TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

TARIM TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

TAKIM ADI

VT DWELLERS

PROJE ADI

Yapay Zeka İle Elma Hastalıkları ve Zararlı Tespiti

BAŞVURU ID

326513

İçindekiler

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Günümüzde, gelişen teknoloji, tarım sektöründe uygulama alanı bulmuş ve artan bir ivme ile ilerlemeye devam etmektedir. Teknolojik ilerlemeler ve bu ilerlemeye olan talep Yapay

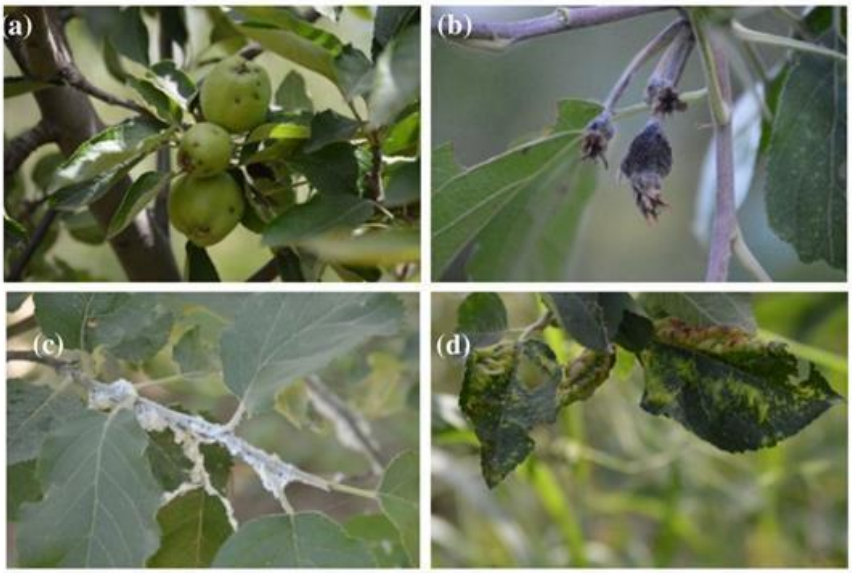
Zekâ (YZ) teknolojisi yaşamın her alanında yer almasına yol açmıştır. Tarımda oluşan talep karşısında tarımsal üretimin gelişme hızını ve verimini artırmak için YZ teknolojisini vazgeçilmez bir araç durumuna gelmiştir (Ercan vd., 2019; Kapoor vd., 2016). Tarımsal ürünün görüntülenmesi, izlenmesi ve analizi ile sürdürülebilirlik, verimin artırılmasını sağlanabilir. Kaynakların en uygun kullanıldığı, çevreye duyarlı ve yüksek verimli Akıllı ve Hassas Tarım (AHT) gerçekleştirilmiş olur (Bozdoğan vd., 2016; Reinecke ve Prinsloo, 2017; Murugan vd., 2017). YZ ve Görüntü İşleme (Gİ) yaklaşımlar AHT'de kullanılan teknolojilerdir. YZ ve Gİ yardımıyla, tarım ürünlerinin takibi ve analizi, zararlı tespiti, zararlı dağılımının belirlenmesi, kayıp ve hasar tespiti ve dağılımı, sulama ve drenaj planlaması, verim analizi, envanter çıkarılması, havadaki patojenlerin analizi, kimyasal seçimi ve kullanımı ve bu uygulamaları içerebilen tarım otomasyonu gibi bir çok farklı uygulama gerçekleştirilebilmektedir (Türkseven vd., 2016; Şin ve Kadıoğlu, 2019; Mogili ve Deepak, 2018; Mahmood vd., 2019; Agarwal vd., 2018; Aydoğan, 2018).

Bitki hastalıkları ve zararlıları tespitinde derin analizler yapmaksızın görüntü işleme ve YZ destekli tespit yapabilmek önem kazanmaktadır. Bununla birlikte bireysel cep telefonları ile günümüzde yüksek çözünürlükte görüntü elde edilebilmektedir. Ulaşılabilir bu görüntüler YZ destekli uygulamaları ile tarım alanında maliyet, zaman, iş yükü gibi konularda kazanç sağlar. Ayrıca ulaşılmak istenen hedefte yüksek performans sağlayabilir. Elma ülkemizde en çok üretilen meyvelerden birisidir (Türkoğlu ve Hanbay 2019a, Türkoğlu vd., 2019b). Bu proje kapsamında elma ağacından cep telefonu ile elde edilen görüntüler yukarıda belirtilen hastalık ve zararlı tespiti yapabilen YZ destekli bir ara yüz oluşturulması amaçlanmaktadır. Böylece tasarlanan ara yüz elma görüntülerindeki hastalıkları tespit ederek, iş yükü ve zamanın azaltılması, verimli ve daha doğru analiz sonuçlarının elde edilmesi planlanmaktadır.

