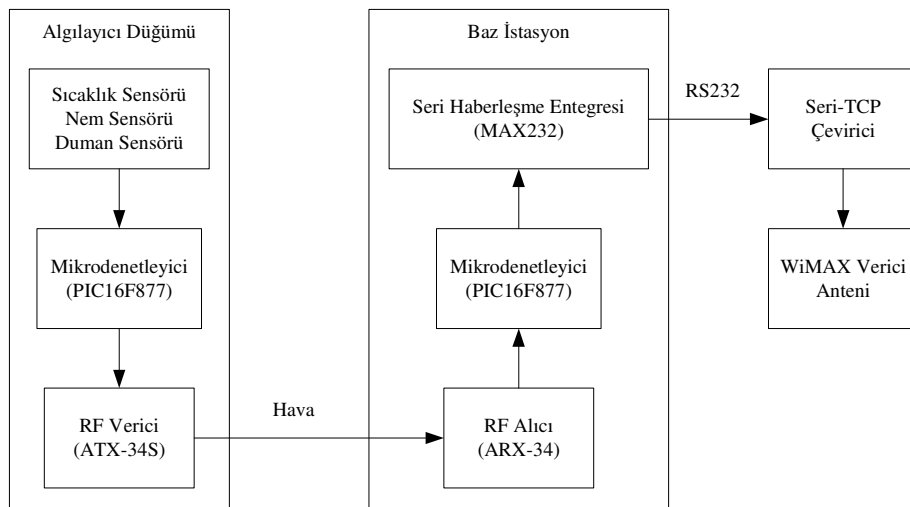
6.4. Kablosuz Algılayıcı Ağları

Kablosuz algılayıcı ağları ile yangının tespit edilmesi için tasarlanan bir algılayıcı düğümü ve algılayıcı ağları için baz istasyonu Resim 6.5.a ve Resim6.5.b’de gösterilmiştir.



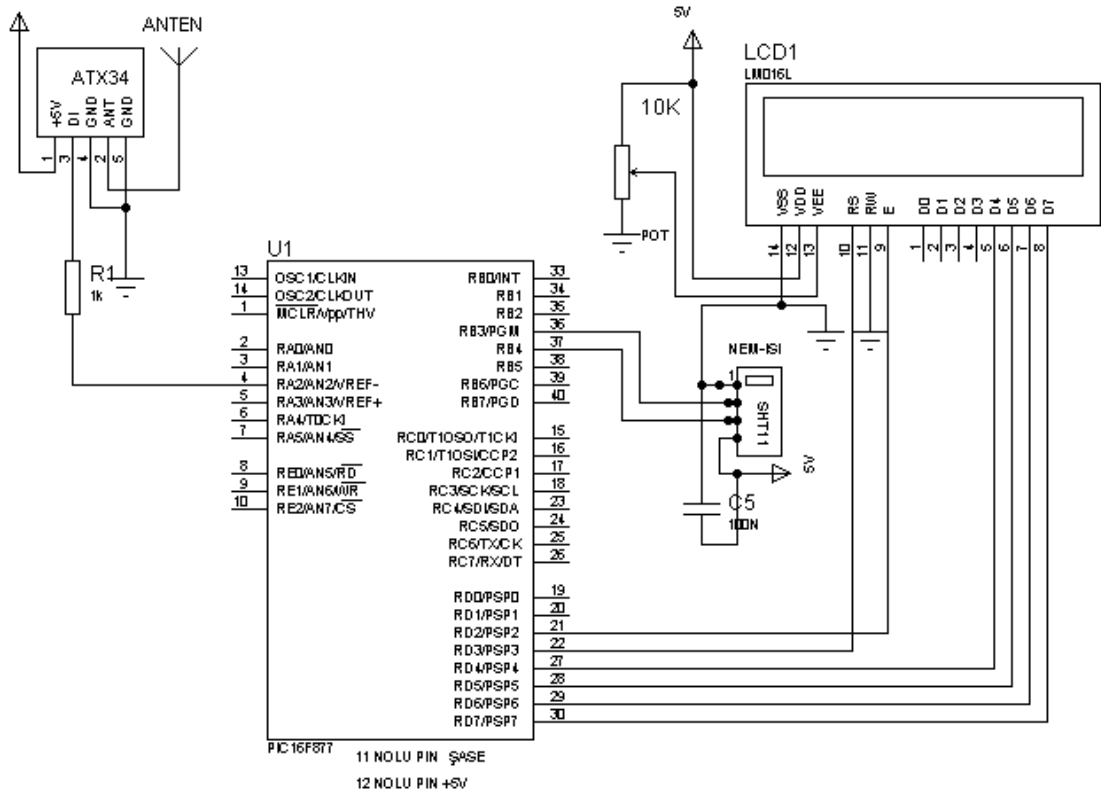
Resim 6.5. Kablosuz algılayıcı ağları için tasarlanan a) bir algılayıcı düğümü, b) baz istasyonu

Resim 6.5.a’da gösterilen algılayıcı düğümünde sıcaklık, nem ve duman algılayıcıları bulunmaktadır. Düğümde bulunan bu algılayıcılar, bilgilerini kuleye yerleştirilen baz istasyonuna RF haberleşme ile gönderirler. Kulede bulunan baz istasyonu ise WiMAX verici antenine bağlıdır. Bu şekilde ormanlık alana dağıtılmış olan düğümlerden dakikada bir alınan bütün algılayıcı verileri WiMAX ağı ile merkezi gözlem biriminde bulunan birleşim bilgisayarına gönderilir. Algılayıcı ağlarının anlatılan bu çalışma prensibi Şekil 6.4’de gösterilmiştir.



Şekil 6.4. Kablosuz algılayıcı ağlarının çalışma prensibi

Resim 6.5’de gösterilen algılayıcı düğümü ve baz istasyonu PIC16F877 mikrodenetleyicisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 6.5’de bir algılayıcı düğümünün elektronik devre şeması gösterilmiştir.



