

Veri Birleştirme Tabanlı Orman Yangını Önleme ve Yönetim Sistemi

Çetin ELMAS, Yusuf SÖNMEZ

ÖZET

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. Orman yangınlarından dolayı meydana gelen zararı azaltmanın en etkili yolu, koruyucu önlemlerin yanı sıra yangını hızlı bir şekilde tespit ve ona müdahale etmektir. Ülkemizdeki mevcut orman varlığını korumak amacıyla bu çalışmada, Yapay Sinir Ağları (YSA) temelli çok algılayıcı veri birleştirme kullanılarak bir Orman Yangını Önleme ve Yönetim Sistemi (ORYÖS) geliştirilmiştir. ORYÖS orman yangını tehlike durumu derecelendirmesi yaparak olası bir yangının önceden tahminini yapmakta, çıkan yangınları otomatik olarak tespit etmekte ve yangının yayılma hızı hakkında tahminde bulunmaktadır. Bu sayede ORYÖS yangından önce, başlangıç anında ve yangın süresince, yangını önleme ve mücadele için en doğru stratejilerin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Veri birleştirme, yapay zekâ, orman yangını tahmini, orman yangını tespiti

Enhancing The Data Fusion Based Forest Fire Preserving And Management System

ABSTRACT

A great part of Turkey's Forest is threatened by fires due to geographical position and climatic characteristic of their location. Hence, largely forest being is suffered from fires every year. The most effective way to get rid of the damage happened by fires is not only protective measures but also detection fires and interference rapidly to them. In this study, a Forest Fire Preserving and Management System (FPMAS) is enhanced using Artificial Neural Networks (ANN) based data fusion techniques so as to preserve exist forest being of Turkey. The FPMAS predictions forest fires grading the risk of fire, detections automatically and estimates the spread of them. Thus, it facilitates the determining of the best strategies for prevention and suppression of fires when before, initially and during the fire.

Keywords: Data fusion, artificial intelligence, forest fire prediction, forest fire detection

1. GİRİŞ

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, önemli miktarda 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 ve çığ gibi felaketleri de beraberinde getirmektedir.

Ülkemiz ormanlarının büyük bir bölümü üzerinde bulunduğu coğrafya ve sahip olduğu iklim özellikleri sebebi ile yoğun bir yangın tehdidi altında bu-

lunmakta 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, günümüzde orman yangınlarını tahmin ve tespit etmek amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmaktadır (1,2). Bu çalışmada ülkemizdeki mevcut orman varlığını korumak amacıyla, YSA temelli çok algılayıcı veri birleştirme kullanılarak bir Orman Yangını Önleme ve Yönetim Sistemi (ORYÖS) tasarlanmıştır. Veri birleştirme tekniği, bir tek algılayıcı kullanılarak elde edilen sonuçlardan daha da geliştirilmiş hassasiyet elde etmek için çeşitli algılayıcılardan aldığı veriyi ve ortak olan veri tabanından aldığı ilgili bilgileri birleştirmektedir. Çalışmanın amacı, ORYÖS'de veri

Makale 30.01.2008 tarihinde gelmiş, 02.06.2008 tarihinde yayınlanmak üzere kabul edilmiştir.
Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi
Elektrik Eğitimi Bölümü
celmas@gazi.edu.tr, ysonmez@gazi.edu.tr
Digital Object Identifier 10.2339/2008.11.2.99-108

birleştirme tekniğini kullanarak daha sağlıklı bir çıkarım elde etmek ve orman yangınları için daha güvenilir tahmin ve tespit yapmaktır. Tasarlanan sistemin tahmin ve tespit olmak üzere iki boyutu vardır. Sistemin tahmin boyutunda hem orman yangını tehlike durumu derecelendirmesi yapılarak olası bir yangın, hem de meydana gelecek bir yangının yayılma hızı önceden tahmin edilmektedir. Tespit boyutunda ise kamera ve algılayıcı ağlarıyla gözlem altında tutulan ormanlık alanda henüz başlamış bir yangın hızlı bir şekilde tespit edilmektedir.

Literatüre bakıldığında veri birleştirme (veri füzyonu); fiziksel olaylar, hareketler veya durumlar hakkında sonuç çıkarmak için mevcut teknolojiler doğrultusunda çoklu algılayıcılardan alınan bilgileri birleştiren bir tekniktir (3). İlkel olarak, çoklu algılayıcılar sayesinde edinilen veri birleşimi tekli algılayıcılara kıyasla çok daha faydalıdır. Ayrıca, aynı kaynaktan edinilen bilginin verisinin birleşimi, durağan bir gözleme kıyasla çok daha fazla istatistikî veri ve buna bağlı olarak daha güçlü çıkarım yapma olanağı sağlayacaktır.

Bir veri birleştirme çerçevesinde farklı özelliklere sahip veriler olduğundan sağlıklı bir çıkarım elde etmek için, Dempster-Shafer Kuramı, Bayesian Kuramı, Extended Kalman Filtre, Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık, Evrimsel Algoritma ve Sezgisel Arama Yöntemleri gibi algoritmalar tek başına veya birlikte kullanılmaktadır. Literatürde bu algoritmalar kullanılarak veri birleştirme gerçekleştirilmiş çok sayıda çalışma bulunmaktadır (4).

İnsan beyninin fizyolojisinden esinlenerek geliştirilmiş bilgisayar yazılım programı olan YSA, birbirine bağlı çok sayıda işlem elemanlarından oluşmakta ve genellikle paralel işleyen yapılar olarak adlandırılmaktadır. Veri birleştirme için YSA'ya olan ilgi onun muazzam paralel hesaplama ve genelleştirme yeteneğine sahip olmasından başka model seçimi ve sınıflandırılması, işlev tahmini, en uygun değeri bulma ve veri sınıflandırılması gibi işlerde başarılı olarak kullanılmasından da kaynaklanmaktadır (5). Bu nedenle ORYÖS'ün tahmin boyutunda kullanılan veri birleştirme sürecinde güçlü çıkarım elde etmek amacıyla YSA algoritması kullanılmıştır. Sistemin tespit boyutunda ise, kameralardan elde edilen görüntüler görüntü işleme algoritmasından geçirilerek, algılayıcı ağlarından elde edilen veriler ise karşılaştırma algoritmasından geçirilerek orman yangının tespiti yapılmaktadır.