2. Problem/Sorun:

AHT, günümüzde tarımda kullanılan yeni bir yöntemdir (Türkseven vd., 2016; Murugan vd., 2017). Elma ülkemizde yaygın olarak üretilen ve ticareti yapılan bir tarım ürünüdür. Ülkemiz dünyada elma üretiminde beşinci ve ekim alanında ise üçüncü sıradadır. Ayrıca ülkemizde elma kara lekesi (Venturia Inaequalis), Monilya (Monilinia Laxa), elma pamuklu biti (Eriosoma

Lanigerum) ve elma yeşil yaprak biti (Aphis pomi Deg) sık rastlanan hastalık ve zararlılardır. Bu hastalıklar ve zararlılar Şekil 2.1'de gösterilmiştir (Türkoğlu ve Hanbay 2019a, Türkoğlu vd., 2019b).



Şekil 2.1. Elma hastalıkları ve zararlıları için görüntü örnekleri: (a) Kara leke hastalığı, (b) Monilya hastalığı, (c) Elma pamuklu biti, (d) Elma yeşil yaprak biti

Bu hastalıklar ve zararlılar daha yüksek maliyetler ve düşük verimlilikle kayıplara neden olan en büyük faktörlerdir. Örneğin, elmadaki pamuk biti hastalığı elma yaprakları ve meyvelerinde semptomatiktir. Benekli meyvelerin piyasa değeri yoktur ve hastalık % 30-60 verim kaybına neden olur. Ayrıca yağış gibi mevsimsel koşullar nedeniyle hastalığın yayılmasına ve yeni enfeksiyonlara neden olur (TÜİK, 2018). Bu nedenlerden dolayı hastalık önceden tespit edilmeli ve diğer ağaçlara yayılmasını önlemek için önlemler alınmalıdır. Bu kapsamda ülkemizde AHT uygulamalarının eksikliği belirlenmiştir. Ürün kalitesini ve verimliliğini arttırabilmek ve iş yükünü azaltmak için yenilikçi çözümlerden YZ destekli belirtilen hastalık ve zararlıları tespit eden ara yüz gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.

2.1 Çözüm

Bu proje tarlada yetiştirilen elma ürünlerine ait görüntüler hastalık ve zararlı tespiti yapılacaktır. Bu görüntüler cep telefonu ile kolaylıkla elde edilecek olup, görüntüleri bilgisayar ortamında analiz edilecektir. Proje kapsamında iki temel aşamanın gerçekleştirilmesi planlanmaktadır:

Hastalık tespiti ve zararlı bitkilerin belirlenmesi. Hastalık tespiti aşaması için gerekli temel ölçüt bitkinin rengidir. Genellikle, sağlıklı bitkiler türlerine bağlı olarak yeşil, su kaybı veya sağlıksız olanlar yeşilin daha farklı tonlarında renklere sahiptir. Hastalık tespitinde bir diğer ölçüt görüntüler ile belirlenen değişimlerin analizidir. Bu değişimler ile bitkilerin kalite endeksleri elde edilir ve ürünlerin sağlıklı olup olmadığı daha kolay belirlenir. Zararlı bitkilerin belirlenmesi aşamasında, yetiştirilen ürünlerin türlerine bağlı olarak ile özel sınıflandırmalar gerçekleştirilecektir. Uzman görüşlerine bağlı olarak belirlenen sınıflara ait görüntüler ile yetiştirilen bitki ve zararlıların ayrımı kolayca yapılabilir. Proje kapsamında gerçekleştirilecek bu aşamalarda YZ uygulama alanı olan derin öğrenme yöntemleri kullanılacaktır. Derin öğrenme yöntemlerinde yüksek performans kriterlerini elde edebilen AlexNet mimarisi kullanılmıştır. AlexNet mimarisi yüksek kapasiteli görüntü ver setleri ile eğitilmiş modellerdir.