Şekil 6.5. Algılayıcı düğümü elektronik devre şeması

Algılayıcı düğümünde, ortamın sıcaklık ve nem bilgilerini almak için Sensirion firmasına ait SHT11 sensörü kullanılmıştır. SHT11’in çalışma özellikleri Çizelge 6.3’de verilmiştir.

Çizelge 6.3. SHT11’in çalışma özellikleri

Parametre	En az	Genel	En Fazla	Birim
NEM				
Çözünürlük	0,5	0,03	0,03	%RH
	8	12	12	bit
Yinelenebilirlik		±0,1		%RH
Doğruluk	±3	±3	±5	%RH

Çizelge 6.4. (Devam) SHT11'in çalışma özellikleri

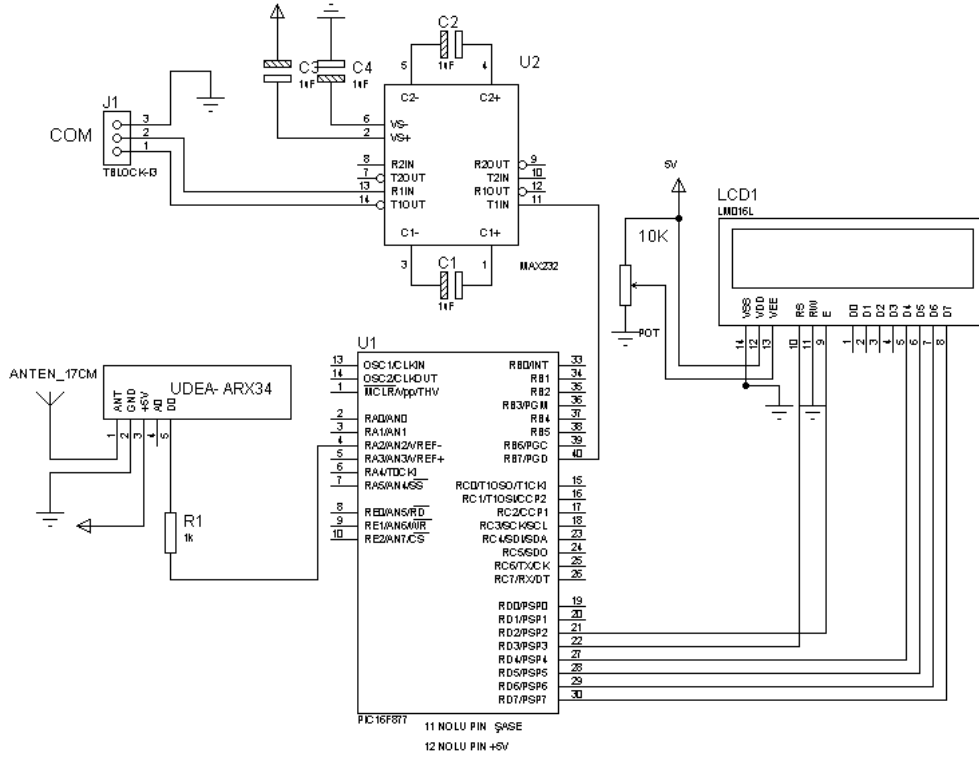
Parametre	En az	Genel	En Fazla	Birim
Sınır	0		100	%RH
Cevap süresi		4		s
SICAKLIK				
Çözünürlük	0,04	0,01	0,01	°C
	0,07	0,02	0,02	°F
	12	14	14	bit
Yinelenebilirlik		±0,1		°C
		±0,2		°F
Doğruluk	0,5	0,5	2	°C
	±1	±1	±5,4	°F
Sınır	-40		123,8	°C
	-40		254,9	°F
Cevap süresi	5		30	s

Algılayıcı düğümü devresinde PIC'in sayısal bacaklarından alınan sıcaklık ve nem bilgileri UDEA firmasına ait ATX-34S isimli RF verici modülüyle baz istasyonuna gönderilir. ATX-34S'nin çalışma özellikleri Çizelge 6.4'de verilmiştir.

Çizelge 6.5. ATX-34S'nin çalışma özellikleri

Parametre	En az	Genel	En fazla	Birim	Not
Çalışma frekansı		433,920		MHz	±200 KHz
Veri oranı	0,3		2,4	Kbit/s	
RF çıkış gücü		10		dBm	5V
Besleme gerilimi	5		12	Vcc	Regüle edilmiş gerilim kaynağı kullanılmalıdır. Max. Ripple 100mV
Akım sarfiyatı		6,5		mA	5V
Sayısal "0" DI gerilimi	0		0,1*Vcc	Vdc	
Sayısal "1" DI gerilimi	0,8* Vcc		Vcc	Vdc	
Çalışma sıcaklığı	-10		+55	°C	

Algılayıcı düğümlerinden gelen bilgileri toplayan baz istasyonunun devre şeması Şekil 6.6’da gösterilmiştir.



Şekil 6.6. Baz istasyonu devre şeması

Şekil 6.6’da görülen baz istasyonunda algılayıcı düğümlerinden RF verici modülle gönderilen verileri almak için UDEA firmasına ait ARX-34 isimli RF alıcı modülü kullanılmıştır. ARX-34’ün çalışma özellikleri Çizelge 6.5’de verilmiştir.