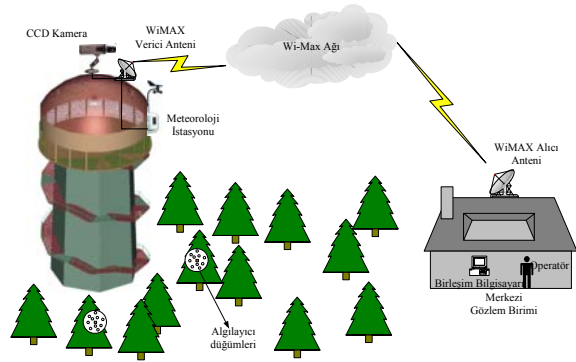
2. ORMAN YANGINI ÖNLEME VE YÖNETİM SİSTEMİ (ORYÖS)

Ülkemizde Kahramanmaraş' tan başlayıp Akdeniz ve Ege' yi takiben İstanbul'a kadar uzanan 1700 kilometrelik sahil bandı boyunca uzanan orman varlığının yoğun bir yangın tehdidi altında bulunması, bu bölgelerde orman yangını ile etkili bir mücadele yapılmasını gerektirmektedir. Orman yangınları ile en etkili mücadele ise koruyucu önlemlerden ziyade erken tespit ve hızlı müdahaledir. Bu amaçla söz edilen bölgelerde yapılacak orman yangını yönetim sistemlerinin gü-

venli, kararlı ve güçlü çıkarım yapabilme özelliğine sahip olması gerekir. Etkili bir yönetim sistemi aşağıda belirtilen üç süreci de kapsamak durumundadır.

- Yangından önceki süreç. Bu süreç muhtemel bir yangını önlemeyi amaçlar.
- Yangının başlama anı. Mevcut bir yangını erkenden tespit etmeyi amaçlar.
- Yangın devam ederken. Yangının davranışı hakkında tahminde bulunmayı amaçlar.

Bu çalışmada gerçekleştirilen ORYÖS yukarıda sayılan üç süreci de kapsamaktadır. Sistemin yapısı Şekil 1'de gösterildiği gibidir.



Şekil 1. ORYÖS'ün yapısı

Şekil 1'de görüldüğü gibi tasarlanan sistemin iki boyutunu (tahmin ve tespit) gerçekleştirmek için meteoroloji istasyonu, kamera ve algılayıcı düğümleri olmak üzere sistemde üç farklı algılama birimi bulunmaktadır. CCD kamera ve meteoroloji istasyonu sistemde gözlenecek olan bölgenin merkezine kurulan kulenin tepesine yerleştirilmiştir. Şekil 2'de kullanılan kamera ve meteoroloji istasyonu gösterilmiştir. Algılayıcı düğümleri ise gözlenen alana dağıtılmış durumdadır. Merkezi gözlem biriminde ise algılayıcı birimlerinden gelen verileri birleştirerek istenen çıkarımı sağlayacak olan birleşim bilgisayarı bulunmaktadır. Birleşim bilgisayarı ile algılayıcı birimleri arasındaki bağlantı IEEE 802.16 standardına sahip olan WiMAX ağı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. WiMAX verici anteni kuleye kuruludur. WiMAX alıcı anteni ise merkezi gözlem birimine kurularak, algılayıcı verilerinin birleşim bilgisayarına aktarılmasını sağlar.

Sistemin tahmin boyutunda meteoroloji istasyonunda bulunan sıcaklık, nem, rüzgâr, yağış, basınç ve güneşlenme algılayıcılarından anlık veriler alınarak iki işlem yapılır. Bu işlemlerden ilki, yangın durumu tehlike derecelendirmesidir. İkincisi ise meydana gelen bir yangının yayılma hızının tahminidir. Sistemin tespit boyutunda henüz meydana gelmiş bir orman yangını otomatik olarak tespit edilmektedir. Tespit işleminde CCD kamera ve algılayıcı ağları birimleri ortak kararı sağlamak için kullanılmıştır. Bu süreçte, CCD kameralar gözlenecek ormanlık alana yerleştirilir. Kameralardan alınan görüntüler görüntü işleme algoritmasından geçi-