Bu eğitilmiş modelleri kendi problemimize uygulanma işlemi transfer öğrenme olarak adlandırılmaktadır. Transfer öğrenme görece küçük veri setlerin de daha yüksek başarımlar elde edilmesini sağlamaktadır. En yüksek test değerlerine sahip modeller belirlenecektir. En iyi başarıma sahip eğitilmiş model ile son kullanıcıya hazır ara yüz yapılacaktır.

3. Yöntem

Günümüzde bilgisayar teknolojilerinin gelişmesi görüntü işleme ve yapay zeka yöntemlerinin performanslarında ilerleme sağlamıştır. Ayrıca cep telefonu ve dijital kameralar gibi teknolojik cihazların hayatımıza etkin bir şekilde girmesi görüntü, video gibi verilerin artmasına neden olmuştur. Bu sebeple görüntü işleme ve yapay zeka uygulamaları kaçınılmaz hale gelmektedir. Bir görüntü sınıflandırma işlemi öznitelik çıkarma ve bu özniteliklerin YZ yöntemleri ile sınıflandırma işlemi olmak üzere iki adımdan oluşmaktadır. Öznitelik çıkarma veriden insan tarafından veriyi temsil yeteneğine sahip parametrelerin hesaplanması işlemidir. Bu parametrelerin belirlenmesinde probleme ilişkin veride uzmanlık gerektirmektedir. Hesaplanan öznitelikler YZ yöntemleri ile sınıflandırılmaktadır. YZ yöntemleri İnsan öğrenme becerilerinden ilham alan Yapay Sinir Ağları (YSA) YZ teknikleri arasında önemli bir yere sahiptir. Bilgisayar hesaplama yeteneğindeki artış YSA'yı daha sofistike ve ileri versiyonu olan Derin Öğrenme (DÖ) yöntemine dönüşmesinde önemli rol oynamaktadır.

3.1. Derin Öğrenme

Derin öğrenme mimari açısından YSA'ladan daha karmaşıktır. Tıpkı beyinde olduğu gibi DÖ nöronların ilişkisine ve bağlantı şekillerine dayanmaktadır. Diğer YZ yöntemlernden farklı olarak DÖ, işlenmemiş (öznitelik çıkarılmamış) ve daha büyük miktarda veri ile çalışma imkan sunmaktadır. Özellikle görüntü gibi sınıflandırma problemlerinde tercih edilmektedir. Evrişim birim içeren DÖ mimarileri Evrişimsel Sinir Ağları (ESA) olarak adlandırılmaktadır. ESA mimarisi insandan bağımsız bir şekilde öznitelik öğrenme ve sınıflama yeteneğiyle sınıflandırma yapabilmektedir (Türkoğlu ve Hanbay 2019a; Türkoğlu, 2019c).

3.2. Evrişimsel Sinir Ağları

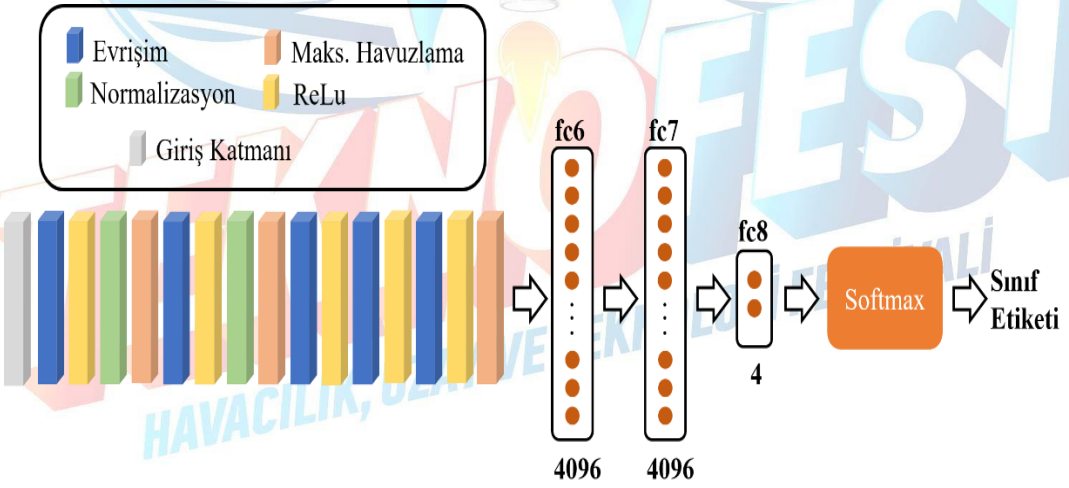
ESA görüntüyü öznitelik çıkarma yapılmaksızın doğrudan giriş olarak alabilmektedir. Bu işlem evrişim katmanlarında görüntüye filtreler uygulayarak daha soyut temsiller elde edilmesiyle yapılabilmektedir. Böylece otomatik bir şekilde sınıflandırma işlemi yapabilmektedir. ESA mimarisi Giriş katmanı, evrişim katmanı, havuzlama katmanı, aktivasyon katmanı, normalizasyon katmanı, tam bağlı katman, dropout katmanı ve sınıflandırma katmanından oluşmaktadır. ESA mimarisinin ilk katmanı olan giriş katmanında görüntü bir işlem olmaksızın ağa uygulanır. Evrişim katmanı ESA mimarisinin temeli olup burada n×n (3×3, 5×5, vb) filtreler giriş katmanından gelen görüntüye uygulanarak yüksek seviyeli özniteliklere sahip çıkış görüntüsü elde edilir. Yüksek seviyeli öznitelikler havuzlama katmanı ile boyutu azaltılır. Havuzlama katmanı ağın hesaplama yükünü azaltır ve ağın ezberlemesinin önüne geçer. ESA mimarilerinde tipik olarak maksimum, minimum ve ortalama