Çizelge 6.6. ARX-34’ün çalışma özellikleri

Parametre	En az	Genel	En fazla	Birim	Not
Çalışma frekansı		433,920		MHz	±200 KHz
Band genişliği		±2		MHz	
Veri oranı	0,3		2,4	Kbit/s	
Duyarlılık		-108		dBm	
Besleme gerilimi	4,9		5,1	Vcc	Regüle edilmiş gerilim kaynağı kullanılmalıdır. Max. Ripple 10mV

Çizelge 6.7.(Devam) ARX-34'ün çalışma özellikleri

Parametre	En az	Genel	En fazla	Birim	Not
Akım sarfıyatı		5		mA	5V
Sayısal "0" DI gerilimi	0		$0,1 \cdot V_{cc}$	Vdc	
Sayısal "1" DI gerilimi	$0,8 \cdot V_{cc}$		V_{cc}	Vdc	En fazla 5A akım kaynağı
Çalışma sıcaklığı	-10		+55	°C	

ARX-34 ile alınan bilgilerin WiMAX anteniyle birleşim bilgisayarına gönderilmesi için PIC ile WiMAX verici anteni arasında seri porttan haberleşme yapılmıştır. Seri portta ± 10 V gibi gerilimler bulunduğu için PIC ile doğrudan bağlantı yapılamaz. Bu yüzden tasarlanan baz istasyonunda, PIC ile seri haberleşme imkanını sağlayan Texas Instruments firmasına ait MAX232 entegresi kullanılmıştır. Bu entegre, ± 10 V olan seri sinyal gerilimlerini PIC'in anlayacağı gerilim seviyelerine (0-5V) getirir. MAX232 entegresinin çalışma özellikleri Çizelge 6.6'da verilmiştir.

Çizelge 6.8. MAX232'nin çalışma özellikleri

Parametre	En az	Genel	En fazla	Birim
Çalışma gerilimi	4,5	5	5,5	V
Çalışma akımı		8	10	mA
Yüksek seviyeli giriş gerilimi	2			V
Düşük seviyeli giriş gerilimi			0,8	V
Alıcı giriş gerilimi			± 30	V
Çalışma sıcaklığı	-40		+85	°C

Baz istasyonunda bulunan verilerin WiMAX anteni ile birleşim bilgisayarına gönderilmesi için MAX232'nin seri çıkışlarının TCP protokole uygun hale getirilmesi gerekir. Bu işlem için yine Resim 6.3'te gösterilen Seri-TCP dönüştürücü kullanılmıştır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tezde, çoklu sensörlerden toplanan verileri birleştirerek çevre hakkında çıkarımda bulunacak bir veri birleştirme çerçevesi tasarlanmış ve bu çerçeve için karma mimariye sahip bir birleşim algoritması geliştirilmiştir. Buradaki amaç; birleşim algoritmasının farklı uygulamalarda da kullanılabilmesini ve veri birleştirme işlemi sonucunda ortaya çıkan kararın daha doğru ve güvenilir olmasını sağlamaktır. Algoritma uyarlanır (adaptive) bir yapıya sahiptir.

Çalışmada orman yangınlarını önceden tahmin etmek, yangın çıkmışsa anında tespit etmek için örnek bir uygulama tasarlanmış ve sistemin doğruluğu ve etkinliği test edilmiştir. Sistem hem tahmin hem de tespiti gerçekleyecek şekilde geliştirilmiştir. Tahmin boyutunda hem orman yangını tehlike durumu derecelendirmesi yapılmakta hem de gözlenen alanda bir yangın durumu meydana gelmişse bu yangının yayılma hızı tahmin edilmektedir. Tahmin boyutunda orman yangını tehlike derecelendirmesi için tasarlanan NBSB algoritması kullanılmıştır. Meydana gelmiş bir yangının yayılma hızının tespitinde ise YSA algoritması kullanılmıştır. Sistemin tespit boyutunda ise farklı iki tip algılama sistemi birleştirilerek orman yangının otomatik olarak tespiti yapılmıştır. Bunlardan ilki, kameradan alınan resim verilerinin görüntü işleme algoritmasından geçirilerek diğeri ormanlık alana dağıtılan sensör ağlarından gelen verilerle yangın tespitinin yapılmasıdır. Bu bölümde her iki sistem bireysel olarak çalışmaktadır ve yangın tespitini otomatik olarak yapmaktadır. Sistemlerden herhangi birisiyle yapılan yangın tespiti sistemin alarm vermesini sağlar.

NBSB algoritmasının doğruluğunu ve etkinliğini belirlemek amacıyla, ORYÖS'ün tahmin boyutundaki yangın tehlike derecesini belirlemede aynı giriş değerleri için sadece YSA algoritması kullanılarak da veri birleştirme işlemi yapılmıştır. Bu sayede, karma mimariye sahip NBSB algoritmasının karma olmayan YSA algoritmasına göre bir kıyaslanması yapılmış ve üretilen sonuçların etkinliği tartışılmıştır. Üretilen sonuçlara göre 365 gün olan 2002 yılı için NBSB algortmasının toplam 246 günde YSA'dan daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Ayrıca yangının meydana geldiği ve gelmediği günler için her iki algoritmanın

ürettiği sonuçların ortalaması alınmıştır. Yangının meydana geldiği günler için NBSB algoritmasının ürettiği çıkışların ortalaması %55,07 iken YSA'nın ürettiği çıkışların ortalaması %48.88'dir. Yangının meydana gelmediği günler için NBSB algoritmasının ürettiği çıkışların ortalaması %24,24 iken YSA'nın ürettiği çıkışların ortalaması %25.32'dir. NBSB ortalamasının yangının meydana geldiği günler için daha yüksek, yangının meydana gelmediği günler için daha düşük olması ise onun YSA'ya göre daha güçlü, doğru, kararlı ve hata oranı daha az sonuçlar ürettiğini göstermektedir.

ORYÖS'ün tahmin boyutunda gerçekleştirilen diğer işlemde meydana gelen bir yangının yayılma hızının tespiti için YSA algoritması kullanılmıştır. YSA'nın eğitimi için danışmanlı öğrenme modeli kullanılmıştır. Eğitim aşamasında 2002-2006 yılları arasındaki sıcaklık, nem, rüzgar ve yağış verilerinden hesaplanan ISI, BUI ve FWI katsayıları giriş veri kümesi olarak, bu değerlere karşılık aynı günlerde meydana gelmiş orman yangınlarının yayılma hızı (hektar/saat) ise çıkış veri kümesi olarak kullanılmıştır. YSA'nın öğrenme durumunu görebilmek için eğitime verilen 2002-2006 yılları arasında meydana gelmiş toplam 648 adet yangının gerçek yayılma hızı değerleriyle YSA'nın eğitimi sonrası elde edilen çıkış değerleri karşılaştırılmış ve öğrenmenin gerçekleştiği grafikler yardımıyla görülmüştür. Bu durum, kaydedilen ağırlık değerleriyle geliştirilen YSA modeli kullanılarak meydana gelmiş bir yangının yayılma hızının artık tahmin edilebileceğini göstermektedir.