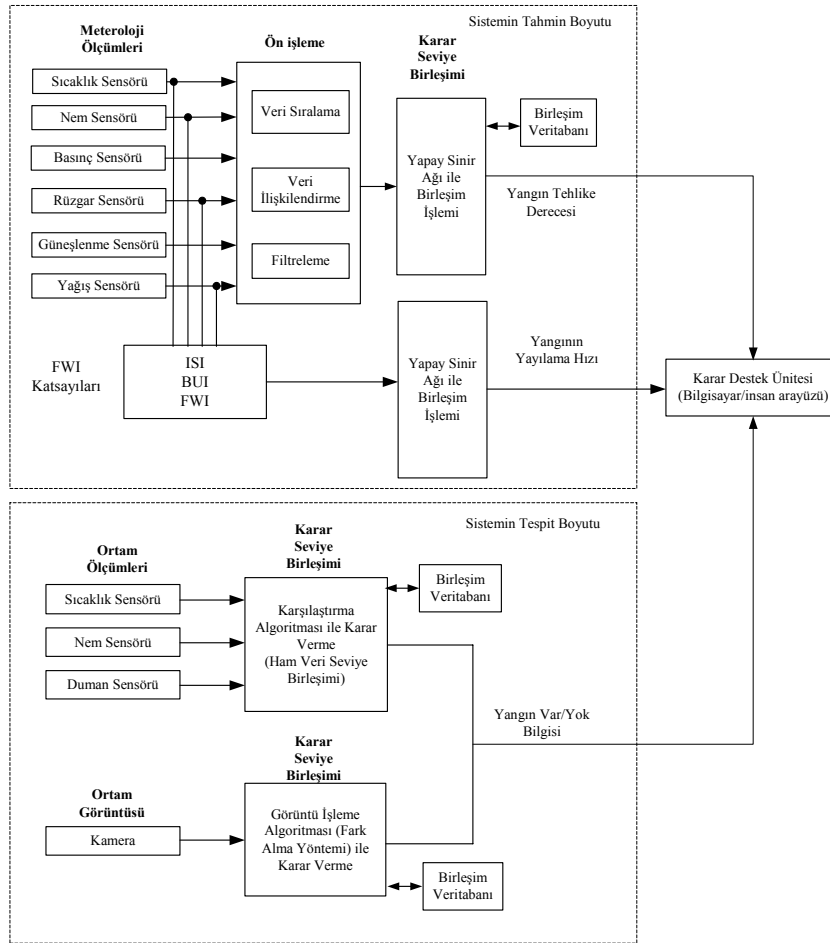
Şekil 2. Sistemde kullanılan meteoroloji istasyonu ve kamera
rilek gözlenen alanda yangın olup olmadığı tespit edilir. Gözlenen alana dağıtılan algılayıcı düğümlerinde ise sıcaklık, nem ve duman algılayıcıları bulunur. Algılayıcılardan alınan verilerin değişimine göre bölgede yangın olup olmadığı tespit edilir. Sistemin boyutlarında bulunan bu işlemleri gerçekleştirecek veri birleştirme süreci aşağıda anlatılmıştır.

3. VERİ BİRLEŞTİRME SÜRECİ

Veri birleştirme sürecini temsil edebilecek birçok model kullanılabilir. İşlevsel bir veri birleştirme modeli, işlevleri, veri tabanlarını ve bağlantıları gösterebilir. Mimari bir model ise yazılım/donanım yapılandırmasını, veri akışını ve dâhili/harici ara yüzleri göstermek için uygundur. Algoritmaları ve mantıksal süreçleri tanımlamak için ise matematiksel modeller kullanılmalıdır. Literatürde veri birleştirme sürecini en uygun şekilde tanımlayan işlevsel bir model Hall ve Llinas tarafından sunulmuştur (6). Bu çalışmada tasarlanan ve gerçekleştirilen veri birleştirme süreci için (6)'da sunulan veri birleştirme modeli temel alınmıştır. Bu model Şekil 3'de verilmiştir. Daha sonra modelde yer alan algoritmalar ORYÖS'ün tahmin ve tespit boyutlarına göre ayrı ayrı anlatılacaktır.

3.1. Sistemin tahmin boyutu

Şekil 3'de gösterilen modelin tahmin boyutu giriş verilerini meteoroloji istasyonunda bulunan çoklu algılayıcılardan alır. Modelin bu boyutunda hem orman yangını tehlike durumu derecelendirmesi yapılarak olası bir yangın, hem de meydana gelecek bir yangının yayılma hızı önceden tahmin edilmektedir. Her iki tahmin işlemi de YSA kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Aşağıda



Şekil 3. ORYÖS'ün veri birleştirme süreç modeli

bu işlemlerin nasıl yapıldığı ve kullanılan YSA yapıları anlatılmıştır.

3.1.1. Yangın tehlike derecelendirmesi ve YSA yapısı

Bu işlemin ana işlevleri ön işleme ve karar seviye birleştirme süreçleridir. Verilerin depolanması ve erişilmesi veritabanı yönetim sistemi tarafından yapılır.

Ön işleme; veri sıralama, veri ilişkilendirme ve filtreleme işlevlerinden oluşur. 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. Bu çalışmada farklı algılayıcılardan elde edilen ve zamana göre sıralanan farklı birimdeki veriler normalize edilerek ortak bir birime dönüştürülmüştür. Normalize etme işlemi verilerin (0-1) aralığında ifade edilmesiyle yapılmıştır. Normalize işlemi için kullanılan denklem Eş. 1'de verilmiştir.

$$X_i = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (1)$$

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.

Veri ilişkilendirme işlevi, algılayıcılardan gelen gözlemlerin gruplar içine ilişkilendirilmesi veya sıralanması problemiyle ilgilenir. Her bir grup tek bir farklı özdeşlikle ilişkilidir. Bu çalışmada sıcaklık, basınç, nem, rüzgâr, güneşlenme ve yağış verilerinin her biri yangın verileriyle ilişkilendirilmiştir. Bu verilerin arasındaki ilgisizliğin düzeltilmesi amacıyla da filtreleme işlemi yapılmıştır. Filtreleme işlemi için, difüzyon yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem; zamana göre sıralanan her bir verinin kendisinden önceki ve sonraki komşusuyla birlikte ortalaması alınarak güncelleştirilmesi esasına dayanır. Güncelleştirme işlemi arka arkaya defalarca yapılarak veriler gürültülerden daha da fazla arındırılır. Bu çalışmada veriler arka arkaya 100 kez ortalaması alınarak güncelleştirilmiştir. Bu yöntem için kullanılan formül Eş.2'de verilmiştir.

