
İnsansız Hava Araçlarıyla GÖRSELE DAYALI ERKEN YANGIN ALGILAMA SİSTEMİ

Mehmet Serdar Güzel
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Fen Bilimleri Fakültesi
Ankara Üniversitesi
Ankara, Gölbaşı
serdarmg@gmail.com

Ayşegül Yanık
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Fen Bilimleri Fakültesi
Ankara Üniversitesi
Ankara, Gölbaşı
aysegullyanikk@gmail.com

Mertkan Yanık
Makina Mühendisliği Bölümü
Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
Ankara, Etlik
mertkanyanik@gmail.com

30 Ekim 2019

ÖZET

Bu makalede orman yangınlarında erken algılama sistemlerine görsele dayalı yeni ve kesinliği artırılmış bir bakış açısı getirmek hedeflenmektedir. Sistemdeki mikroişlemci derin öğrenme metodları ile eğitilerek programlanmış insansız hava aracına yangın tanısının erken bulgusu olan duman görselini tanıyabilme yetisi kazandırılmıştır. Yangın tespitinde kullanılan yaygın algoritalarda en temel problem olan asılsız ihbar ve gözden kaçırma oranlarının yüksek olmasıdır. Alınan görselden çıkarılan sonucun teyit edilmesi ve fazladan bir sağlama aşaması tanımlanması sistemin güvenilirliğini arttıracak gibi sonucun kesinliğini de garantileyecektir. İnsansız hava aracının mobil görüş sağlaması sayesinde veriler yerinden, net ve sürekli alınabilecek kontrol noktası tarafından görüş açısı kontrol edilebilecektir. Makale konusu doğrultusunda geliştirilen uygulama simülasyon ortamında gerçekleştirilmiş ve analiz sonuçlarıyla erken yangın algılama sisteminin sağladığı avantajlar makalenin sonuç bölümünde işlenmiştir.

Keywords Gömülü Programlama · Raspberry Pi Projeleri · Dron Uygulamaları · İnsansız Hava Araçları · Nesne Tanıma/Algılama · Evrişimli Sinir Ağları · Denetimli Derin Öğrenme · Görüntü İşleme

1 Giriş

1.1 Motivasyon

Yangın görseli gerçek zamanlı akış içerisinde incelendiğinde gerek devinimi gerek içerdiği renk spektrumu gerekse dokusal yapısı itibarıyla bariz ayırt edici özellikler taşımaktadır. Bu niteliğiyle çeşitli filtreleme, kenar bulma, renk tanıma gibi araçlar yardımıyla gökyüzündeki ve ormandaki diğer doğal bileşenlerden kolayca ayrıştırılabilmektedir. Ancak ateş ve alev görülebilir hacme geldiğinde müdahale için hayli geç kalınmaktadır. Bu sebeple yangının daha erken bulgusu olan duman verisinden yola çıkarak yangın tanısına kanaat getirmek daha hızlı reaksiyon alınmasının önünü açacaktır. Yine de günümüzde geliştirilen uygulamalarda görüntü veya video girdisinin görüntü işleme algoritmalarıyla işlenmesinden elde edilen sonuçları yüksek oranda hatalar içermektedir. Yangın olan durumda sinyal verilmemesi veya yangın olmadığı halde sistemin alarm durumuna geçmesi hata olarak nitelendirilen durumlardır. Erken ve yerinde müdahale için bu durumlar en aza indirgenmelidir. Bu aşamada insansız hava araçları ile devriye gezen bir kontrol sistemi, yangının sağlanmasının yapılması ve daha net görüş sağlanması açısından fonksiyonel olacaktır. İnsansız hava araçlarının güç bileşeninden regüle edilen elektrikle beslenebilen bir mikro işlemci tercihi ile araçtan alınan verilerin kontrol istasyonuna gönderilmeden araç içindeki mikro işlemcinin TensorFlow kütüphanesi kullanılarak duman görseli tespiti için yapay öğrenme yoluyla eğitilmesi yangın ihtimalinin değerlendirilmesi aşamasında zaman tasarrufu sağlayacaktır. Bu çalışmada yanlış ihbar ve gözden kaçırma oranını minimize ederek süreci en verimli hale getirmek en temel amaçtır.

1.2 Arkaplan ve Literatür Taraması

Çalışmaya başlamadan önce, benzer çalışmaların araştırılması, projenin aşamalarının organize edilmesi, proje ön koşullarının yerine getirilmesi adına kapsamlı bir çalışma yürütüldü. Bu ön çalışma kapsamında, öncelikle insansız hava araçlarının tasarımında dikkat edilmesi gereken hususlar göz önünde bulundurularak, özgün bir araç gövdesi tasarlandı ve karbonfiber hammeddeden imal edildi. İnsansız hava araçları ile yangınla mücadele hususunda yürütülen diğer çalışmalar incelendi. Görsel verilerin işlenmesi ile yangın ögesinin saptanmasında kullanılan yazılımlar ve algoritmalar incelendi. Tüm bu araştırmaların sonucunda elde edilen bilgiler makalede özetle verilmiştir, bu bilgilerin ışığında insansız hava araçlarıyla görsele dayalı erken yangın algılama sistemi meydana getirildi.

1.2.1 Sistemin Tasarım Mimarisi ve Gereksinimleri

Projenin hedefi, insansız hava araçları ile sağlanan görü ve hareket yetisi kapsamında orman yangınlarında alınan sonuçlardaki hata oranının en aza indirgenmesidir. Bu amaç doğrultusunda insansız hava aracı üzerinde sisteme entegre çalışan bir mikro işlemci, önce derin öğrenme ile duman görseli için eğitilerek programlanacak ve araca görüntü anlamlandırma becerisi kazandırılacaktır. Projede yapay öğrenmede ve duman ayırt etmede raspberry pi mikro işlemcisi ve tensorflow derleyicisi kullanılmıştır. Suni ortamda kontrollü çıkarılan bir yangından tüten dumanın renk, doku ve boyut bakımından gerçeğine muadil olması için ağaç yakılması gerekecektir ve doğa tahribatına karşı geliştirilen bu uygulamada doğaya zarar verme riski göze alınamadığından sistem daha küçük bir örneklem ortamında test edilmiştir.

1.2.2 İnsansız Hava Araçlarıyla Yangın Algılama Sistemleri

İnsansız hava aracı denildiğinde, projeden bağımsız bilimsel çalışmaların (Gao & Cheng , 2019) büyük ölçüde insansız hava araçlarının tarihteki gelişimi, insansız hava aracı kullanımındaki yasal regülasyonlar ve araçların sınıflandırması üzerine çalışmalar yapıldığı gözlemlenmiştir. Sivil amaçlı kullanım alanı çerçevesinden bakılacak olursa insansız hava araçlarının gelişimi ve topluma kazandırılması son birkaç yıllık çalışmalarda hız kazanmıştır. Elektronik ve mekanik disiplinlerin bir arada çalışmasının ürünü olan bu araçların programlanmasıyla görü, otonom uçuş, sistematik atış mekanizması, labirentte yol bulma gibi problem çözme, diğer araçlarla iletişim ve sürü mantığıyla işbirlikçi rotasyon ve oryantasyon yetileri kazandırılarak insansız hava araçları pek çok görevde verimli ve etkili biçimde kullanılmaya başlandı. Havacılık, hata toleransı en az olan alanlardan biridir. İnsanlı araçlarla kıyaslandığında, uygulamalarda kullanımı bakımından insansız hava araçları az maliyetli, yüksek doğruluk oranıyla zaman tasarrufu sağlayan araçlardır. 18. yüzyıldan bu yana dünya literatüründe varlığını gösteren bu araçların, günümüzde yeni yeni yaygınlaşmasının temel nedeninin insansız hava araçlarının ilk kullanım alanının saldırı ve bombalama amaçlarına hizmet ediyor olması olduğu savunulmaktadır.