Sistemin tespit bölümünde henüz yeni başlamış bir yangının tespitini otomatik olarak gerçekleştirecek görüntü işleme algoritması gündüz vakitlerinde duman algılama, gece vakitlerinde ise yangın ateşini algılama prensibine göre çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Birleşim bilgisayarına gelen kamera görüntülerinin dakikada bir jpg formatında resmi alınmıştır. Görüntü işleme algoritması arka arkaya alınan bu sayısal görüntüler arasındaki farkı bulur. Böylece gündüz vakitleri için yeni başlamış bir yangın tarafından ortaya çıkan duman, bir önceki resimde olmadığı için fark olarak algılanmıştır. Aynı şekilde gece vakitleri için yeni başlamış bir yangının alevi, bir önceki resimde olmadığı için fark olarak algılanmıştır. Bu işlem sürekli olarak birleşim bilgisayarı tarafından yapıldığı için, ardışık resimler arasında herhangi bir

fark algılanması halinde sistem alarm durumuna geçmektedir.

Sistemin tespit bölümünde kullanılan kablosuz sensör ağları ise sensör düğümlerinden oluşturulmuştur. Sensör düğümleri gözlem kulesinin etrafına dağıtılmıştır. Her bir sensör düğümünde sıcaklık, nem ve duman algılayıcıları bulunmaktadır. Yani sensör düğümleri üzerinde bulunan algılayıcılardan alınan veriler birleşim bilgisayarında sürekli olarak karşılaştırılır. Bu karşılaştırma sonucunda düğüm verilerinde meydana gelen değişime bağlı olarak gözlenen bölgede bir yangın olup olmadığı kararına varılmıştır.

Sistemin tahmin bölümünde sıcaklık, nem, rüzgâr, basınç, yağış ve güneşlenme gibi çoklu algılayıcı kullanarak bu algılayıcılara ait verilerin karma mimariye ait bir algoritmada birleştirilmesi yüksek seviyeli karar birleşimini sürecini gerçeklemiştir. Sistemin tespit bölümünde ise kamera ve sensör ağlarının yangının tespiti için birlikte kullanılması daha doğru, güvenilir ve hata oranı daha düşük sonuçların elde edilmesini sağlamıştır. Bu açılardan bakıldığında tasarlanan algoritmalar ve birleşim çerçevesi veri birleştirmenin bütün amaçlarını yerine getirmektedir.

Tez çalışmasında, veri birleştirme tekniklerinin ORYÖS’de kullanılması sonucu daha sağlıklı bir çıkarım elde edilmiş ve orman yangınları için daha güçlü tahmin ve tespit yapılmıştır. ORYÖS, yangından önce, başlangıç anında ve yangın süresince operatöre bilgi sunarak, yangınla mücadele için onun en doğru stratejileri üretmesine yardımcı olmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Waltz, E., "Data fusion for C3I: A tutorial", *in Command, Control, Communications Intelligence (C3I) Handbook*. Palo Alto, CA: EW Communications, 217-226 (1986).
2. Llinas, J., Waltz, E., "Multisensor Data Fusion", *MA: Artech House*, Boston, 20-100 (1999).
3. D. Hall, "Mathematical Techniques in Multisensor Data Fusion", *MA: Artech House*, Boston, 20-250 (1992).
4. Klein, L. A., "Sensor and Data Fusion Concepts and Applications", *SPIE Opt. Engineering Press, Tutorial Texts*, 14:5-17 (1993).
5. Hall, D. L., Llinas, J., "A challenge for the data fusion community I: Research imperatives for improved processing," *in Proc. 7th Natl. Symp. on Sensor Fusion*, (1994).
6. Llinas, J., Hall, D. L., Waltz, E., "Data Fusion Technology Forecast for C3MIS", *Proceedings of the 3rd International Conference on Command, Control, Communications and MIS*, London, 148-158 (1989).
7. Hall, D. L., Linn, R. J., "A comparison of association metrics for emitter classification", *in Techn. Proc. 1991 Data Fusion Syst. Conf., p. DFS-91*, 1: 447-462 (1991).
8. Bair, W. D. "Tracking maneuvering targets with multiple intermittent sensors: Does more data always mean better estimates?", *in Proc. 1994 Data Fusion Symp.*, Appl. Phys. Lab., Johns Hopkins Univ., 450-457 (1994).
9. Ayoun, A., Grabisch, M., "Tracks real-time classification based on fuzzy rules", *International Journal of Intelligent Systems*, 12(11):865-876 (1986).
10. Bastiere, A., "Fusion methods for multisensor classification of airborne targets", *Aerospace Science and Technology*, 1:83-94 (1997).
11. Bastiere, A., "Methods for multisensor classification of airborne targets integrating evidence theory", *Aerospace Science and Technology*, 2(6):401-411 (1998).
12. Kam, M., Rorres, C., Chang, W., Zhu, X., "Performance and geometric interpretation for decision fusion with memory", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetic - Part A: Systems and Humans*, 29(1):52-62 (1999).