değerleri alınarak havuzlama işlemi gerçekleştirilir. Aktivasyon fonksiyonu ESA çıktılarını belirli bir eşik değerine göre aktifleştirmek için kullanılır. ESA'larda yaygın olarak ReLu aktivasyon fonksiyonu kullanılır. Normalizasyon verilerin belirli bir aralıkta ölçeklenmesini sağlayarak ESA'nın performansını artırılmasında rol oynar. Tam bağlı katman kendinden önce gelen katmanın bütün alanlarına bağlı olup mimarilerin başarımlarını en uygun hale getirmek için kullanılır. Bir ESA mimarisinin aşırı öğrenme ya da ezberlemesinin önüne geçmek için olasılıksal eşik değerine sahip Dropout katmanı kullanılır. Bu eşik değerine göre gereksiz veriler unutularak ağın performansı artırılır. ESA mimarisinde verinin sınıf etiket değeri sınıflandırma katmanında atanır (Türkoğlu ve Hanbay 2019a; Türkoğlu, 2019c). .

ESA mimarileri ekran kartlarında bulunan Grafik İşleme Birimi (GİB) gibi güçlü donanımlar üzerinde uzun süreler sonunda eğitimi tamamlanmaktadır. Düşük donanımlı sistemlerde DÖ yöntemleri transfer öğrenme yaklaşımı ile uygulanabilmektedir. Ayrıca küçük giriş veri seti olan durumlarda transfer öğrenme etkili çözüm sağlamaktadır. Bu projede AlexNet mimarisi kullanılmıştır (Türkoğlu ve Hanbay 2019a; Türkoğlu, 2019c).

3.3. AlexNet Mimarisi

Şekil 3.1'de verilen AlexNet mimarisi sekiz tanesi eğitilebilen yirmi beş katmandan oluşmaktadır. Bu katmanlar beş evrişim, yedi relu aktivasyon fonksiyonu, üç maksimum havuzlama, iki dropout, üç tam bağlı katman ve bir adet softmax katmanıdır.



Şekil 3.1. AlexNet mimarisi

AlexNet mimarisinde fc6, fc7 ve fc8 katmanları tam bağlantılı katmanlardır. AlexNet giriş olarak 227×227×3 boyutlu görüntü kabul eder (Türkoğlu ve Hanbay 2019a; Türkoğlu, 2019c).