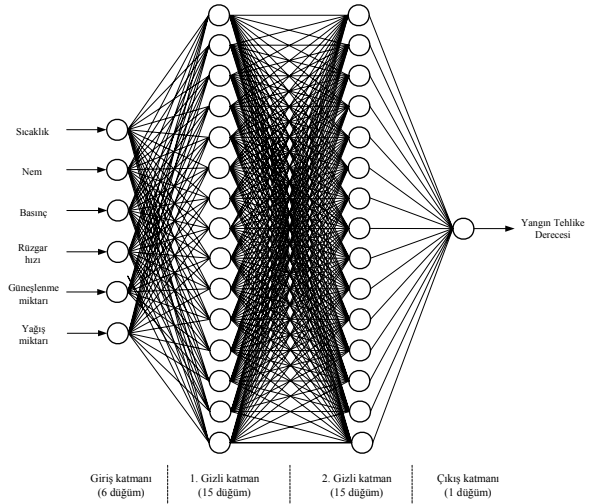
$$X_i = \frac{X_{i-1} + X_i + X_{i+1}}{3} \quad i=\{1,2,3,\dots,n\} \quad (2)$$

Burada i, gözlem sayısı olup X_i , i. sıradan gözlemin değerine eşittir.

Karar seviye birleştirme ise ön işleminin bir üst katmanıdır. Ön işlemede işlenen veriler karar seviye birleşiminde uygun algoritmalar kullanılarak birleşim sonucunu elde etmeye yarar. Bu seviyede, kümeleme, yapay sinir ağları, şablon yakalama metotları, Bayesian sonuç çıkarım metodu, Dempster-Shafer kanıt muhakeme metodu, genelleştirilmiş kanıt teorisi ve uzman

sistemler gibi algoritmalar kullanılabilir. Bu çalışmada hem yangın tehlike derecesini belirlemede hem de yangının yayılma hızının tahmininde YSA algoritması birleşim sonucunu elde etmek için kullanılmıştır. Çünkü veri birleştirme için YSA'ya olan ilgi onun muazzam paralel hesaplama ve genelleştirme yeteneğine sahip olmasından başka model seçimi ve sınıflandırılması, işlev tahmini, en uygun değeri bulma ve veri sınıflandırılması gibi işlerde başarılı olarak kullanılmasından da kaynaklanmaktadır. Ayrıca YSA'da ağ yapısı olarak, yüksek öğrenme, hata toleransı ve genelleme yapma kabiliyetine sahip olduğundan dolayı geri-yayımlı model kullanılmıştır. Geri yayılım tekniği, düğüm ağlarının ağırlıklarının ayarlanmasında çok güçlü bir metottur.

Geri-yayımlı YSA ağ yapısında bulunan gizli katman ve düğüm sayıları deneme yanılma yoluyla belirlenmiştir. Çünkü YSA uygulamalarında yapıda kullanılacak gizli katman ve düğüm sayılarını belirlemek için herhangi bir kural bulunmamaktadır. Sistemin karmaşıklığı genellikle gizli katmanların ve katmanlardaki düğüm sayılarının artmasıyla giderilir. Başlangıçta bir giriş katmanı, bir gizli katman ve çıkış katmanından oluşan ağ yapısı seçilmiştir. Algoritmadaki toplam hata değeri kabul edilebilir seviyeye ulaşmaya dek düğüm sayıları ve gizli katman sayısı artırılmıştır. Sonuçta tasarlanan ağ yapısı bir giriş katmanı, iki gizli katman ve bir çıkış katmanından oluşacak şekilde belirlenmiştir. Şekil 4'de yangın tehlike derecelendirmesi için kullanılan YSA'nın ağ yapısı gösterilmiştir.



Şekil 4. Yangın tehlike derecelendirmesinde kullanılan YSA ağ yapısı

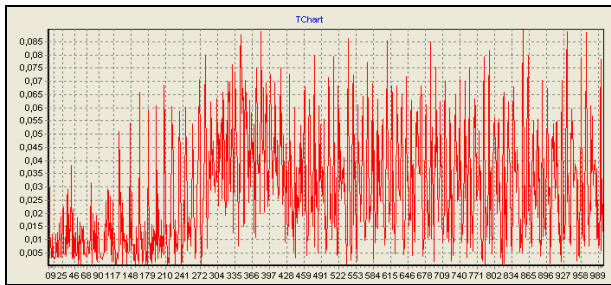
YSA ağ yapısının giriş katmanında 6 adet meteorolojik veri olduğu için 6 adet düğüm vardır. Birinci ve ikinci gizli katmanlarda 15 adet, çıkışta ise 1 adet düğüm vardır. Her bir düğümün çıkışı ağırlıklar üzerinden bir sonraki katmandaki düğümün girişi olarak bağlanmıştır. Aynı zamanda her düğümüne bir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

YSA'nın önemli avantajlarından bir tanesi az sayıdaki eğitim veri kümesiyle öğrenilme 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 modeli kullanılarak YSA'nın eğitimi kolayca yapılabilir ve öğrenme gerçekleştirilebilir. Bu yüzden çalışmada, YSA'nın eğitimi için danışmanlı öğrenme modeli kullanılmıştır.

Bu amaçla, yukarıda anlatılan ağ yapısına göre oluşturulan YSA modelinin eğitimi için geçmiş yıllardaki meteorolojik veriler ile orman yangını verilerine ihtiyaç duyulmuştur. Bu bağlamda, 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, güneşlenme şiddeti ve yağış miktarı verileri YSA'ya giriş veri kümesi olarak, yangın verileri ise çıkış veri kümesi olarak kullanılmıştır.

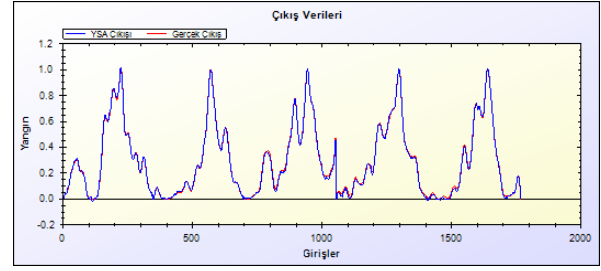
Eğitim sürecinde momentum ve öğrenme katsayılarının kullanılması ağ performansı üzerinde etkili olduğu gözlenmiştir. Bu katsayıların hesaplamaya katılması adım sayısında ve toplam ağ hatasında bir düşüş meydana getirmiştir. Bu tez çalışmasında YSA'da kullanılan momentum ve öğrenme katsayıları çeşitli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

Yukarıda anlatılan YSA yapısı ve katsayıları belirlendikten sonra eğitim gerçekleştirilmiştir. Eğitim aşısındaki toplam hata değeri kabul edilebilir bir seviyeye (0.03) düşüncüye kadar devam etmiştir. Bu süreç Centrino Core 2 Duo 2.2 GHz işlemcili bir bilgisayarda 5 saat kadar sürmüştür. Eğitim tamamlandıktan sonra aşısındaki toplam hatayı gösteren grafik Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 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 6'da gösterildiği gibi karşılaştırılmıştır.