13. Lampropoulos, G.A., Anastassopoulos, V., Boulter, J.F., "Constant false alarm rate detection of point targets using distributed sensors", *Optical Engineering*, 37(2):401-416 (1998).
14. Buedc, D.M., Girardi, P., "A target identification comparison of bayesian and dempster-shafer multisensor fusion", *IEEE Transactions on Systems. Man. and Cybernetic - Part A: systems and humans*, 27(5):569-577 (1997).
15. Aziz, A.M., Tummala, M., Cristi, R., "Fuzzy logic data correlation approach in multisensor-multitarget tracking systems", *Signal Processing*, 76(2): 195-209 (1999).
16. Fayman, J.A., Pirjanian, P., Christensen, H., Rivlin, E., "Exploiting process integration and composition in the context of active vision", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetic - Part C: Applications and Reviews*, 29(1):73-86 (1999).
17. Rago, C., Willett, P., Alford, M., "Predetection fusion: resolution cell grid effects", *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 35(3):778-789 (1999).
18. Gelenbe, E., Kocat, T. Collins, L., "Sensor fusion for mine detection with the mn", *Lecture Notes in Computer Science*, (1327):937-942 (1997).
19. Borghys, D., Verlindc, P., Pemcel, C. Achcroy, M., "Multilevel data fusion for the detection of targets using multispcctral image sequences", *Optical Engineering*, 37(2):477- 484 (1998).
20. Jouseau, E., Dorizzi, B., "Neural network and fuzzy data fusion. application to an on-line and real-time vehicule detectection system", *Pattern Recognition Letters*, 20:97- 107 (1999).
21. Antony, R.T., "Database support to data fusion automation", *Proceeding ofthe IEEE*, 85(1):39-53 (1997).
22. Chellappa, R., Zheng, Q., Burlina, P., Shekhar, C., Eom, K.B., "On the positioning of multisensor imagery for exploitation and target recognition", *Proceeding of the IEEE*, 85(1):120-138 (1997).
23. Nandhakumar, N., Aggarwal, J.K., "Physics-bascd integration of multiple sensing modalities for scene interpretation", *Proceeding ofthe IEEE*, 85(1):1470-163 (1997).
24. Ben-yacoub, S., Abdeljaoued, Y., Mayoraz, E., "Fusion of face and speech data for person identity verification", *IEEE Transactions on Neural Networks*, 10(5): 1065-1074 (1999).

25. Figue, I., Grabisch, M., Charbonnel, M.P., "A method for still image interpretation relying on a multi-algorithms fusion scheme application to human face characterization", *Fuzzy Sets and Systems*, 103(2):317-337 (1999).
26. Mirhosseini, A.R., Hong, Y., Kin, M. L., Tuan, P., "Human face image recognition: An evidence aggregation approach", *Computer Vision and Image Understanding*, 71(2):213-230 (1998).
27. Pohl, C., Van Genderen, J.L., "Multisensor image fusion in remote sensing: concepts, methods and applications", *International Journal of Remote Sensing*, 19(5):823-854 (1998).
28. Wald, L., "Some terms of reference in data fusion", *IEEE Transactions on Geoscience and remote sensing (special issue on data fusion)*, 37(3):1190-1193 (1999).
29. Le Hegarat-masclé, S., Bloch, I., Vidal-madjar, D., "Introduction of neighborhood information in evidence theory and application to data fusion of radar and optical images with partial cloud cover", *Pattern Recognition*, 31(11):1811-1823 (1998).
30. Jeon, B., Landgrebe, D.A., "Decision fusion approach for multitemporal classification", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing(special issue on data fusion)*, 37(3):1227-1233 (1999).
31. Solaiman, B., Pierce, L.E., Ulaby, F.T., "Multisensor data fusion using fuzzy concepts: Application to land-cover classification using ers-l/jers-l sar composites", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing (special issue on data fusion)*, 37(3):1316-1325 (1999).
32. Williams, M.L., Wilson, R.C., Hancock, E.R., "Multi sensor fusion with bayesian inference", *Lecture Notes on Computer Science*, (1296):25-32 (1997).
33. Chanussot, J., Mauris, G., Lambert, P., "Fuzzy fusion techniques for linear features detection in multitemporal sar images", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing (special issue on data fusion)*, 37(3):1292-1305 (1999).
34. Couloigner, I., Ranchin, T., Valtonen, V.P., Wald, L., "Benefit of the future spot-5 and of data fusion to urban roads mapping", *International Journal of Remote Sensing*, 19(8):1519-1532 (1998).
35. Haverkamp, D., Tsatsoulis, C., "Information fusion for estimation of summer m.i.z. Ice concentration from sar imagery", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing(special issue on data fusion)*, 37(3):1278-1291 (1999).

36. Toutin, T., "Spot and landsat stereo fusion for data extraction over mountainous areas", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 64(2):109-113 (1998).
37. Blanc, P., Blu, T., Ranchin, T., Wald, L., Aloisi, R. "Using iterated rational filter banks within the arsis concept for producing "10m landsat multispectral images", *International Journal of Remote Sensing*, 19(12):233 1-2343 (1998).
38. Costantini, M., Farina, A., Zirilli, F., "The fusion of different resolution sar images", *Proceeding of the IEEE*, 85(1):139-146 (1997).
39. Daniel, M.M., Willsky, A.S., "A multiresolution methodology for signal-level fusion and data assimilation with applications to remote sensing", *Proceeding of the IEEE*, 85(1): 164-180 (1997).
40. Granrath, D., Lersch, J., "Fusion of images on affine sampling grids", *Journal of the Optical Society of America*, 15(4):791-801 (1998).
41. Wald, L., Ranchin, T., Mangolini, M., "Fusion of satellite image of different spatial resolutions: assessing the quality of resulting images", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 63(6):691-699 (1997).
42. Joshi, R., Sanderson, A.C., "Minimal representation multisensor fusion using differential evolution", *IEEE Transactions on Systems, Man. and Cybernetic - Part A: Systems and Humans*, 29(1):63-76 (1999).
43. Lee, S., "Sensor fusion and planning with perception-action network", *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, (19):271-298 (1997).
44. Matia, F., Jimenez, A., "Multisensor fusion: An autonomous mobile robot", *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 22(2): 129-142 (1998).
45. Murphy, R.R., "Dempster-shafer theory for sensor fusion autonomous mobile robots", *IEEE Trans. on Robotics and Automation*, 14(2):197-206 (1998).
46. Gamba, P., Lodola, R., Mecocci, A., "Scene interpretation by fusion of segment and region information", *Image and Vision Computing*, 15(7):499-509 (1997).
47. Murphy, R.R., "Sensor & information fusion improved vision-based vehicle guidance", *IEEE Intelligent Systems*, 13(6):49-56 (1998).
48. Ng, K.C., Trivedi, M.M., "A neuro-fuzzy controller for mobile robot navigation and multirobot convoying", *IEEE Transactions on Systems, Man. and Cybernetic - Part B: Cybernetics*, 28(6):829-840 (1998).