Aracın sınıflandırması hususunda aracın boyutları, operasyon irtifası, maksimum uçuş süresi, faydalı yük taşıma kapasitesi, faydalı yük türü, uçuş yöntemi, komuta biçimi, kullanım amacı, kalkış ve iniş yöntemi gibi unsurların temel alınmaktadır. Aracın kullanıldığı ülke ve bölgeye bunun yanı sıra aracın sınıflandırıldığı kategorisine bağlı olarak tabii olduğu kural ve yükümlülükler de değişiklik göstermektedir. Bazı kurallar ise uluslararası bağlamda geçerlilik göstermektedir. Örneğin, okunan kaynaklardan edinilen bilgiler dahilinde, resmi gün doğumu ve gün batımı arasında kalan gündüz süresi dışında uçuş yapmak yasaktır. Aracın, pilotunun görüş mesafesinin dışında kullanılması, araçla doğrudan ilgisi bulunmayan kimseler için kişinin belirli bir yükseklik ve yatayda belirli bir mesafeden yakınında aracın uçurulması yasaktır. Havadaki azami hız sınırı ve aracın yerden azami yüksekliği bölgesel olarak değişkenlik gösterse de yasalarla limitlenmiştir. Proje aracı, ağırlığı bakımından mikro hava aracı kategorisinde görülmektedir. Faydalı yükü ile birlikte toplam ağırlığı yaklaşık 1.350 gr olan aracı mikro dron kategorisinde görmek, yerinde olacaktır. Aracın boyutu değiştiğinde avantajlar ve dezavantajlar da değişmekte, çeşitlenmektedir. Örneğin; küçük araçların, büyük araçlarla kıyaslandığında daha düşük pil kapasitesiyle, uzun uçuşlar için uygun olmasa da manevra kabiliyeti ve hızlanma süresinin daha kısa olmasıyla daha atletik oldukları düşünülebilir. Kanat aralığı uzadıkça motorların birbiri ile etkileşiminin azalması sonucunda denge kurabilme yetisi artan araçların, daha az türbülansa girmesi ve daha dengeli bir uçuşun söz konusu olması da büyük aracın avantajları arasında düşünülebilir. İnsansız hava araçlarında sınıflandırma kriterleri değerlendirilirken, belli markaların ürettiği fabrikasyon araçların ve milli savunma teşkilatı veya kurumsal savunma teknolojileri geliştiren şirketlerin ürettiği, saygın çevrelerce kabul görmüş tasarımların örnek verildiğine dikkat etmek ve proje aracının hangi kategoriye ait olduğuna karar verirken kesin sonuçlara varmanın mümkün olmayacağını göz ardı etmemek gerekir.

1.2.3 Görsele Dayalı Yangın Algılama Sistemleri

Görsele dayalı yangın algılama sistemlerinde çeşitli ayırt edici unsurlar seçilerek yapay öğrenme yoluyla duman ve alev görsellerinin doğru ve tam olarak saptanması hedeflenmiş ve bu hedef doğrultusunda çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. FiSmo[1] ateş ve duman görsellerine ulaşmak için görseli parçalara ayırarak herbir parçayı yangın ve duman öğelerinin özellik vektörleriyle karşılaştırmış ve görselleri "yangın-var" ve "yangın-yok" kümelerine ayırmıştır. Sınıflandırma yapılırken herbir parçanın yerel renk pikselleri ve yerel doku niteliği dikkate alınmıştır. Veri kümesinde görseller eğitim verisi olarak kullanılmadan önce aynı resmin yalnızca bir kez kullanılmasına özen gösterilmiş, kullanılan görseller duruma göre etiketlenmiş ve "sadece duman", "sadece alev", "duman ve alev" ve "hiçbiri" olmak üzere alt kümelere bölünmüştür. Duman görseli su, sis, bulutlar ve ağaçlar gibi birçok farklı unsurla kolayca karıştırılabilir. Bu nedenle yangının tespit edilmesinde renk düzeni, ölçeklenebilir renk, renk yapısı, renk derecesi, köşe histogram, doku araştırma, doku spektrum gibi pekçok özellik çıkarıcı yöntem kullanılmıştır. Bunların yanısıra sonuçlar içerik tabanlı bir gözden geçirme sürecinden geçmiştir. Video girdisini değerlendiren çoğu duman algılama algoritması dumanın devinimsel hareketini temel alır. Duman, renk bakımından gri tonlanmış pikseller içinde aranır. Gerçekte bulgu öğeleri aydınlatma, sıcaklık, yanan materyal gibi birçok faktörden etkilenmektedir.

Duman görselinin aranabilmesi için eğitim veri seti tanımlanırken gerçek hayattan alınmış görsellerin kullanılması yaygın olarak tercih edilmektedir. Ancak, [2] gerçek hayattan alınan görsellerin boyutlandırmasındaki kısıtlar ve çeşitlilik açısından zengin olmaması nedeniyle sentetik duman görsellerinin üretilerek sistemin eğitilmesinde kullanılması uygun bulunmuştur. Sentetik verilerle gerçek verilerin kullanılması arasındaki en temel fark duman görselinin bulunması açısından istatistiksel dağılımdır. Test verileri gerçek hayattan alınan görsellerden oluşacağı için eğitim verileri ile test verilerinin istatistiksel dağılımının birbirine uygun olmaması hata oranını yükselterek problem teşkil edecektir. [2]Etki alanı adaptasyonu metoduyla duman görselinin değişken özellik uzayı gerçek hayattan alınan görsellere göre adapte edilmektedir. Bu adaptasyon temelli yöntemde yürütülen ilk adım duman durumunun şartları göz önünde bulundurularak yüksek değişkenlik gösteren sentetik duman görsellerinin rastlantısal olarak üretilmesinin sağlanmasıdır. Duman algılayan sistemlerde genel olarak görselin dokusundaki desenin algılanması özellik çıkarıcı ve sınıflandırıcı tasarımlarıyla mümkün olmaktadır.

Dumanın tipik karakteristik özellikleri muhtemel renk ve hareket spektrumu, histogram dizisi, dinamik dokusunun çıkarılmasında surfacelet dönüşümü, geçici duman yörüngesi, devinim yönelimli model, yerel ekstrem bölge segmentasyonu gibi yöntemlerle çıkarılabilir. Yangının erken fazlarında duman görseli dağınık bir transparan görünümde olduğu için görseli arka plandan bağımsız simüle etmek yerine arka planı duman katmanıyla perdelenmiş olacak şekilde kabul etmek daha gerçekçi sonuçlar almaya yarayacaktır. Aynı zamanda rüzgar etkisinin dumana vereceği şekil görselin görünümünü değiştireceğinden kapalı ortam ile açık ortamda çekilen fotoğraflar farklılık gösterecektir. Oluşturulacak sentetik verilerde de bu ayrım göz önünde bulundurulmalıdır. Aynı zamanda görselin hangi bakış açısından alındığı dumanın nasıl görüneceğini fazlasıyla etkilemektedir. Bu nedenle görseller değerlendirilirken bakış açısı tahminde bulunmak ve bu tahmini göz önünde bulundurarak görseli değerlendirmek daha gerçekçi sonuçlar elde etmeye yarayacaktır. [2]Bu çalışmadaki en ilginç unsurlardan biri sentetik görsellerden geçeceği hiç uymayan insan gözüyle bakıldığında gerçekçi görünmeyen sentetik verilerle gerçekçi görünenler kadar başarılı sonuçlar [2:22] vermiştir. Adaptasyona dayalı derin öğrenmede farklı tasarım seçenekleri kullanılmış ve bunların sonuçları değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmenin sonucunda doğru bulunan sonuç oranının en yüksek kaçırılan veya yanlış tespit edilen verilerin en düşük olduğu veri seti sentetik ve gerçek görsellerin karışımından oluşan hibrit küme olmuştur. Sentetik duman görseli gerçeğe kıyasla dumansız örneklerle daha çok benzerlik gösterdiğinden daha yüksek kaçırma oranı vererek tespit edilemeyen çok sayıda örneği yanlış sınıflandırmaktadır. [3]Sonuç olarak iyi bir derin öğrenme süreci için kullanılacak kaynak veri kümesinin içeriği oldukça etkilidir.

Video dizileri içinden dinamik yapıya bağlı yerel bilimsel desenlerden yola çıkılarak dumanın algılanması[4] yangın algılama sistemlerinden biridir. Video içerisindeki düzensiz hareket alanlarının belirlenerek destek vektör makinesi kullanılmasıyla dinamik doku özelliklerinin sınıflandırılması ve özellik vektörlerin boyutlandırmasına dayalı bir yöntem kullanılmaktadır. Birbirine komşu olan piksellerin ilişkisi göz önünde bulundurulmaktadır. Merkez pikselini bir eşik değeri kabul eden bir ikili(binary) desen çıkarılır. Bu desen filtresi görsel üzerinde gezdirilerek aynı devinime sahip komşu pikseller sınıflandırılır. Bu makaleye göre titreşim ışık ve hareket eden perdeler dumanla karıştırılabilecek öğelerdendir. Çünkü duman devinimine benzer bir akış ve hareket içerisindedirler. Makalede bloklara bölünmüş görsellerdeki dinamik doku özelliklerinin ayrıştırılmasında düzensiz hareket saptanan bölgeler üzerinden dinamik doku özelliklerin ayrıştırılmasının daha doğru sonuçlar verdiği ortaya konmuştur.