Şekil 6. Gerçek çıkış ve YSA çıkışlarının karşılaştırılması

Şekil 6'dan görüldüğü gibi gerçek çıkış eğrisi (kırmızı çizgi) ve YSA çıkış eğrisi (mavi çizgi) birbirine çok yakındır. Bu durum YSA'nın eğitiminin iyi bir şekilde tamamlandığını ve çıkışta gerçeğe yakın değerler ürettiğini göstermektedir. Eğitimin tamamlanmasının ardından veritabanına kaydedilen ağırlık değerleri kullanılarak o anda meteoroloji istasyonundaki algılayıcılardan alınan veriler YSA'ya giriş olarak sunulur ve bu girişler sadece ileriye doğru yayılarak, yangının tehlike derecesi yüzde olarak YSA'nın çıkışından alınır.

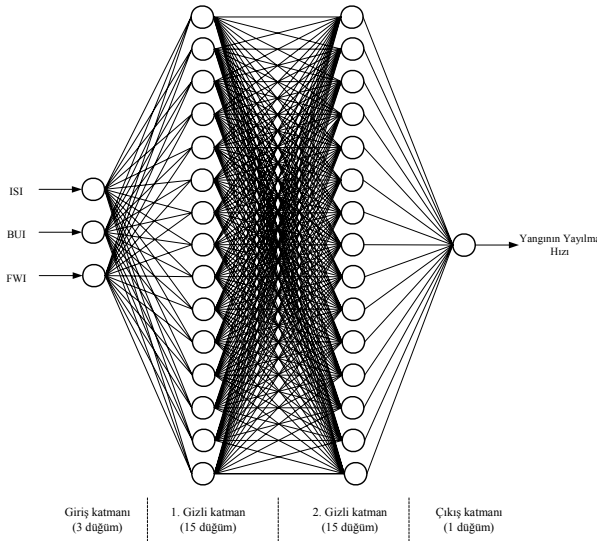
3.1.2. Yangın yayılma hızının tahmini ve YSA yapısı

Bu işlemde kullanılan YSA modeli, yukarıda anlatılan yangın tehlike derecesini belirlemede kullanılan model ile aynıdır. Yani algoritmanın bu bölümünde de danışmanlı öğrenme modeline sahip geri-yayımlı ağ yapısı kullanılmıştır. Ağ yapısı bir giriş katmanı, iki gizli katman ve bir çıkış katmanından oluşacak şekilde belirlenmiştir. Şekil 7'de belirlenen bu YSA yapısı gösterilmiştir.

YSA ağ yapısının girişinde Kanada Orman Servisi tarafından geliştirilen Yangın Hava Göstergesi ("Fire Weather Index" FWI) isimli modelde yer alan katsayılar kullanılmıştır (7). FWI sistemde toplam altı bileşeni vardır. Bunlardan ilk üçü; İnce Yakıt Nem Kodu (Fine Fuel Moisture Code, FFMC), Orta Yakıt Nem Kodu (Duff Moisture Code, DMC) ve Kuraklık Kodu (Drought Code, DC) olup, orman yüzeyindeki yakıtın nem oranını gösteren kodlardır. Diğer üç bileşen ise İlk Yayılım Göstergesi (Initial Spread Index, ISI), Gelişme Göstergesi (Buildup Index, BUI) ve Yangın Hava Göstergesinden (Fire Weather Index, FWI) oluşmaktadır. Bu göstergeler ise yangının davranışı hakkında bilgi sunarlar. Dolayısıyla bu üç gösterge yangının yayılma hızının tahmin edilmesinde YSA'nın girişi olarak seçilmişlerdir. Bu göstergelerin hesaplanması hakkında ayrıntılı bilgi (7)'den elde edilebilir.

YSA ağ yapısının giriş katmanında 3 adet FWI göstergesi (ISI, BUI, FWI) olduğu için 3 adet düğüm vardır. Birinci ve ikinci gizli katmanlarda 15 adet, çıkışta ise 1 adet düğüm vardır. Yukarıda gösterilen YSA'nın eğitimi için danışmanlı öğrenme modeli kullanılmıştır. Eğitim aşamasında 2002-2006 yılları arasındaki sıcaklık, nem, rüzgâr ve yağış verilerinden hesaplanan ISI, BUI ve FWI katsayıları giriş veri kümesi olarak, bu değerlere karşılık aynı günlerde meydana gelmiş

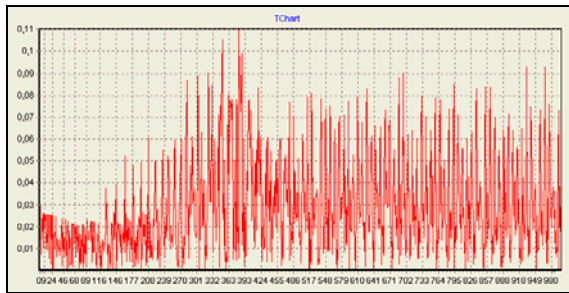
orman yangınlarının yayılma hızı (hektar/saat) ise çıkış veri kümesi olarak kullanılmıştır.



Şekil 7. Yangının yayılma hızının tahmin etmede kullanılan YSA ağ yapısı

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 ağdaki toplam hata değeri kabul edilebilir bir seviyeye (0.04) düşüncüye 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 ağdaki toplam hatayı gösteren grafik Şekil 8’de verilmiştir.