49. Guohui, H., Chunjun, Y., "Study of multisensor information fusion filter in integrated navigation", *Transactions of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics*, 14(2): 122-125 (1997).
50. Kam, M., Zhu, X., Kalata, P., "Sensor fusion for mobile robot navigation", *Proceeding of the IEEE*, 85(1):108-120 (1997).
51. Broussard, R.P., Rogers, S.K., Oxley, M.E., Tarr, G.L., "Physiologically motivated image fusion for object detection using a pulse coupled neural network", *IEEE Transactions on Neural Networks*, 10(3):554-563 (1999).
52. Nauck, D., Kruse, R., "Obtaining interpretable fuzzy classification rules from medical data", *Artificial Intelligent in Medicine*, 16(2):149-169 (1999).
53. Nejatali, A., Ciric, I.R., "Novel image fusion methodology using fuzzy set theory", *Optical Engineering*, 37(2):485-491 (1998).
54. Kittler, J., Hojjatoleslami A., Windeatt, T., "Strategies for combining classifiers employing shared and distinct pattern representations", *Pattern Recognition Letters*, 13(11):1373-1377 (1997).
55. Solaiman, B., Debon, R., Pipelier, F., Cauvin, J.M., Row, C., "Information fusion, application to data and model fusion for ultrasound image segmentation", *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 46(10): 1171-1175 (1999).
56. Baraldi, A., Blonda, P., Parmiggiani, F., Pasquariello, G., Satalino, G., "Model transitions in descending flvq", *IEEE Transactions on Neural Networks*, 9(6):724-738 (1998).
57. Wany, D., Keller, J., Carson, C.A., Mc Adoo K., Bailey, C., "Use of fuzzy logic-inspired features to improve bacterial recognition through classifier fusion", *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 28(4):583-591 (1998).
58. Perrot, N., Bonazzi, C., Trystram, G., "Application of fuzzy rules-based models to prediction of quality degradation of rice and maize during hot air drying", *Drying Technology*, 16(8): 1533-1565 (1998).
59. Lou, K.-N., Lin, C.-J., "An intelligent sensor fusion system for tool monitoring on a machining centre", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, (13):556-565 (1997).
60. Niu, Y.M., Wong, Y.S., Hong, G.S., "An intelligent sensor system approach for reliable tool flank wear recognition", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 14(2):77-84 (1998).

61. Tang, X., "Multiple competitive learning network fusion for object classification", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part B: Cybernetics*, 28(4):532-543 (1998).
62. Herrera, F., Herrera-Viedma, E., "Aggregation operators for linguistic weighted information", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetic- Part A: Systems And Humans*, 27(5):646-656 (1997).
63. Office of Naval Technology, "Data fusion development strategies", *Tech Rep., Naval Air Development Center, Warminster, PA*, 1992.
64. Hall, D. L., Linn, R. J., "Survey of commercial software for multisensor data fusion," in *Proc. SPIE Conf. Sensor Fusion and Aerospace Applications*, Orlando, FL, Apr. 1991.
65. Hall, D. L., Llinas, J., "An Introduction to Multisensor Data Fusion", *Proceeding of the IEEE*, 85(1):6-23 (1997).
66. Wright, F. L., "The Fusion of Multisensor Data", *Signal*, 39-43 (1980).
67. Johns Hopkins Univ., "Proc. Data Fusion Syst. Conf", *Naval Air Development Center, Warminster, PA*, 1986–1994.
68. Hall, D.L., Linn, R.J., "A Taxonomy of Algorithms for Multisensor Data Fusion," *Proceedings of the 1990 Tri-Service Data Fusion Symposium*, 13-29, (1991).
69. Heistrand, D., "An Automated Threat Value Model", *Proceedings of the 50th MORS*, (1983).
70. Bernabeu, P., Vergara, L., Bosh, I., Igual J., "A prediction/detection scheme for automatic forest fire surveillance", *Digital Signal Processing*, 14:481–507 (2004).
71. Roads, J., "Seasonal Fire Danger Forecasts for the US", *International Journal of Wildland Fire*, 1-29 (2004).
72. Tank V., Beier K., Hess M., Lindermeir E., Lorenz E., Schreier F., Zhukov B., "Investigations of innovative algorithms for quantitative high temperature event (fires, volcano eruptions, etc.) emission analysis applying infrared spectrum and image data fusion", *Proceedings of the 1st EPS/MetOp RAO Workshop*, 1-4 (2006).
73. Wright, B., El-Sheimy, N. "Real-Time Direct Georeferencing of Thermal Images for Identification and Location of Forest Fire Hotspots., *6th Conference on Optical 3D Measurement Techniques*, 22-25 (2003).