Orman yangınlarında duman tespiti için evrimsel sinir ağları[5] da kullanılmaktadır. Bu çalışmada da izleme kulelerinden alınan görseller üzerinde duman öğesi aranmaktadır. Kulelerin etrafındaki görülebilir mesafeyi gündüz normal görüşlü kameralarla, gece ise infrared kameralarla tarayan bir sistem kurgulanmıştır. Bu makalede[5] yapay sinir ağlarının çalışma prensibi, soyut olarak biyolojideki sinirsel iletime matematiksel model olarak ise Turing makinelerine benzetilmektedir. Yapay sinir ağındaki nöronlara rastlantısal gürültü eklenmesinin veri kümesindeki genelleştirmeyi

desteklediği ve dolayısıyla daha geniş test verileri için daha iyi sınıflandırma sonucu verebileceği savunulmaktadır. Fshell algoritması ile pikseller arası ilişki araştırılarak aynı ögenin parçası olan pikseller ilişkilendirilmiştir. Bu algoritma yürütülürken, herbir piksel referans pikselle karşılaştırılmış, eşiklendirmeye piksellerin birbirine bağlı olup olmadığına karar verilmiştir. Aralarındaki ilişkiye bağlı olarak fark yaratan bölgeler puanlandırılmıştır. İlişkilendirilmiş pikseller birleştirildiğinde eğim açısı, piksellerin arasındaki uzaklık ve birbirleriyle olan ilişki açısından duman görselinin parçacıklarıyla eşleşen pikseller duman sınıfına dahil edilir. aynı zamanda makalede[5] gerçekleştirilen sistemde kullanılıyor olmasına rağmen yangın algılama sistemlerinde gözlem kulelerinin kullanılmasının bir handikapından bahsedilmiştir. Yangın kaynağı, kulenin çok yakınındaysa duman kameranın üzerinde kalan bir alanda oluşacağı için görüş çerçevesinin dışında kalacaktır.

Gerçek zamanlı orman yangını saptanmasında korelasyon tanımlayıcıları da kullanılabilir[6]. Videodaki alanlar zaman-mekansal hareket alanlarına bölünür ve bölünen bloklar arasındaki korelasyon özellikleri çıkarılır. Bu makaleye[6] göre duman karakteristiği dumanın dağınıklığı, görünür hacmi, maksimum yüksekliği, grilik seviyesi ve eğim açısıdır. Ve bu karakteristik özellikler göz önünde bulundurulduğunda duman görseline en yakın hareketli devinim bulutlarda bulunmaktadır. Bu nedenle hareket algılanan bölgeler sınıflandırılmadan önce ayrıca hareket eden alanların hızının saptanması, hareket eden alanların renginin saptanması ve hareket eden alanlarda korelasyon bazlı bir sınıflandırma yapılması aşamalarından da geçirilir. Hareketli alanlardaki hızlı ölçmek için arka plan ayrıştırma yapılır ve arka plan yavaşça ve hızı artırılarak güncellenecektir böylece hareket eden nesneler tespit edilebilecektir. Duman renk modelinde ise lüminansı çok yüksek fakat krominansı çok düşük olan bölgelere odaklanılır. Çünkü çoğu duman görselinin ışık değeri fazla aydınlık ve renksiz denilecek kadar doygunluğu düşük görünür. Korelasyon metodunda ise bir destek vektör makinesi yardımıyla ikili maske oluşturularak piksel özellik vektörleri ile komşu pikseller arasında bir ilişki kurulur.

FiSmo[1] çalışmasında sistem FlickerAPI'den alınan yangın, kaza, alev, tutuşma, kamp ateşi, yanma, alev, kundakçılık, araba kazası gibi geniş bir yelpazede sonuçlar döndürecek anahtar kelimelerle ilişkili verilerin işlenip ayıklanmasıyla elde edilen bir veri kümesi ile eğitilmiştir. Oysa aynı çalışmada arkaplan öğrelerinin ormanda ve şehirde değişeceğinden yangın senaryosunun simule edileceği mekandan alınan verilerle veya muadilleriyle eğitilen sistemlerin test aşamasında daha doğru sonuçlar verebileceğine değinilmiştir. Bu durumda eğitim veri kümesi ile test veri kümesi arasındaki fark ne kadar az olursa sistemin doğru ve tam çalışma oranı o doğrultuda artacaktır. Bu[1] çalışmanın insansız hava araçları ile görsele dayalı yangın algılama sisteminden farkı temelde eğitim seti verilerinin orman yangını görselleriyle kısıtlanmamış olması dolayısıyla daha genel bir test kümesine göre tasarlanmış olmasıdır.

Yangın algılamada gerçek zamanlı veri akışı içinde saptama yapan sisteme rastlanmamıştır. Sistemler genelde belirli periyotlarda control birimine video veya fotoğraf öğelerini yollayarak değerlendirilmesi üzerine kurulmuştur. Duman kaynağı ile değerlendirilen girdiyi alan aracın bulunduğu konum arasındaki mesafe uzak olacağından duman görselinin boyutu ve yüksekliği perspektif açısından değişkenlik göstermektedir. Sistemlerde sağlama yapılması için tasarlanmış birden çok fazlı süreçlere de rastlanmamıştır. Bu da asılsız ihbar durumlarının kontrolünün sağlanması için beşeri kaynakların tüketilmesi zorunluluğunu doğurmaktadır. Aynı zamanda gerçekte duman olan bir veriyi algoritma duman olmayanlar sınıfına atayacak olursa bu tehletin gözardı edilmesine yol açacaktır.

1.3 Problem Formülasyonu

Yangın, erken algılanması ve erken müdahale edilmesi halinde hasar miktarı ciddi ölçüde azaltılabilen bir doğal afetdir. Yangınla savaşta, itfaiye kuvvetlerinin üstün çabalarına rağmen; trafik, geç gelen ihbarlar, yangın alanının arazözlerle müdahale açısından elverişli konumda olmaması gibi sebeplerle bazen yangına zamanında müdahale edilememektedir. Bu şekilde can ve mal kayıplarına neden olan elim gerçek, yangınla savaş sistemlerini gelişime ve iyileşmeye teşvik etmiştir. Konu orman yangınları olduğunda ise trafik veya yangının bulunduğu konum gibi metropoliten yaşamın ürettiği engeller yerine, zaman kısıtı aşılması gereken en önemli engeldir. Çünkü orman yangınları, en hızlı yayılan ve en geç fark edilen yangın tipidir. Üzerinde bulunduğumuz coğrafyada sıkça meydana gelen orman yangınlarının geç tespit edilmesi ve bu yangınlara geç müdahalelerde bulunulması sebepleriyle, ülkemizdeki yeşil alanlar gün geçtikçe daralmaktadır. Orman yangınlarının yoğunlukla meydana geldiği illerde ve yerel yönetim kurumlarının yangınla savaş ekipleri tarafından su tankeri ve arazöz araçlarının yanı sıra, helikopterlerle su taşınarak hava yoluyla da yangınlara müdahale edildiği ve bu yolla kara araçlarından daha hızlı sonuçlar elde edildiği bilinmektedir.