3.4. Veri Seti

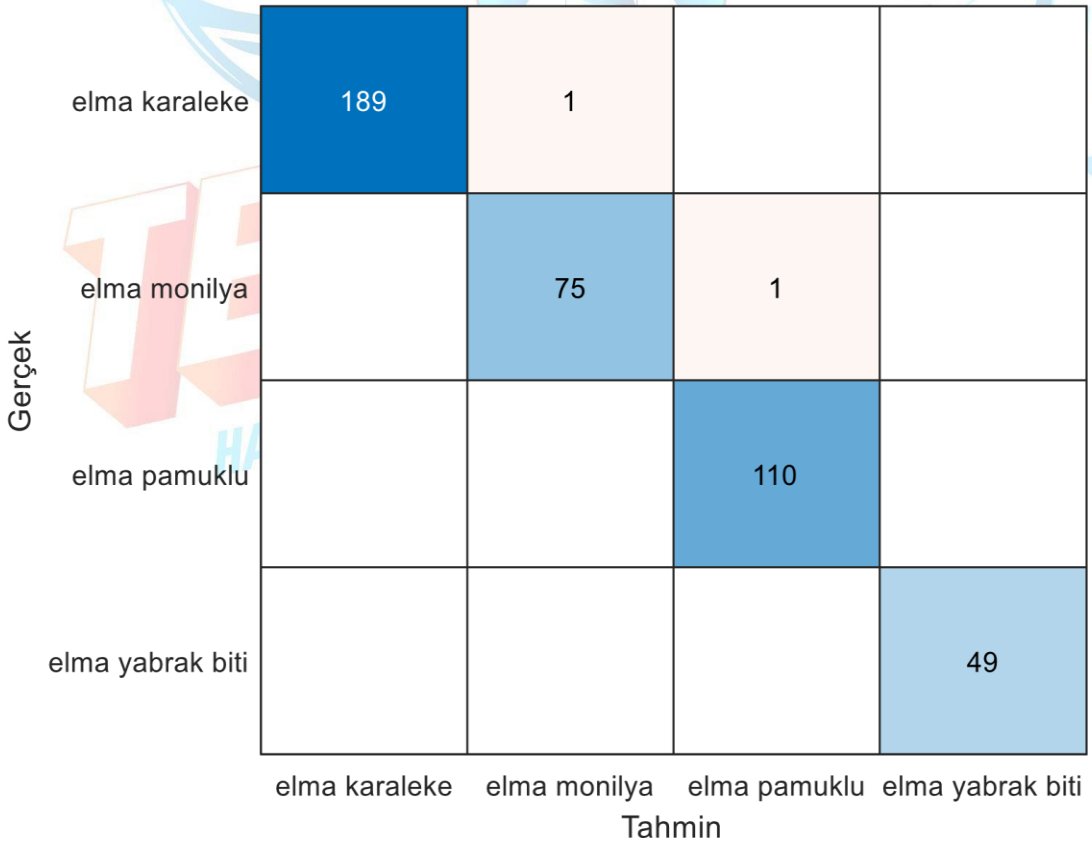
Bu çalışmada (Türkoğlu,2019c)'den alınan elma hastalıkları veri seti kullanılmıştır. Veri Seti 4 hastalığa ait görüntülerden oluşmaktadır. Veri setine ilişkin Veriler Tablo 3.1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Veri Seti hakkında bilgi

Sınıf	Eğitim	Test	Toplam
elma karaleke	443	190	633
elma monilya	179	76	255
elma pamuklu	256	110	366
elma yaprak biti	113	49	162
Toplam	991	425	1416

3.5. AlexNet Eğitimi ve sonuçlar

Veri seti %70 eğitim kalanı testte kullanılacak şekilde rasgele ikiye bölünmüştür. AlexNet öğrenme oranı 1e-4, her iterasyonda 8 görüntü ile 30 tekrar ile eğitilmiştir. Bu parametreler ampirik yolla belirlenmiştir. Eğitim 5310 iterasyonda tamamlanmıştır. AlexNet elma hastalıklarını %99.53 başarım ile sınıflandırmıştır. AlexNet modeline ait test sonuçları Şekil 6'da verilen karmaşıklık matrisi ile detaylıca incelenmiştir.