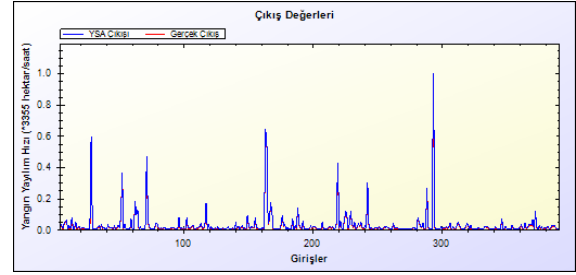


Şekil 8. Eğitim yapıldıktan sonraki (%) YSA hataları

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 9'da gösterildiği gibi karşılaştırılmıştır.

Şekil 9'dan 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 9. Gerçek çıkış ve YSA çıkışlarının karşılaştırılması

3.2. Sistemin tespit bölümü

Geçmişte, orman yangınlarını tespit etmek amacıyla temelinde insan gözetimi olan düzenekler veya sistemler kurulmuştur. 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.

Günümüzde, 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 sistemler geliştirmiştir ve kullanılmaktadır. Almanya'da FireWatch, Güney Afrika'da FireHawk, Kanada'da ForestWatch, İngiltere'de FireVu ve Fransa'da UraFire gibi sistemler bunlara örnektir. Ayrıca literatürde bu konuda yapılan çalışmalar da bulunmaktadır (8,9). Bütün bu sistemler gündüz boyunca duman algılama, gece boyunca yangın ateşini algılama sistemiyle çalışmaktadırlar.

Bunların dışında karasal gözetleme sistemlerinde algılayıcı ağları kullanılarak yapılan yangın tespit sistemleri üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır (10,11). Bu tip sistemlerde algılayıcı düğümleri gözetlenecek ormanlık alana dağıtılır. Algılayıcı düğümleriyle merkezi birim arasındaki haberleşme kablosuz bir şekilde yapılmaktadır. Düğümlerin her birinde sıcaklık, nem ve duman gibi algılayıcılar bulunur.

ORYÖS'ün otomatik orman yangını tespit bölümünde, yukarıda bahsedilen avantajları nedeniyle hem CCD kamera hem de kablosuz sensör ağları kullanılmıştır. Yani, yangının tespiti iki farklı algoritmayla yapılmaktadır. Bunlardan ilki, gözlenecek ormanlık alana kurulan kulenin tepesine yerleşik CCD kameradan alınan görüntülerin görüntü işleme algoritmasından geçirilmesiyle, diğeri ise ormanlık alana dağıtılan kablosuz sensör ağlarından elde edilen verilerin karşılaştırma algoritmasından geçirilmesiyle gerçekleştirilir. Bu durumda, her iki sistem de bireysel olarak gözlenen alanda bir orman yangını olup olmadığı hakkında bilgi üretir. Eğer gözlenen alanda bir yangın başladıysa, bu durumu

algılayan sistem alarm verir. Burada iki sistemi kullanılmadaki amaç birbirlerinin eksiklerini tamamlayarak sistemin güvenilirliğini artırmak ve yanlış alarm durumlarını en aza indirmektir. Bu açıdan bakıldığında tasarlanan sistem hem uygulama alanında teknolojik duruma bir yenilik getirmektedir hem de veri birleştirmenin amacını sağlamaktadır. Sistemin tespit bölümünü oluşturan otomatik orman gözetleme ve yangın algılama işleminin veri birleştirme modeli Şekil 3’de gösterilmiştir. Aşağıda modelde bulunan her iki algoritma ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

3.2.1. 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.

Fark alma yöntemi

Yeni çekilen bir resim bir önceki resimle karşılaştırılırken her iki resimde bulunan her bir pikselin R-G-B (Red-Green-Blue) değerleri bulunur. Daha sonra resimdeki her bir piksel için bu değerlerin farkları hesaplanır. Bu durum matematiksel olarak Eş. 5’de gösterildiği gibi ifade edilebilir.

$$\begin{aligned}\Delta R(x, y) &= R_t(x, y) - R_{t-1}(x, y) \\ \Delta G(x, y) &= G_t(x, y) - G_{t-1}(x, y)\end{aligned}\quad (5)$$

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

Eş. 5’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 fark 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 bulunduktan sonra, ilgili pikselin toplam fark değeri Eş. 6’de gösterildiği gibi hesaplanır.

$$TF(x, y) = \frac{1}{\sqrt{3}} \sqrt{\Delta R^2 + \Delta G^2 + \Delta B^2} \quad (6)$$

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 kararlaştırılır 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. 7’de gösterilmiştir.

$$P(x, y) = \begin{cases} P(x, y) = (1, 0, 0), & TF(x, y) \geq \theta \\ P(x, y) = P(x, y), & TF(x, y) < \theta \end{cases} \quad (7)$$

Eş. 7’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 olabilir. Bu yüzden eşik değeri yanlış alarm üretilmesine veya farkın algılanmamasına neden olamayacak büyüklükte seçilmiştir. 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.



(a)



(b)

Şekil 10. Deney amacıyla benzetimi yapılan (a) yangın olmayan durum, (b) yangın durumu görüntüleri

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. Şekil 10'da deneyi yapılan bu görüntüler gösterilmiştir.

Şekil 10 (a)'da yangın olmayan durum, (b)'de yangın durumu gösterilmiştir. Şekil 11'de ise bu resimlerin görüntü işleme algoritmasından geçirildikten sonra bulunan fark ve alarm durumu gösterilmiştir.



Şekil 11. İki resmin farkı alındıktan sonra dumanın algılanması ve yangın tespiti

Şekil 11'den 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 360050'dir.