Helikopter gövdelerinin altına yerleştirilen su hazneleri ile yangın bölgesine ulaşılarak, suyun havadan boşaltılması yangını ivedilikle dindiren bir yöntemdir. Bunun haricinde günümüzde yangınla savaş birimleri tarafından aktif olarak kullanılan bilgisayarlı yangın tespit sistemleri var olsa da yangına kısa sürede ve etkili biçimde müdahale etmek sıklıkla mümkün olamamaktadır. Ormanlık arazilerin fiziksel yapısı ve orman yangınlarının yayılma hızına kıyasla karasal müdahale araçlarının hızının yetersiz kalması göz önünde bulundurulduğunda, orman yangınlarına müdahalede hava araçlarının kullanım alanlarının genişletilmesi, yangını durdurma veya yayılmasını engelleme amaçlarının yanı sıra yangınların erken tespiti ve gerekli merkezi birimlere yangın ihbarında bulunulması için de hava

araçlarının kullanılması, yangınlara daha etkili biçimde müdahalede bulunulmasına imkan sağlayacaktır. Bilgisayarlı görü ve yapay zeka sistemleri ile yangın ihbarlarının hayata geçirilmeden önce teyit edilmesi, yanlış ihbarların önüne geçerek kazanç sağlayacaktır. Problemi modellemek için öncelikle problemin etraflıca algılanması ve eğer problem bileşik yapıdaysa, problem bütününe alt problemlere bölünerek daha kolay idare edilmesini sağlamak gerekir. Problem, insansız hava araçları ile dinamik görsel verinin işlenerek ön tanımlı, özgül nesnenin ayırt edilmesi ve algılanan nesnenin ilgili bazı anlık bilgilerinin ölçülerek merkezi birimlere iletilmesi olmak üzere iki parçaya bölünebilir. Bu iki alt probleme ek olarak zaman kısıtının problemdeki ana limit olduğu çeşitli kısıtlardan oluşan evrensel küme için optimum koşulların sağlanması amacı güdülmektedir. İlk alt problem incelendiğinde, farklı boyut ve renklerdeki nesnelerin bulunduğu geniş bir arazinin belirli yükseklikten alınan görüntü çerçevesinin içinden seçilen özellikleri karşılayan nesnenin seçilmesidir. Yangın algılama olarak adlandırabileceğimiz bu alt problemin çözümü için nesne tanıma, nesne algılama, görsel veride kenar tanıma ve benzeri konulardaki güncel çalışmalar literatür taraması başlığı altında irdelenecek, bu çalışmalarda kullanılan çözüm yolları orman yangınlarıyla savaş temalı, asıl probleme uyarlanarak ve gerekli yenilikler ve iyileştirmelerle geliştirilerek kullanılacaktır.

İnsansız hava aracına entegre edilmiş mikrodnetleyici (mini bilgisayar), aldığı görüntü verisini görseli tarayarak, görüntünün tehdit unsuru içerip içermediğini kontrol eder. Bu adımda eğer tehdit unsuru tespit edilmemişse, araç rutin devriyesini sürdürerek yoluna devam eder. Tehdit unsuru tespit edilir ve görüntü işleme yazılımı ile yangın ifade eden duman, alev, ateş gibi nesneleri ayırt edilirse, yanlış alarmların önüne geçmek adına insansız hava aracı yeniden konuşlandırılarak, yangın potansiyeli olan konuma yaklaşarak askıda kalma (hover) durumuna geçer. Bu haldeyken alanın yeniden görüntüsü alınır ve bu görüntü üzerinden bu kez kenar belirleme filtreleri aracılığıyla yangın unsuruna renk niteliği bakımından uyan nesnenin kenar modeli çıkarılmış olur. Sistemin, dumanı tanımak üzere eğitildiği aşamada bir çeşit özellik haritası çıkarılacaktır. Bu harita temel alınarak, işlenecek güncel verinin herhangi bir tehdit unsuru kümesine dahil olup olmadığı kontrol edilebilir. Bu işlemde de pozitif sonuçla çıkan görsel alan için bu kez termal kamera görüntüsünden, ısı yayan bir nesneye benzeyip benzemediği kontrol edilebilir. Bu üç aşamayı geçen unsur, yangın ifade ediyor kabul edilerek, kablosuz iletişim yoluyla alarm sinyali ve yangının konum bilgisi, rüzgarın yönü ve şiddeti, tahmini yayılma süresi ve alanı gibi veriler oluşturularak gerekli birimlere iletebilir. Tehdit unsuru içermeyen görsel veriler derhal bellekten silinmeli, böylece yer tasarrufu sağlanmalıdır.

Problemin ikinci ana basamağı ise tehdit unsuru algılayan cihazların merkezi kontrol birimleri ile iletişime geçerek, yangının konumu, şiddeti, rüzgarın yönü ve hızı gibi yangının muhtemel yayılma hızını etkileyebilecek faktörler en acil biçimde yetkili müdahale birimlerine yönlendirilmesidir. Bu görevin sağlanması yangınla savaş için gelecek ekibin, ne ile karşı karşıya olduğunun bilinci ve hazırlığıyla görev yerine gelmesini, böylece daha etkili bir müdahale operasyonunun gerçekleştirilmesini sağlayacaktır. Yangının bilgileri ve söndürülmesine kadar geçen süre bakımından en uygun olan müdahale yöntemlerinin merkezi bir veritabanına kaydedilmesiyle, gelecekte bu verilerin analizi ve etkin müdahale biçimlerinin sistematik olarak eşleştirildiği bir otomasyon sistemi de tasarlanabilir. Alarm durumuna geçen sistemin alarm sinyalinin yanı sıra yollayacağı veriler için GPS ile konum belirlenmesi, mikrodnetleyiciye entegre edilecek anemometre ile rüzgarın hızının ve yönünün tespit edilmesi, görüntü işleme metodları ile yangının ne kadar geniş bir alanda etkili olduğunun belirlenmesi işlemlerinin mümkün olan en kısa sürede gerçekleştirilerek, elde edilen bilgilerin en hızlı ve fiziksel koşullara en uygun olan veri iletişim yoluyla gönderilmesi bu problem aşamasının temelidir.

Alt problemler arasında daha az önem taşıyan problemlerden biri de dronun devriye programının ve güzergahının tasarlanması, ormanlık alanların hava sahasında periyodik aralıklarla devriye gezen döner kanatlı insansız hava araçlarının, bölgeyi görüntü işleme teknikleri kullanarak taramasıdır. Bu devriye uçuşlarının sıklığı, optimum düzeyde ayarlanmalıdır. Çok sık bir periyotta görev alan dronların bataryaları çok sık tükenecek, cihazlar hava koşullarından daha çok etkilenecektir ve muhtemelen toplam keşif uçuşu sayısı ile yangının rapor edildiği uçuş sayısı oranı anormal bir tutarsızlık gösterecektir. Öyle ki uçuşların sayısı, yangın ihbarı sayısına oranla kabul edilebilir maliyette olmalıdır. Çok seyrek tayin edilen uçuş periyodu ise yangına zamanında müdahale etme avantajını kaybetmeye yol açabilir. Bu sebeple maksimum verim için, insansız hava araçlarının keşif uçuşlarının periyodu ve havada kalma süresi optimum bir sayısal değerde tutulmalıdır. Keşif uçuşları esnasında dronlar, yine belirli bir süre aralığıyla görsel veriler almalı ve bu verileri minimum sürede işleyerek tehdit oluşturabilecek bir alev, ateş, yangın veya duman ifadesinin görselde yer alıp almadığını sorgulamalıdır.

1.4 Tezin Hedefi

Tezin konu edildiği projenin hedefi, insansız hava araçları ile sağlanan görü ve hareket yetisi kapsamında, orman yangınlarında alınan sonuçlardaki hata oranının en aza indirgenmesidir. Bu amaç doğrultusunda, insansız hava aracı üzerinde sisteme entegre çalışan bir mikrodnetleyici, önce derin öğrenme ile duman görseli için eğitilerek programlanacak ve araca görüntü anlamlandırma becerisi kazandırılacaktır. Sonra gerçek zamanlı uçuş testleri ve modelin tahmin başarısının analizi sonucunda sistem iyileştirilerek geliştirilecektir.

Projede yapay öğrenmede ve duman ayırt etme görevi Raspberry Pi mikrodnetleyicisi üzerinde yürütülen Tensorflow kütüphanesi ile geliştirilmiş Python dilinde yazılan yapay zeka uygulaması ile gerçekleştirilmiştir. Model, önce masaüstü bilgisayarında eğitilmiş, sonra Raspberry Pi modülü üzerine eğitilmiş modelin gereken kısımları eklenerek, cihaza duman tanıma özelliği kazandırılmıştır. Raspberry Pi, bilgisayar programlama projelerini robotik ile birleştirmek, kendin yap tarzı projelerle, gündelik hayatta karşılaşılan sorunlara elektronik ve yazılımsal çözümler üretmek isteyen kişiler için mükemmel bir mini bilgisayardır. Projede kullanılan bu cihaz ve nasıl kullanılacağı hakkında, tez çalışmasında yeterince bilgi mevcuttur. Bu bakımdan, tezin amaçlarından biri de ilgili kişilerin Raspberry Pi mini bilgisayarının kullanımı ile ilgili bilgi edinebileceği bir kaynak teşkil etmesidir.