74. Jin, L., Qingwen, Q., Xiuping, Z., Peng, H., Jiang, L., Liang, Y., “Technique for automatic forest fire surveillance using visible light image”, *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 5:3135 – 3138 (2005).
75. Son, B., Her, Y., Kim, J.G., “A Design and Implementation of Forest-Fires Surveillance System based on Wireless Sensor Networks for South Korea Mountains”, *International Journal of Computer Science and Network Security*, 6(9B):124-130 (2006).
76. Rauste, Y., Herland, E., Frelander, H., Soini, K., Kuoremaki, T., and Ruokari, A. “Satellite-based forest fire detection for fire control in boreal forests”, *International Journal of Remote Sensing*, 18(12):2641 – 2656 (1997).
77. Schroeder, D., “Operational trial of the ForestWatch wildfire smoke detection system”, *Advantage*, 6(17):1-7 (2005).
78. Guillemant, P., Vicente, J., “Real-time identification of smoke images by clustering motions on a fractal curve with a temporal embedding method”, *Optical Engineering*, 40(4):1-10 (2001).
79. Hefeeda, M. Bagheri, M, “Forest Fire Modeling and Early Detection using Wireless Sensor Networks”, *Mobile Adhoc and Sensor Systems, IEEE Internatonal Conference on*, 1-6 (2007).
80. Yu, L., Wang, N., Meng, X., “Real-time forest fire detection with wireless sensor Networks”, *In Proc. of International Conference On Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiMob’05)*, 1214–1217 (2005).
81. Mainvaring, A., Culler, D., Polastre, J., Szewczyk, R., Anderson, J., “Wireless sensor networks for habitat monitoring”, *In Proc. of the First International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications (WSNA’02)*, 88–97 (2002).
82. Countryman, C.M., “The concept of fire environment”, *Fire Control Notes*, 27(4):8-10 (1966).
83. Schroeder, M.J., Buck, C.C., “Fire weather...a guide for application of meteorological information to forest fire control operations”, *360. U.S. Dep. Agric., Washington, DC*, 229 (1970).
84. Rothermel, R.C., Wilson, R.A., Morris, G.A., Sackett, S.S., “Modeling moisture content of fine dead wildland fuels: input to the BEHAVE fire prediction system”, *Res. Pap. INT-359, USDA For. Serv., Intermt. Res. Stn., Ogden, UT*, 61 (1986).

85. Van Wagner, C.E., Pickett, T.L., "Equations and FORTRAN program for the Canadian Forest Fire Weather Index System", ***Forestry Technical Report, Canadian Forest Service, Ottawa, ON***, 1-24 (1985).
86. Elmas, Ç., "Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama)", ***Seçkin Yayıncılık***, Ankara, 1-120 (2003).
87. Güvenç, U., "Anahtarlama Relüktans Motorun Denetimi", Yüksek lisans tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, 25-100 (2006).
88. Sağiroğlu, Ş., Beşdok, E. ve Erler, M., "Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-I, Yapay Sinir Ağları", ***Ufuk Yayıncılık***, Kayseri, 40-42 (2003).
89. Leal, R.R., Butler, P., Lane, P., Payne, P.A., "Data fusion and artificial neural Networks for biomass estimation", ***Science, Measurement and Technology, IEE Proceedings***, 144(2):69 – 72 (1997).
90. Lure, Y.M.F., Chiou, Y.S.P., Yeh, H.Y.M., Grody, N.C., "Hardware based neural network data fusion for classification of Earth surface conditions", ***Signals, Systems and Computers, Conference Record of The Twenty-Sixth Asilomar Conference on***, 761 – 765 (1992).
91. Zhang, J., Wang, K., Yue, Q., "Data Fusion Algorithm based on Functional Link Artificial Neural Networks", ***Intelligent Control and Automation, The Sixth World Congress on***, 1:2806 – 2810 (2006).
92. Tian, W., Li, Q., Jin, Z., "Application of neural networks for sensor fusion in a remote sensing satellite", ***Intelligent Control, 2002. Proceedings of the 2002 IEEE International Symposium on***, 234 – 239 (2002).
93. Wann, C., Thomopoulos, S.C.A.; "Unsupervised learning neural networks with applications to data fusion", ***American Control Conference***, 2:1361 – 1365 (1994).
94. Sharaf, R., Nouredin, A., "Sensor Integration for Satellite-Based Vehicular Navigation Using Neural Networks", ***Neural Networks, IEEE Transactions on***, 18(2):589 – 594 (2007).
95. Gang, H., Yi, B., Wen-song, L., "Multi-Sensor Data Fusion in Coal Mine Safety Supervision", ***Information Acquisition***, 210 – 215 (2007).
96. Yan, G., Wu, T., Xu, K., "Estimation of Wrist Force/torque for Robot Gripper using Neural Network", ***Robotics and Biomimetics, IEEE International Conference on***, 1450 – 1453 (2006).

97. Chen, Y., Boulet, B., Chen, P., Zhao, M., "Data Fusion based on RBF Neural Network for Error Compensation in Resistance Strain Gauge Force Transducers", *Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking, and Parallel/Distributed Computing*, 3:86 – 91 (2007).
98. Aygün, H., Adalı, H., "Dempster-Shafer algoritmasının kullanımı ile sınıflandırma algoritmalarının birleştirilmesi", *İTÜ dergisi*, 5(4):1-9 (2006).
99. Mozina, M., Demsar, J., Kattan, M., Zupan, B., "Nomograms for Visualization of Naive Bayesian Classifier", *In Proc. of PKDD*, 337-348 (2004).
100. McCallum, A., Nigam K., "A Comparison of Event Models for Naive Bayes Text Classification", *Workshop on Learning for Text Categorization*, 41-48 (1998).
101. Rish, I., "An empirical study of the naive Bayes classifier", *IJCAI 2001 Workshop on Empirical Methods in Artificial Intelligence*, 1-6 (2001).
102. Bonci, A., Di Francesco, G., Longhi, S., "A Bayesian Approach to the Hough Transform for Video and Ultrasonic Data Fusion in Mobile Robot Navigation", *Man and Cybernetics*, 1-6 (2002).
103. Introne, J.E., Levit, I., Harrison, S., Das, S., "A Data Fusion Approach to Biosurveillance", *7th International Conference on Information Fusion (FUSION)*, 1359-1366 (2005).
104. Wu, J.K., Wong, Y.F., "Bayesian Approach for Data Fusion in Sensor Networks", *Information Fusion, 9th International Conference*, 1 – 5 (2006).
105. Castellana, L., Tarantino, C., Blonda, P., Pasquariello, G., "Bayesian approach to land cover change detection using a priori scene description", *IEEE*, 1406-1409 (2004).
106. Jagerbro, P., Brusmark, B., Christiansen, A.-L., Lauberts, A., "Detection of Abandoned Land Mines", *Second International Conference*, 177 – 181 (1998).
107. Sun, Y., Tian, J-W., Liu, J., "Target Recognition using Bayesian Data Fusion Method", *Machine Learning and Cybernetics*, 3288 – 3292 (2006).
108. Gautier, S., Idier, J., Djafari, A.R., Lavayssiere, B., "X-ray and ultrasound data fusion" *Image Processing*, 3:366 – 369 (1998).
109. Coue, C., Fraichard, Th., Bessiere, P., Mazer, E., "Multi-sensor data fusion using Bayesian programming: An automotive application", *Intelligent Vehicle Symposium*, 2:442 – 447 (2002).