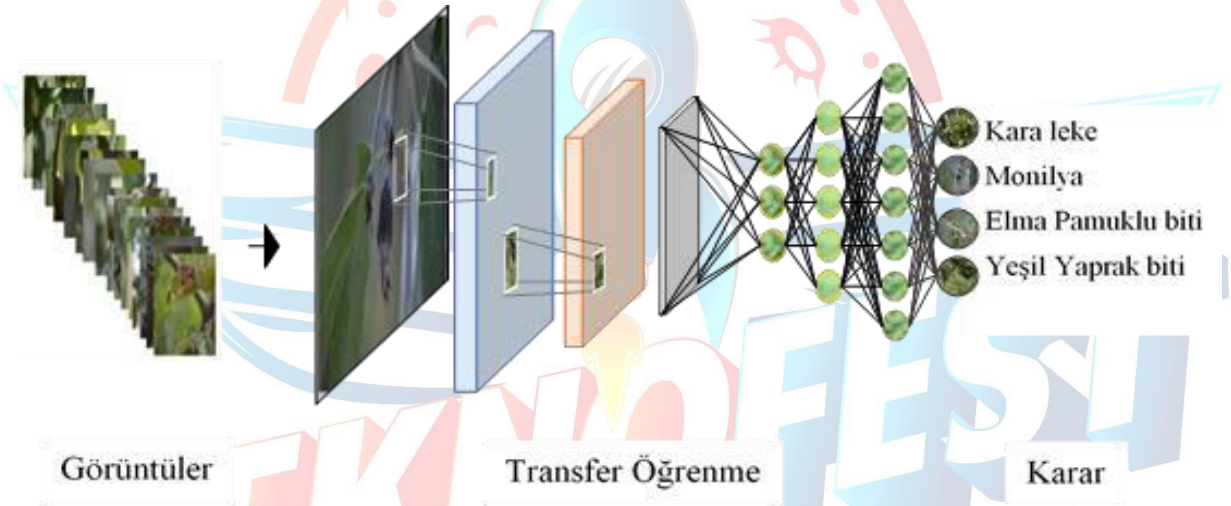


Şekil 3.2. AlexNet modeli karmaşıklık matrisi

Şekil 3.2'de görüleceği üzere AlexNet sadece bir Elma monilya hastalığını elma karaleke olarak tahmin etmiştir. Yine şekilden görüleceği üzere bir elma monilya hastalığını elma pamuklu ile karıştırmıştır. Elma pamuklu biti ve elma yaprak bitini ise doğru şekilde ayırt etmiştir.

4. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

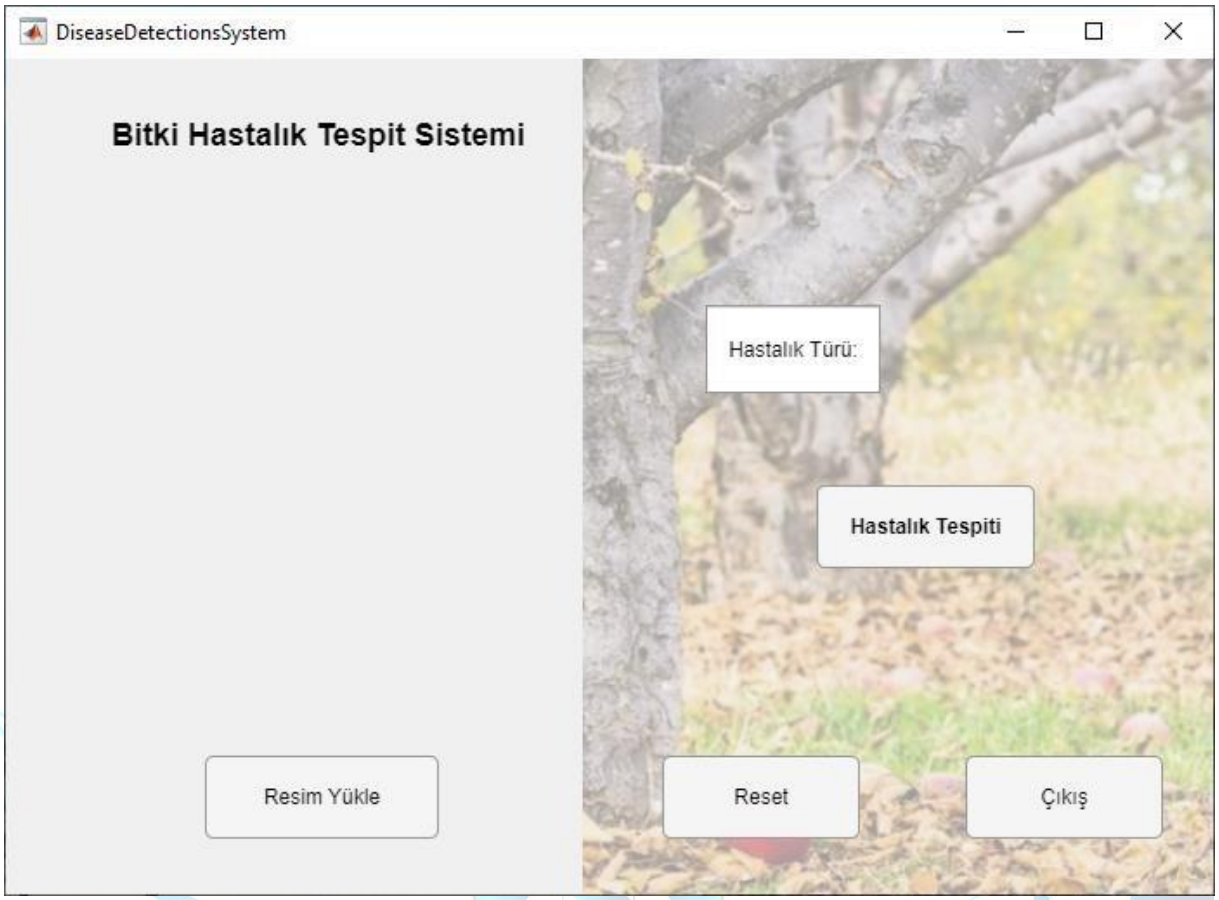
Geliştirilecek ara yüzde kullanılacak YZ yaklaşımının, gösterimi Şekil 4.1'de verilmiştir. Bu gösterime göre, yüksek başarım değerleri sağlayan transfer öğrenme yöntemleri amaca uygun çıkışlar ara yüz hazırlanacaktır. Böylece, ülkemizde daha önce yapılmamış son kullanıcıya hazır ve özgün ve yüksek başarım değerleri üretebilen AHT uygulamasının gerçekleştirilmesi planlanmaktadır.