Her ne kadar araştırma çalışmasının temel hedefi orman yangınlarında meydana gelen hasarın en aza indirilmesi olsa da bunun yanı sıra gelişen teknolojilerden insansız hava araçları ile yazılım programlarının entegre çalıştığı sistemlerle farklı problemlerin de çözülebileceğine dikkat çekmek ve bu tür projelere teşvik etmek de tez projesinin hedefleri arasındadır.

1.5 Tezin Organizasyonu

Çalışma yürütülmeden önce, proje konusunun faydalı ve gerçekçi bir ruha sahip olması kriterini sağlaması beklenmiş ve bu doğrultuda bir tercih yapılmıştır. İnsansız hava aracı teknolojilerinin günden güne artan cazibesi beraberinde manuel ve internet ortamından erişilebilecek bilgi kaynaklarının da artmasına yol açmıştır. Aynı şekilde projede kullanılan Raspberry Pi modülünün de gömülü yazılım ve robotik projelerinde neredeyse bir mini bilgisayar denebilecek kapasite ve güçte çalışabilir durumda olması nedeniyle literatür ve metodoloji analizlerinin donanımsal kısmında epey vakit harcanmış, çok geniş bir bilgi kaynağı içinden faydalı ve ilişkili olan parçalar değerlendirilerek bu çalışmada gerekli kısımlarına yer verilmiştir. Fakat projenin gerçekleşmesi, insansız hava aracının yürür hale getirilmesi, mikrodnetleyiciye işletim sisteminin ve gerekli ortam platformlarının yüklenmesi, yazılımsal olarak görevlerin programlanması gibi aşamaların tümünde bu kaynaklardan edinilen bilgiler kullanılmıştır.

Tez çalışmasının hatlarına bakıldığında, bilgilendirme, özet ve giriş kısımları ile problemin formülasyonu bölümlerine göz atan okuyucu, proje hakkında genel bilgiye sahip olacaktır. Arkaplan ve literatür kısmında proje ile ilgisi bulunan bilimsel çalışmaların ve yaklaşımların önemli kısımları hakkında fikir edinilebilir. Ön hazırlık bölümünde yapay zeka ve görüntü işleme yazılımının çalışacağı test ve eğitim verilerinin edinilmesi sırasında göz önünde bulundurulmuş şartlar ve değişikliklerin sonuçlara olacak muhtemel etkisinden bahsedilmektedir. İnsansız hava araçlarıyla yangın algılama bölümüne gelindiğinde ise, projede kullanılan metotlara ve yazılımsal detaylara rastlanacaktır. Yürütülen testlerin sonuçları ise sonuç ve gelecek çalışmalar bölümünde yer almaktadır.

2 Ön Hazırlık Başlangıç

Ön işlemlerle uygun hale getirilen verilerin kullanılması modelin doğru sınıflandırma oranını ve doğru sınıflandırdığı nesnelerin tahmin yüzdesini arttıracığından, kullanılacak öğeler ön işlemlere tabi tutulmuştur.

2.1 Veri Kümelerinin Oluşturulması

Projede devriye gezen insansız hava araçlarının manevra kabiliyeti ve mobil oluşu sayesinde aynı bölge pekçok açıdan taranacağından sistemin eğitilmesinde kullanılan verilerinde, görsele bakış açısı ve görseldeki dumanın boyutları bakımından geniş ölçekte farklılık göstermesi şartı aranmıştır. Sentetik ve gerçek hayattan alınmış verilerden hibrit bir eğitim seti oluşturulmuştur.

2.2 Renk Modeli Çıkarılması

Duman renk modelinde (Wang Zhou , 2012) ise lüminansı çok yüksek fakat krominansı çok düşük olan bölgelere odaklanılır. Çünkü, çoğu duman görselinin ışık değeri fazla aydınlık ve doygunluğu renksiz denilecek kadar düşük görünür. Korelasyon metodunda ise bir destek vektör makinesi yardımıyla ikili maske oluşturularak piksel özellik vektörleri ile komşu pikseller arasında bir ilişki kurulur.

2.3 Hareket Eden Nesnelerin Segmentasyonu

Duman algılayan sistemlerde genel olarak görselin dokusundaki desenin algılanması, özellik çıkarıcı ve sınıflandırıcı tasarımlarıyla mümkün olmaktadır. Dumanın tipik karakteristik özellikleri; muhtemel renk ve hareket spektrumu, histogram dizisi, dinamik dokusunun çıkarılmasında Surfacelet Dönüşümü, geçici duman yörüngesi, devinim yönelimli model, yerel ekstrem bölge segmentasyonu gibi yöntemlerle çıkarılabilir. Yangının erken fazlarında duman görseli dağınık bir transparan görünümde olduğu için görseli arka plandan bağımsız simüle etmek yerine arka planı duman katmanıyla perdelenmiş olacak şekilde kabul etmek daha gerçekçi sonuçlar almaya yarayacaktır.

2.4 Nesnelerin Sınıflandırılması

Tez makalesinde geliştirilmesi tasarlanan metot iki biçimde çalışabilir. İlk olarak, belirlenen periyotta belirli sayıda resim çeken ve bu resimleri tarayarak anahtar nesneyi görselde arayan bir algoritma ile yangın tespit uygulaması geliştirilebilir. Bu metot hafıza korunması bakımından iyi olacaktır çünkü alınan görüntüler işlenerek tehdit unsuru içermediği tespit edildiğinde anlamsızlaşacağından silinebilir. Bu şekilde bir tür rekürsif işle – tara – kaldır – tekrar et prosedürü tanımlanabilir. Kullanılabilecek ikinci metot ise video akışı olarak akış içinde yangın bulgusuna rastlarsa alarm durumunu sisteme döndürür. Bu durumda video akışı zaten kaydedilmeyeceğinden, tek sorun dinamik verinin işlenmesi olacaktır. Bu iki metoddan biri seçilerek yangın taraması yapılır. Bunun dışında, otonom hava araçlarının önceden belirlenen rotada devriye gezmesi varsayılan hamle olarak belirlenir. Tensorflow Zoo nesne tanıma modelinin ssd_mobilenet_coco versiyonu projede nesne tanıma işlemlerinde kullanıldı. Hem masaüstü bilgisayarında hem de araç üstünde uçuşlarda kullanılan Raspberry Pi 3 model B+ mini bilgisayarında model sorunsuz çalıştı ve duman tanımda başarılı sonuçlar verdi.

2.5 Kamera ve Görüş Açısı Değişkenlerinin Değerlendirilmesi

Sistemdeki mikrodenetleyici, derin öğrenme metodları ile eğitilerek programlanmış insansız hava aracına yangın tanısının en erken bulgusu olan duman görselini tanıyabilme yetisi kazandırılmıştır. Yangın tespitinde kullanılan yaygın algoritmalarda en temel problem olan asılsız ihbar ve gözden kaçırma oranlarının yüksek olmasıdır. Alınan görselden çıkarılan sonucun teyit edilmesi ve fazladan bir sağlama aşaması tanımlanması sistemin güvenilirliğini arttıracığı gibi sonucun kesinliğini de garantileyecektir. İnsansız hava aracının mobil gözü sağlaması sayesinde veriler yerinden, net ve sürekli alınabilecek kontrol noktası tarafından görüş açısı kontrol edilebilecektir. Makale konusu doğrultusunda geliştirilen uygulama simülasyon ortamında gerçekleştirilmiş ve analiz sonuçlarıyla erken yangın algılama sisteminin sağladığı avantajlar makalenin sonuç bölümünde işlenmiştir.