3.2.2. Algılayıcı Ağları ve Karşılaştırma Algoritması ile Karar Verme

Kablosuz algılayıcı ağları ile yangının tespit edilmesi için tasarlanan bir algılayıcı düğümü Şekil 12'de gösterilmiştir.



Şekil 12. Algılayıcı düğümü

Şekil 12'de 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.

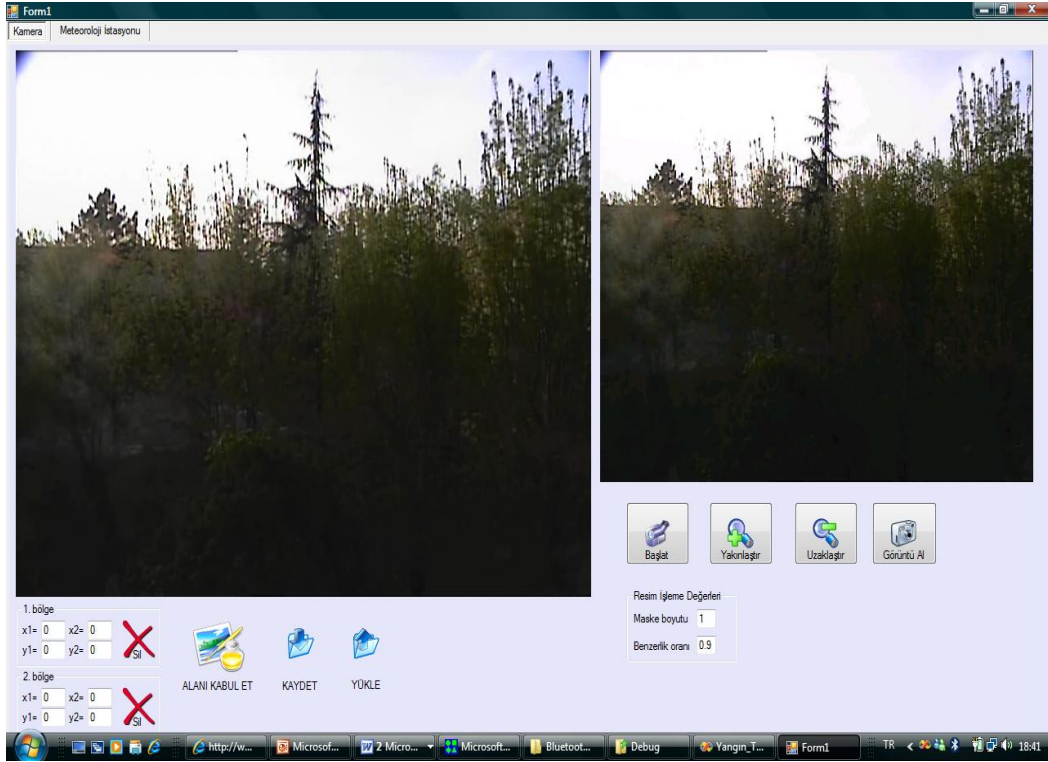
Algılayıcı düğümlerinden alınan bu veriler birleşim bilgisayarında karşılaştırma algoritmasından geçirilerek gözlenen alanda yangın tespiti yapılır. Karşılaştırma algoritması 1 dakika aralıklarla gelen verilerin farkını alır ve belirlenen bir eşik değeriyle karşılaştırır. Bu işlem her bir algılayıcı verisi için kendi içerisinde yapılmaktadır. Sıcaklık verileri örnek alınarak yapılan bu işlem Eş. 8'de verilmiştir.

$$Alarm(t) = \begin{cases} 1, & |S(t) - S(t-1)| \geq \theta, \\ 0, & |S(t) - S(t-1)| < \theta, \end{cases} \quad (8)$$

Eş. 8'de $Alarm(t)$; t anındaki anındaki alarm durumunu betimler. $S(i)$; t anındaki, $S(t-1)$ ise 1 dakika önce alınan $(t-1)$ anındaki sıcaklık verisini gösterir. Eğer bu sıcaklık verileri arasındaki fark θ , 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.

4. ORYÖS İÇİN GELİŞTİRİLEN ARAYÜZ PROGRAMI

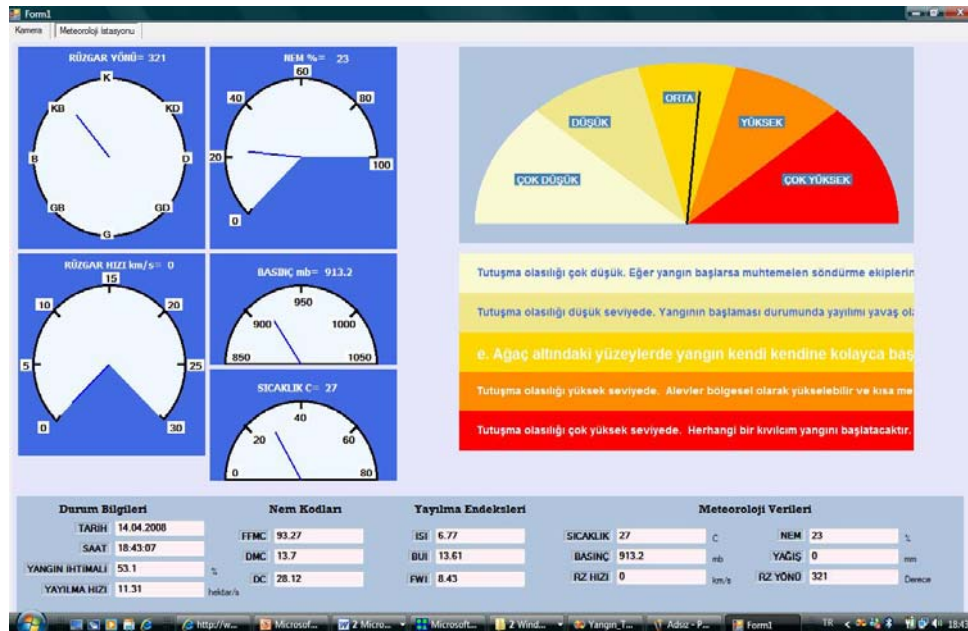
ORYÖS'ün merkezi gözlem biriminde bulunan bir operatör tarafından yönetilmesi gerektiğinden, sistemin takibinin yapılması amacıyla Visual C# programı kullanılarak bir arayüz hazırlanmıştır. Hazırlanan bu arayüzün tasarımı ORYÖS'de bulunan tahmin ve tespit boyutlarına uygun olacak şekilde yapılmıştır. Bu yüzden arayüz iki ana sayfadan oluşmaktadır. İlk sayfa sistemin tespit boyutuyla ilgilidir. Bu sayfada yangının tespitini gerçekleştirmek için kullanılan kameranın denetimi ile ilgili işlemler yapılmaktadır ve görüntü işleme algoritmasından elde edilen sonuçlar gösterilmektedir. Şekil 13'de sistemin tespit bölümü için tasarlanan arayüz sayfası gösterilmiştir.