110. Yılmaz, C., “Profibus-DP Ağ Tabanlı Bina Otomasyonu”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 25-50 (2007).
111. Mahajan, A., Wang, K., Ray, P.K., “Multisensor integration and fusion model that uses a fuzzy inference system”, **Mechatronics, IEEE/ASME Transactions on**, 6(2):188 – 196 (2001).
112. Kenneth, E., Rajendra A.U., Kannathal, N., Lim C.M., “Data Fusion of Multimodal Cardiovascular Signals”, **Engineering in Medicine and Biology Society, 27th Annual International Conference**, 4689 – 4692 (2005).
113. Ghahroudi, M.R., Fasih, A., “A Hybrid Method in Driver and Multisensor Data Fusion, Using a Fuzzy Logic Supervisor for Vehicle Intelligence”, **Sensor Technologies and Applications**, 393 – 398 (2007).
114. Morsi, I., “A Microcontroller Based on Multi Sensors Data Fusion and Artificial Intelligent Technique for Gas Identification”, **Industrial Electronics Society**, 2203 – 2208 (2007).
115. LiJie, Y., Cleary, D.J., Cuddihy, P.E., “A novel approach to aircraft engine anomaly detection and diagnostics”, **Aerospace Conference**, 5:3468 - 3475 (2004).
116. Boston, J.R., Baloa, L., Dehou L., Simaan, M.A., Choi, S., Antaki, J.F., “Combination of data approaches to heuristic control and fault detection [heart assist devices]”, **Control Applications**, 98 – 103 (2000).
117. Hernandez, A., Basset, O., Magnin, I., Bremond, A., Gimenez, G., “Fusion of ultrasonic and radiographic images of the breast”, **Ultrasonics Symposium**, 2:1437 – 1440 (1996).
118. Jun, X., Xiao, J.Z., Ning X., Tummala, R.L., Mukherjee, R., “Fuzzy controller for wall-climbing microrobots”, **Fuzzy Systems, IEEE Transactions on**, 12(4):466 – 480 (2004).
119. Duflos, E., Vanheeghe, P., Borne, P., “Fuzzy fusion operator for mines detection”, **Systems, Man, and Cybernetics, 1998 IEEE International Conference on**, 2:1156 – 1161 (1998).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : SÖNMEZ, Yusuf
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 13.10.1980 Ankara
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (312) 202 85 55
 Faks : 0 (312) 212 00 59
 e-mail : ysonmez@gazi.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Elektrik Bölümü	2004
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Elektrik Bölümü	2002
Lise	Cumhuriyet Lisesi	1997

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2004-2008	Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Elmas, Ç., Sönmez, Y., "An Educational Tool for Power Electronics Circuits ", *Computer Applications in Engineering Education*, 2007 (Basımda).
2. Biroğul, S., Sönmez, Y., Güvenç, U., "Veri Füzyonuna Genel Bir Bakış", *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Politeknik Dergisi*, 10(3):235-240 (2007).
3. Güvenç, U., Sönmez, Y., Biroğul, S., "Bulanık Mantık Denetimli DA-DA Çeviricileri İçin Geliştirilen Bir Eğitim Seti", *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Politeknik Dergisi*, 10(4):339-346 (2007).
4. Elmas, Ç., Sönmez, Y., "Güç Elektroniği Devreleri Eğitim Seti", *1. Uluslararası Mesleki ve Teknik Eğitim Teknolojileri kongresi*, 560-565 (2005).
5. Güvenç, U., Biroğul, S. ve Sönmez, Y., "Yapay Sinir Ağları Eğitim Seti", *The Proceedings of 7th International Educational Technology Conference*, 709-713 (2007).
6. Sönmez. Y., Dursun, M., "Start-up Current Optimization Of Buck-Boost Converter-Fed Serial DC Motor", *2nd Conference on Optimization Methods & Software*, in Prague, Czech Republic (2007).

7. Sönmez, Y., "DA Motor Sürücülerini İçin Bulanık Mantık Denetimi", *Akademik Bilişim*, (2007).
8. Biroğul, S., Sönmez, Y., "Neden Veri Füzyonu", *Akademik Bilişim*, (2007).
9. Sönmez, Y., Yılmaz, C., Battaloğlu, H., Dursun, M., Saygın, A., "Güvenlik sistemleri meslek standardı geliştirme üzerine bir çalışma", *Ulusal Teknik Eğitim, Mühendislik ve Eğitim Bilimleri Genç Araştırmacılar Sempozyumu*, 1: 284-287 (2007).
10. Sönmez, Y., Battaloğlu, H., Dursun, M., Yılmaz, C., Saygın, A., "Endüstriyel elektronik tesis ve bakım onarım elemanı meslek standardı geliştirilmesi", *Ulusal Teknik Eğitim, Mühendislik ve Eğitim Bilimleri Genç Araştırmacılar Sempozyumu*, 1: 288-291 (2007).
11. Elmas, Ç., Sönmez, Y., "Veri birleştirme tabanlı orman yangını önleme ve yönetim sistemi", *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Politeknik Dergisi*, 11(2):99-108 (2008).

Hobiler

Bilişim teknolojileri, Sinema, Müzik