3 Metodoloji

İnsansız hava araçlarıyla görsele dayalı erken yangın algılama sisteminde yangın görselinin işlenerek orman yangınının tespiti hedefi doğrultusunda kullanılan donanımsal ve yazılımsal araçlar ve teknikler bu bölümde incelenecektir. Sistemin en temel bileşeni, aracın güç kaynağından beslenen mikrodenetleyicidir. Sistemin yangın durumunu algılayabilmesi için görsel veri kümeleri kullanılarak eğitilecek olan program bu bileşen üzerinde çalıştırılacaktır. Bir bakıma projenin beyni olarak rol alan bu parça için projede Raspberry Pi mikrodenetleyicinin kullanımı uygun bulunmuştur. Cihaza, kendine has geliştirilen ve pek çok programı sorunsuz ve hızla çalıştırabilen Raspbian işletim sistemi yüklenmiştir. Debian tabanlı bir işletim sistemi olan Raspbian; OpenCV, Tensorflow vb. görüntü işleme ve yapay öğrenme kütüphanelerinin kullanımına uygundur ve mikrodenetleyiciye işletim sisteminin kurulumunun ardından terminal komut satırı üzerinden standart Linux komutları ile programların yüklenmesi ve çalışır hale getirilmesi mümkün olmuştur. Yapay öğrenme yetisinin araca kazandırılması noktasında, Python 3.6 dili kullanılmış ve pip üzerinden pillow, lxml, jupyter, Matplotlib, OpenCV ve Tensorflow kütüphaneleri kullanılmak üzere tanımlanmıştır. Duman görselinin arkaplan öğelerinden ayırt edilebilmesi için kullanılan modelde tanımlı, yürütülecek adımlar arasında arkaplan ayırıştırma, renk ve kenar modelleme, veri normalizasyonu gibi yöntemler bulunmaktadır. Projede kullanılan kütüphanelerde gömülü(built-in) bulunan metotlar, fonksiyonlar ve tanımlı değerler yardımıyla, modelin eğitim aşamasından sonra çağırılması ve kullanılması sırasında yapılması gereken adımlar masrafsız ve işlemciyi yormayacak şekilde ilerler.

4 Deneysel Sonuçlar ve Gelecek Çalışmalar

Eğitilen sistemin hızlı ve hata oranı düşük sonuçlar verecek biçimde eğitildiğinin matematiksel değerlendirmeler sonucunda saptandığına dair istatistikler ve sonuçlar bu bölümde yer alacaktır. Eğitim her modelde farklı sürede ve farklı iterasyon sayısında sonlandırılmıştır. Her bir modelin optimuma ulaştığı noktaya kadar eğitim sürdürüldüğünden, sonuçlar karşılaştırılırken de eğitimlerin bitirildiği anki kayıp değerlerini karşılaştırmak, görece doğru kıyaslama parametresi sayılabilir. Tensorflow'un CPU ve GPU üzerinde çalışan iki versiyonu mevcuttur. Model iki şekilde de eğitilmiştir. Aynı veri üzerinde çalışan aynı model, CPU üzerinde yürütülen eğitim işleminin 10 saat 32 dakika 54 saniye içinde geldiği noktaya, GPU üzerinde 1 saat 39 dakika 47 saniyede gelebilmiştir. Bu da, görsel veriler üzerinden yürütülen derin öğrenme algoritmalarının GPU üzerinde yürütüldüğü durumlarda, CPU ile kıyaslandığında modelin 6,34 kat daha hızlı eğitildiği gözlemlendi. Değişen eğitim ve test verilerinin ayrılma yüzdesi ile eğitilen dört farklı model arasında bir seçim yapılması için aynı kontrol grubu üzerinde yürütülen dört model üzerinde bir takım analiz işlemleri yürütülmüştür. Modellerin farklı bakımlardan tahmin başarısı ölçülmüş, modeller birbirleri ile kıyaslanarak içlerinden biri kullanılmak üzere tercih edilmiştir. Tercih edilen model %70 eğitim, %30 test verisi ile eğitilmiş olan üçüncü modeldir. Eğitim ve test verilerinin ayrılma yüzdesi bakımından dört ayrı model çıkarılarak aynı kontrol grubu üzerinde yürütüldü. Kullanılan modellerin sınanması sonucunda elde edilen matematiksel bulgular kullanılarak modellerin başarısı analiz edilmiştir. Derin öğrenme modellerinin çalışma başarısı değerlendirilirken kullanılan bazı temel ölçü türleri bulunur. Bunlar toplam doğruluk, pozitif yorum gücü, negatif yorum gücü, duyarlılık, F-değerlendirme ve özgüllük değerleridir. Bu değerler hesaplanırken, modellerin DP: doğru-pozitif (TP: true-positive), DN: doğru-negatif (TN: true-negative), YP: yanlış-pozitif (FP: false-positive) ve YN: yanlış-negatif (FN: false-negative) sonuç sayısı kullanılır. Doğru-pozitif ifadesi tez projesinde yürütülen çalışmanın yer aldığı örnek uzayda, gerçekte duman içeren görsel veriler için model tarafından da duman içerdiği sonucu çıkarılan işlem sayısını ifade etmektedir.

Doğru-negatif, gerçekte duman içermeyen ve model tarafından da duman içermediği saptanan görsel verilerin sayısını; yanlış-pozitif, gerçekte duman içermediği halde, modelin duman içeriyormuş gibi sınıfladığı görsel verilerin sayısını; yanlış-negatif ise, gerçekte duman içerdiği halde model tarafından duman içermiyormuş gibi sınıflanan görsel veri sayısını nitelendirmektedir. Doğru-pozitif ve doğru-negatif değerlerin yüksek olması, modelin gerçeğe uygun sonuçlar çıkardığını göstermektedir. Yanlış-pozitif sayısı çok olan modeller, yangın olmadığı halde itfaiye biriminin tetiklenme ihtimalinin yüksek olduğu, yanlış-negatif sayısı çok olan modeller ise yangın olduğu halde yangını göremeyerek ihmal durumuna yol açabilecek modellerdir denebilir. Bu durumda, kullanılacak modele karar verilmeden önce bu tür bir sayısal analizin yürütülmesi, projenin verimi açısından büyük önem taşımaktadır. Dört model için de, çıktı tablosunda (Çizelge 5.4) kaydedilen değerler kullanılarak hazırlanmış olan tahmin değerleri tablosunun (Çizelge 5.3) sonuçları temel alınarak, modellerin toplam doğruluk, pozitif yorum gücü, negatif yorum gücü, duyarlılık, F-değerlendirme ve özgüllük değerleri hesaplanmıştır. Toplam doğruluk değeri (accuracy), değerlendirme ölçütleri arasında en sezgisel ve temel olanıdır. Bir modelin yanlışken yanlış olarak, doğruysa doğru olarak sınıflandırabildiği veri sayısının toplam veri sayısına oranı toplam doğruluk değerini vermektedir. Pozitif yorum gücü (precision), doğru tahmin edilen pozitif gözlem sonuçlarının toplam pozitif tahminlere oranını, negatif yorum gücü ise doğru tahmin edilen negatif gözlem sonuçlarının, toplam negatif tahminlere oranını vermektedir. Duyarlılık (recall), modelin hassaslığını ölçmede kullanılır. Doğru tahmin edilen pozitif tahminlerin, gerçekte doğru olan (duman içeren) tüm görsellerin sayısına oranını vermektedir.

F-değerlendirme (f-score), pozitif yorum gücü ve duyarlılık değerlerinin ağırlıklandırılmış oranı sonucu elde edilen bir değerdir. F-değeri hesaplanırken hem yanlış-pozitif hem de yanlış-negatif değerler hesaba katılmaktadır. Sınıfların dağılımı dengeli olmadığında modelin başarısının ölçülmesinde toplam doğruluk ölçütüyle kıyaslandığında daha gerçekçi sonuçlar vermektedir. Özgüllük (specificity), ikili sınıflandırma testlerinde modelin istatistiksel başarısının ölçülmesinde kullanılan ölçütlerden bir diğeridir. Gerçekte doğru olmayan(duman barındırmayan) ve doğru olmayanlar sınıfına yerleştirilen veri sayısının, gerçekte yanlış olan (duman içeren) tüm görsellerin sayısına oranını vermektedir. Her biri duman içirme ve duman içermeme durumuna göre isimlendirilmiş olan resimlerden meydana gelen kontrol grubu üzerinde yürütülen dört modelin toplam doğruluk, pozitif yorum gücü, negatif yorum gücü, duyarlılık, F-değerlendirme ve özgüllük sonuçları hesaplanmış ve model değerlendirme tablosunda (Çizelge 5.4) verilmiştir. Modellerin tahmin gücünün değerlendirilmesinde kullanılan ölçütlerden hareketle, dört model içinde, doğruluk oranı, f-değeri ve pozitif yorum gücü bakımından tahmin oranı en yüksek modelin M3 olduğu gözlemlendi. Negatif yorum gücü ve duyarlılığı en güçlü olan iki modelin eşit oranla M2 ve M3, özgüllük bakımından en güçlü modellerin ise M1 ve M3 olduğu gözlemlendi. Tüm ölçütlerde, en başarılı modelin %70 eğitim ve %30 test verisi ile eğitilmiş M3 modelinin olduğu saptanmıştır. Modellerin tahmin gücünü karşılaştırmada kullanılan İşlem Karakteristik Eğrisi (ROC, Receiver Operating Characteristics) Analizi adı verilen değerlendirme yöntemi kullanılarak, modelin duyarlılık ve özgüllük oranlarını eksen kabul eden bir grafik oluşturulmasına dayanan bir yöntem mevcuttur. Tez çalışmasında eğitilen modellerin birbiri ile kıyaslandığında ne derece başarılı sonuçlar vermiş olduğu İşlem Karakteristik Eğrisi (ROC, Receiver Operating Characteristics) Analizi ile de ayrıca incelenmiştir. Sonuç olarak yine %70 eğitim ve %30 test verilerinden meydana gelen veri kümesi ile eğitilmiş olan üçüncü modelin en başarılı model olduğu sonucuna varılmıştır.