Şekil 13. Tespit boyutu için tasarlanan arayüz sayfası

Şekil 13’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 şüpheli bölgeye yakınlaştırabilir ve bölge hakkında daha ayrıntılı bilgi elde edebilir. Sayfa-

Şekil 14’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



Şekil 14. Sistemin tahmin boyutuyla ilgili olan arayüz sayfası

nın 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.

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.

5. SONUÇ

Orman yangınlarından dolayı meydana gelen zararı azaltmanın en etkili yolu, koruyucu önlemlerin yanı sıra yangını hızlı bir şekilde tespit ve müdahale etmektir. Bu nedenle, günümüzde orman yangınlarını tahmin ve tespit etmek amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Ülkemizdeki mevcut orman varlığını korumak amacıyla bu çalışmada, YSA temelli çok algılayıcı veri birleştirilmesi kullanılarak bir Orman Yangını Önleme ve Yönetim Sistemi tasarlanmıştır. Buradaki amaç veri birleştirme tekniklerini kullanarak yangın hakkında yapılacak tahmin ve tespitin daha güvenilir olmasını sağlamaktır.

Son yıllarda çok algılayıcı veri birleştirilmesi hem askeri hem de askeri olmayan uygulamalarda önemli bir yere sahip olmaktadır. Veri birleştirme teknikleri, bir tek algılayıcı kullanılarak elde edilen sonuçlardan daha da geliştirilmiş hassasiyet elde etmek için çeşitli algılayıcılardan aldığı veriyi ve ortak olan veri tabanından aldığı ilgili bilgileri birleştirmektedir. Bu yüzden veri birleştirme tekniğinin ORYÖS’de kullanılması düşünülmüştür.

ORYÖS’de tahmin ve tespit olmak üzere iki boyutu vardır. Sistemin tahmin boyutunda; hem orman yangını tehlike derecelendirmesi yapılarak olası bir yangın, hem de mevcut bir yangının yayılma hızı önceden tahmin edilmiştir. Tespit boyutunda ise kamera ve kablosuz algılayıcı ağlarıyla gözlem altında tutulan ormanlık alanda henüz başlamış bir yangın erkenden tespit edilmiştir. Bu açıdan bakıldığında tasarlanan sistem hem uygulama alanında teknolojik duruma bir yenilik getirmektedir hem de veri birleştiriminin amacını sağlamaktadır. Ayrıca çalışmada, 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.

6. KAYNAKLAR

- 1) Bernabeu, P., Vergara, L., Bosh, I., Igual, J., “A prediction/detection scheme for automatic forest fire surveillance”, *Digital Signal Processing* 14, pp: 481–507, 2004.
- 2) Satoh, K., Weiguo, S., Yang, K.T., “A study of forest fire danger prediction system”, *Proceedings of the 15th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA’04)*, pp:1529-1534, 2004.
- 3) Hall, D., “Mathematical techniques in multisensor data fusion”, MA: Artech House, (1992,2004).
- 4) Biroğul, S., Sönmez, Y., Güvenç, U., “Veri füzyonuna genel bir bakış”, *Politeknik Dergisi*, Cilt:10, Sayı:3, s.235-240, 2007.
- 5) Elmas, Ç., “Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama)”, Seçkin Yayıncılık, 2003, Ankara.
- 6) D. L. Hall and J. Llinas., “An Introduction to Multisensor Data Fusion”, *Proceeding of the IEEE*, VOL. 85, NO. 1, 1997.
- 7) Van Wagner, C.E.; Pickett, T.L., “Equations and FORTRAN program for the Canadian Forest Fire Weather Index System”, *Canadian Forest Service, Ottawa, ON. Forestry Technical Report 33*, 1985.
- 8) Arrue, B.C., Ollero, A., Matinez de Dios, J.R., “An intelligent system for false alarm reduction in infrared forest-fire detection”, *Intelligent Systems and Their Applications*, IEEE Volume 15, Issue 3, May-June 2000 Page(s):64 – 73
- 9) Bodrozic, L., Stipanicev, D., Stula, M., “Agent based data collecting in a forest fire monitoring system”, *Software in Telecommunications and Computer Networks*, 2006. SoftCOM 2006. International Conference on, Sept. 29 2006-Oct. 1 2006 Page(s):326 – 330.
- 10) Son, B., Her, Y., Kim, J., “A Design and Implementation of Forest-Fires Surveillance System based on Wireless Sensor Networks for South Korea Mountains”, *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, Vol.6 No.9B, September 2006, Page(s):124-130.
- 11) Hefeeda, M, Bagheri, M., “Wireless Sensor Networks for Early Detection of Forest Fires”, In *Proc. of International Workshop on Mobile Ad hoc and Sensor Systems for Global and Homeland Security (MASS-GHS’07)*, in conjunction with IEEE MASS’07, Pisa, Italy, October 2007, Page(s):1-6.