İşlem karakteristik eğrisi analizinde kelimenin tam anlamıyla bir eğri oluşması için, aynı modelden alınan sürekli verinin bir arada değerlendirilmesi gerekir. Oysa projede aynı modelin birden fazla tahmin ölçüm değeri bulunmamakla birlikte dört ayrı modelin birbiri ile ilişkisi irdelenmektedir. Bu durumda, analiz sonucu ortaya çıkan noktaların altında kalan alan, en doğru ölçüm sonucunu verecektir. İşlem karakteristik eğrisi analizinde kelimenin tam anlamıyla bir eğri oluşması için, aynı modelden alınan sürekli verinin bir arada değerlendirilmesi gerekir. Oysa projede aynı modelin birden fazla tahmin ölçüm değeri bulunmamakla birlikte dört ayrı modelin birbiri ile ilişkisi irdelenmektedir. Bu durumda, analiz sonucu ortaya çıkan noktaların altında kalan alan, en doğru ölçüm sonucunu verecektir. Böyle bakıldığında da, yine M3 modelinin tahmin başarısı bakımından en iyi model olduğu kabul edilebilir. M3 modeli Raspberry Pi'ye yüklenerek test çalışmaları yürütülmüştür. Uçuş testinin, kurallara uygun gerçekleştirilmesi için, Kızılcahamam Soğuksu Mili Parkı yakınlarında, insanlardan uzak ve korunaklı bir bölge tercih edilmiş, test uçuşu ve ilgili çekimler gün ışığından faydalanılarak gerçekleştirilmiştir. Duman kaynağı olarak ise, ayaklı emaye mangal içinde mangal jeli ile tutuşturulmuş, çalı çırpı ve dumanın hacimlenmesi için bir miktar plastik atık malzeme eklenmiştir. Sistemin test uçuşu sırasında hem Raspberry içinden, hem de dışarıdan dumanın ve aracın görüntüleri alınmıştır. Araçta, pilotun araca daha rahat hakim olmasına yarayabilecek bir görüş sistemi (FPV, First Person View) bulunmadığından, araç içinden alınan görüntülerde dumanı ortalamak çok zor olmuştur. Bu nedenle benzer projelerde, sürüş sırasında bir görüş desteği kullanılması tavsiye edilmektedir. Bunun yanı sıra titreşimden dolayı görüntüler oldukça bulanık ve karmaşık görünmektedir. Buna rağmen, duman tanıma modeli kusursuz çalışmış, ihmal edilebilir düzeyde lokalizasyon hatası gözlemlenmemiş ve benzerlik oranı her duman girdisinde aynı oranda başarı gösterememiş olsa dahi, proje test uçuşu başarılı sonuçlarla sonlandırılmıştır. İnsansız hava aracı uçuşu sırasında, araca VNC yöntemi ile bağlanılarak, Raspberry üzerinden yürütülen proje uygulaması sonucunda, çoğu karede duman görseli başarıyla tanınmış, alınan ekran görüntüleri kaydedilmiştir.

Tercih edilen model, başarıyla görevini icra etmiştir. Bu sonuçlardan hareketle, tasarlanan insansız hava aracı ile erken yangın algılama sisteminin, orman yangınlarının tespitinde kullanılması uygun görülmüştür. Sistemi iyileştirmek adına, insansız hava aracının azami uçuş süresi artırılmaya çalışılabilir böylelikle tek uçuşta kontrol edilebilecek alan genişletilebilir. Doğa dostu bu projedeki sistemin, LiPo batarya yerine güneş enerjisi gibi dönüştürülebilir enerji kaynaklarından beslenmesi sağlanabilir. Bunun yanı sıra, insansız hava aracında dumanın algılandığı durumlarda, monoküler derinlik algılama algoritmaları ile dumanın araçtan ne kadar uzakta olduğunun tahmin edilmesi ve bu iyileştirme sayesinde, yangının çıktığı konumun yer istasyonuna bildirilmesi mümkün kılınabilir.

Duman tanıma uygulamasına ek olarak aynı model, alev ve ateş görsellerini de algılamak üzere eğitilebilir ve insansız hava aracına aşağı doğru bakan bir kamera daha eklenerek, duman tespit edilen bölgenin üzerinde askıda duran araçta aşağı doğru ateş/alev taraması gerçekleştirilebilir. Bu sağlama aşaması, projenin sonucunun doğruluğunu pekiştirecektir. Projenin, benzer bilimsel çalışmalara ışık tutması dileğiyle, proje başarıyla sonlandırılmıştır.

Kaynaklar

- [1] Akyürek, S., Yılmaz, M.A., ve Taşkiran, M. (2012). İnsansız hava araçları Muharebe alanında ve terörle mücadelede devrimsel dönüşüm, *Bilgesam Yayınları, Rapor No:53*. Ankara.
- [2] Boroujeni, N. S. (2019). Monocular vision system for unmanned aerial vehicles. doi:10.22215/etd/2013-07242
- [3] Cazzolato, M. T., Avalhais, L. P., Chino, D. Y., Ramos, J. S., De Souza, J. A., & Rodrigues-Jr, J. F. (2017). FiSmo: A Compilation of Datasets from Emergency Situations for Fire and Smoke Anal. Retrieved from http://conteudo.icmc.usp.br/pessoas/junio/PublishedPapers/Cazzolato_et_al_SBBD2017.pdf
- [4] Celik, T. (2010). Fast and Efficient Method for Fire Detection Using Image Processing. *ETRI Journal*,32(6), 881-890. doi:10.4218/etrij.10.0109.0695
- [5] Chen, T., Wu, P., & Chiou, Y. (2014). An early fire-detection method based on image processing. *2004 International Conference on Image Processing*, 2004. ICIP 04.doi:10.1109/icip.2004.1421401
- [6] Xu, G., Zhang, Y., Zhang, Q., Lin, G., Wang, J. (2017, September 04). Deep domain adaptation based video smoke detection using synthetic smoke images. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0379711217302436>
- [7] Deep Learning in Python: Introduction to Deep Learning. (2019). doi:10.4135/9781526493446
- [8] Deep Learning with Tensorflow. (2017). Retrieved from <https://www.udemy.com/deep-learning-with-Tensorflow/>
- [9] Gad, A. F. (2018). Tensorflow Recognition Application. *Practical Computer Vision Applications Using Deep Learning with CNNs*, 229-294. doi:10.1007/978-1-4842- 4167-7_6
- [10] Gao, Y., & Cheng, P. (2019). Forest Fire Smoke Detection Based on Visual Smoke Root and Diffusion Model. *Fire Technology*. doi:10.1007/s10694-019-00831-x
- [11] Historical Aspects of Unmanned Aerial Vehicles. (2016). *Theory, Design, and Applications of Unmanned Aerial Vehicles*,1-45. doi:10.1201/9781315371191-2
- [12] How to Install Raspbian on Your Raspberry Pi SD Card. (2018, December 06). Retrieved from <https://extratechtalk.in/how-to-install-raspbian-on-your-Raspberry-pi-sd-card/>
- [13] Interfacing to the Raspberry Pi Input & Outputs. (2016). *Exploring Raspberry Pi*,217-273. doi:10.1002/9781119211051.ch6
- [14] Joseph, A., & Geetha, P. (2019). Facial emotion detection using modified eyemap–mouthmap algorithm on an enhanced image and classification with Tensorflow. *The Visual Computer*. doi:10.1007/s00371-019-01628-3
- [15] Ketkar, N. (2017). Training Deep Learning Models. *Deep Learning with Python*,215-222. doi:10.1007/978-1-4842-2766-4_14
- [16] Kurniawan, A. (2018). Programming on Raspbian OS. *Raspbian OS Programming with the Raspberry Pi*,79-96. doi:10.1007/978-1-4842-4212-4_3
- [17] Learning Object Model For Moving Foreground Object Detection Using Regression Method. (2017). *International Journal of Recent Trends in Engineering and Research*,3(3), 209-212. doi:10.23883/ijrter.conf.20170331.041.oehos
- [18] Lei, T., & Sewchand, W. (2002). Object detection and recognition via stochastic model-based image segmentation. *Sixth Multidimensional Signal Processing Workshop*. doi:10.1109/mdsp.1989.96994
- [19] Lei, W., & Liu, J. (2013). Early Fire Detection in Coalmine Based on Video Processing. *Proceedings of the 2012 International Conference on Communication, Electronics and Automation Engineering Advances in Intelligent Systems and Computing*,239-245. doi:10.1007/978-3-642-31698-2_35
- [20] Lin, G., Zhang, Y., Zhang, Q., Jia, Y., Xu, G., & Wang, J. (2017, November 30). Smoke detection in video sequences based on dynamic texture using volume local binary patterns. Retrieved from <http://www.itiiis.org/digital-library/manuscript/1855>
- [21] Lum, C. W., Summers, A., Carpenter, B., Rodriguez, A., & Dunbabin, M. (2015). Automatic Wildfire Detection and Simulation using Optical Information from Unmanned Aerial Systems. *SAE Technical Paper Series*. doi:10.4271/2015-01-2474
- [22] Merino, L., Dios, J. R., & Ollero, A. (2014). Cooperative Unmanned Aerial Systems for Fire Detection, Monitoring, and Extinguishing. *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles*,2693-2722. doi:10.1007/978-90-481-9707-1_74
- [23] Meyer, J., Du, F., & Clarke, W. (2009). Design Considerations for Long Endurance Unmanned Aerial Vehicles. *Aerial Vehicles*. doi:10.5772/6482

- [24] Object Detection and Tracking with OpenCV and Python ... (2017). Retrieved from <https://www.bluetin.io/OpenCV/object-detection-tracking-OpenCV-python/>
- [25] Patel, P., & Tiwari, S. (2012). Flame Detection using Image Processing Techniques. *International Journal of Computer Applications*,58(18), 13-16. doi:10.5120/9381-3817
- [26] Pattanayak, S. (2017). Introduction to Deep-Learning Concepts and Tensorflow. *Pro Deep Learning with Tensorflow*, 89-152. doi:10.1007/978-1-4842-3096-1_2
- [27] Perlich, C. (2017). Learning Curves in Machine Learning. *Encyclopedia of Machine Learning and Data Mining*,708-711. doi:10.1007/978-1-4899-7687-1_452
- [28] Ranftl, R., Vineet, V., Chen, Q., & Koltun, V. (2016). Dense Monocular Depth Estimation in Complex Dynamic Scenes. *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. doi:10.1109/cvpr.2016.440
- [29] Habiboglu, H., Gunay, O., Cetin, A., (2011). Real-time wildfire detection using correlation descriptors. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/266070837_Real-time_wildfire_detection_using_correlation_descriptors
- [30] Santana, P., Gomes, P., & Barata, J. (2012). A vision-based system for early fire detection. *2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*. doi:10.1109/icsmc.2012.6377815
- [31] Seebamrungsat, J., Praising, S., & Riyamongkol, P. (2014). Fire detection in the buildings using image processing. *2014 Third ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC)*. doi:10.1109/ict-ispc.2014.6923226
- [32] Shaikh, F. (2018, July 13). Understanding and Building an Object Detection Model from Scratch in Python. Retrieved from <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2018/06/understanding-building-object-detection-model-python/>
- [33] Shaqura, M., & Shamma, J. S. (2017). An Automated Quadcopter CAD based Design and Modeling Platform using Solidworks API and Smart Dynamic Assembly. *Proceedings of the 14th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics*. doi:10.5220/0006438601220131
- [34] Sharma, V. A., & Rajesh, M. (2018). Building a quadcopter: An approach for an Autonomous Quadcopter. *2018 International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)*. doi:10.1109/icacci.2018.8554718
- [35] Smoke detection in video sequences based on dynamic texture using volume local binary patterns. (2017). *KSI Transactions on Internet and Information Systems*,11(11). doi:10.3837/tiis.2017.11.019
- [36] Spy your pet with a Raspberry Pi Camera Server. (2017). Retrieved from <https://hackernoon.com/spy-your-pet-with-a-Raspberry-pi-camera-server-e71bb74f79ea>
- [37] Süleyman, Gündükbay, Uğur, B., & Enis, A. (2019, February 05). Deep Convolutional Generative Adversarial Networks Based Flame Detection in Video. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/1902.01824>
- [38] Tensorflow. (2019, July 15). Tensorflow/models. Retrieved from https://github.com/Tensorflow/models/tree/master/research/object_detection
- [39] Tensorflow : Tensorflow. (2019). Retrieved from <https://www.tensorflow.org/>
- [40] Tensorflow: A System for Large-Scale Machine Learning. (2016). Retrieved from <https://www.usenix.org/system/files/conference/osdi16/osdi16-abadi.pdf>
- [41] Toreyin, B. U., & Cetin, A. E. (2009). Wildfire detection using LMS based active learning. *2009 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*. doi:10.1109/icassp.2009.4959870
- [42] Toreyin, B., Dedeoglu, Y., & Cetin, A. (2005). Flame detection in video using hidden Markov models. *IEEE International Conference on Image Processing 2005*. doi:10.1109/icip.2005.1530284
- [43] Tyagi, V. (2018). Introduction to Digital Image Processing. *Understanding Digital Image Processing*,1-12. doi:10.1201/9781315123905-1
- [44] Video Smoke Detection using Deep Domain Adaptation ... (2017). Retrieved from <https://www.nfpa.org/-/media/Files/>
- [45] Wang, T., Liu, Y., & Xie, Z. (2011). Flutter Analysis Based Video Smoke Detection. *Journal of Electronics & Information Technology*,33(5), 1024-1029. doi:10.3724/sp.j.1146.2010.00912

- [46] Wang, W., & Zhou, H. (2012). Fire detection based on flame color and area.
2012 IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering (CSAE).
doi:10.1109/csae.2012.6272943
- [47] Wang, Z., Wang, Z., Zhang, H., & Guo, X. (2017). A Novel Fire Detection Approach Based on CNN-SVM Using Tensorflow.
Intelligent Computing Methodologies Lecture Notes in Computer Science, 682-693. doi:10.1007/978-3-319-63315-2_60
- [48] Wildfire Smoke Detection using Convolutional Neural Networks. (2015). Retrieved from http://www.inf.fu-berlin.de/inst/ag-ki/rojas_home/documents/Betreute_Arbeiten/Master-Hohberg.pdf
- [49] Xeriansyah, R. (2007). Defect Detection in Thermal Image using Thresholding Technique. Retrieved from https://www.academia.edu/8879203/Defect_Detection_in_Thermal_Image_using_Thresholding_Technique
- [50] Xu, G., Zhang, Y., Zhang, Q., Lin, G., & Wang, J. (2017). Deep domain adaptation based video smoke detection using synthetic smoke images.
Fire Safety Journal, 93, 53- 59. doi:10.1016/j.firesaf.2017.08.004
- [51] Zhang, F. (2015). Obstacle Detection Using Monocular Camera for Low Flying Unmanned Aerial Vehicle.
doi:10.22215/etd/2015-10769
- [52] Zhang, Q., Lin, G., Zhang, Y., Xu, G., & Wang, J. (2018). Wildland Forest Fire Smoke Detection Based on Faster R-CNN using Synthetic Smoke Images.
Procedia Engineering, 211, 441-446. doi:10.1016/j.proeng.2017.12.034
- [53] Zhou, B., Song, Y., & Yu, M. (2015). Video Fire Smoke Detection Based on Static Features of Smoke.
Journal of Advanced Computing. doi:10.7726/jac.2015.1009