Şekil 4.1. Kullanılması planlanan yöntemin blok şeması

Oluşturulması planlanan görsel ara yüz Şekil 4.2'de verilmiştir.

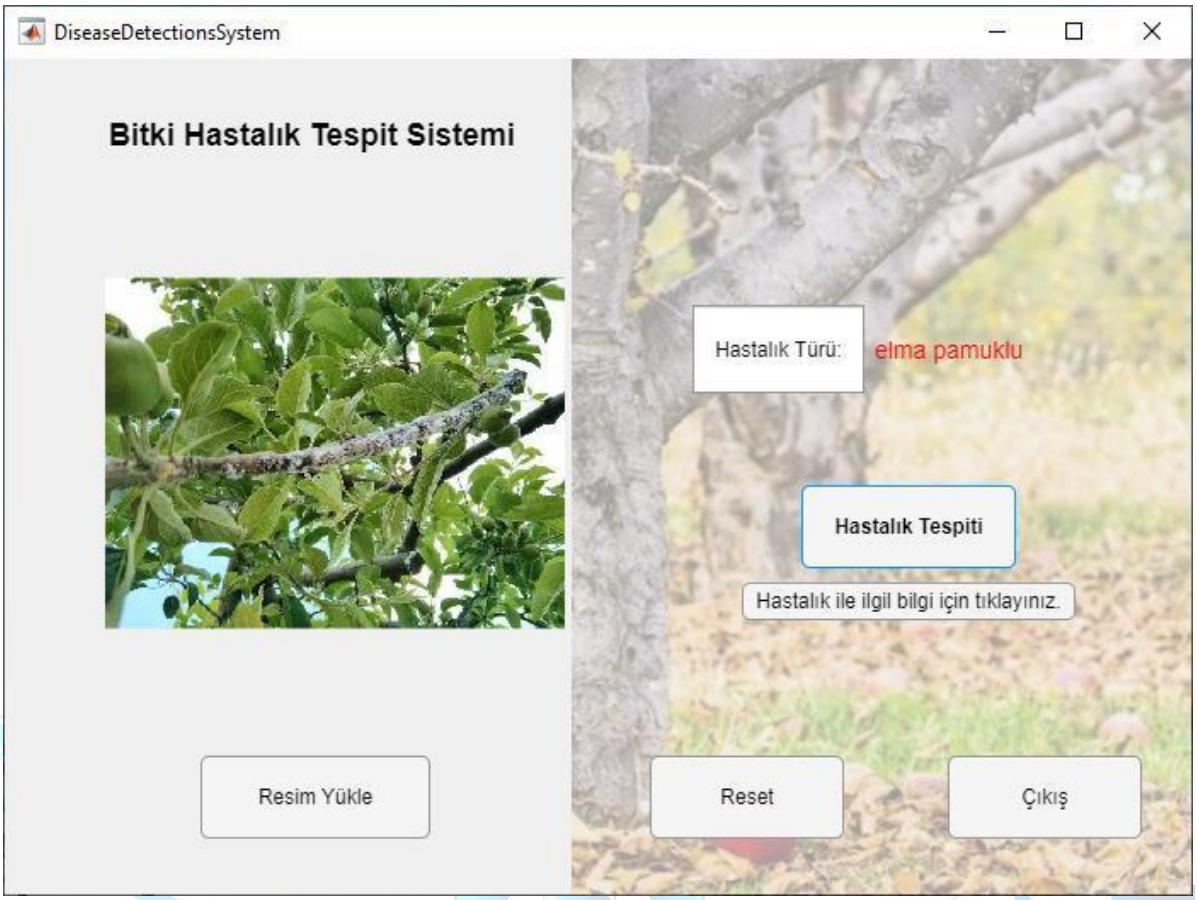
TEKNOFEST HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ



Şekil 4.2. Tasarlanacak uygulama görsel ara yüzü

Ara yüzde Resim yükle ile telefon veya bir kamera yardımıyla bilgisayara aktarılacak görüntü hastalık tespit sistemine yüklenir. Resim yüklendikten sonra Şekil 4.3'teki gibi ara yüzde görüntülenecektir. Hastalık tespiti butonuna tıklandığında sistem hastalığı tespit ederek ara yüzde yazdıracaktır. Ayrıca kullanıcıyı hastalık ve zararlı ile ilgili detaylı bilgiye yönlendirecek buton aktif olacaktır.

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ



Şekil 4.3. Örnek bir uygulama

5. Uygulanabilirlik

Proje kapsamında iki temel aşamanın gerçekleştirilmesi planlanmaktadır: Hastalık tespiti ve zararlı bitkilerin belirlenmesi. Hastalık tespiti aşaması için gerekli temel ölçüt bitkinin rengidir. Genellikle, sağlıklı bitkiler türlerine bağlı olarak yeşil, su kaybı veya sağlıksız olanlar yeşilin daha farklı tonlarında renklere sahiptir. Hastalık tespitinde bir diğer ölçüt görüntüler ile belirlenen değişimlerin analizidir. Bu değişimler ile bitkilerin kalite endeksleri elde edilir ve ürünlerin sağlıklı olup olmadığı daha kolay belirlenir. Zararlı bitkilerin belirlenmesi aşamasında, yetiştirilen ürünlerin türlerine bağlı olarak ile özel sınıflandırmalar gerçekleştirilecektir. Proje kapsamında çiftçilerimiz akıllı bir telefon yardımıyla çekecekleri bitki resimlerini bilgisayar ara yüzüne tanımladıklarında çok kısa zamanda sonuç elde edebileceklerdir. Genel anlamda yüksek bir risk taşımamakla beraber tarımsal verimliliğe büyük katkı sağlayabilecek bir sistem tasarlanması amaçlanmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucu daha önce seradaki domates yaprakları üzerinde hastalık tespiti çalışıldığı görülmüş. Drone yardımıyla seradan elde edilen görüntülerde hastalık tespit eden sistemler tasarlanmış. Ülkemizde çiftçilerimizin drone temini ve de kullanımı oldukça güçtür. Bununla birlikte akıllı tarım uygulamaları, bazı bölgelerde yeni uygulanmaya başlanmıştır Bizim projemizde tasarlanan uygulamayı telefonuna indiren çiftçimiz, ağaçlarından telefonu yardımıyla çektiği görüntüleri uygulamaya yüklediğinde kısa sürede sonuç almaktadır.

6. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Projemizde kullanılmak üzere bir adet diz üstü bilgisayar ayrıca bir adet fotoğraf makinası kullanılacaktır. Fotoğraf makinası YZ modelini eğitecek veri seti görüntülerinin edilmesinde kullanılacaktır. Bu amaçla profesyonel fotoğraf makinesi kullanılması gerekmektedir. YZ modelinin eğitimi hesaplama yüküne sahip olduğundan NVIDIA ekran kartlı profesyonel dizüstü bilgisayarı ihtiyaç duyulmaktadır. Veri seti eldeki kaynaklar dâhilinde oluşturulmuştur. Bunun dışında herhangi bir harcama bulunmamaktadır. Tahmini maliyet Tablo 2'de verilmiştir.

Dizüstü bilgisayar	26000TL
Fotoğraf makinası	6500TL

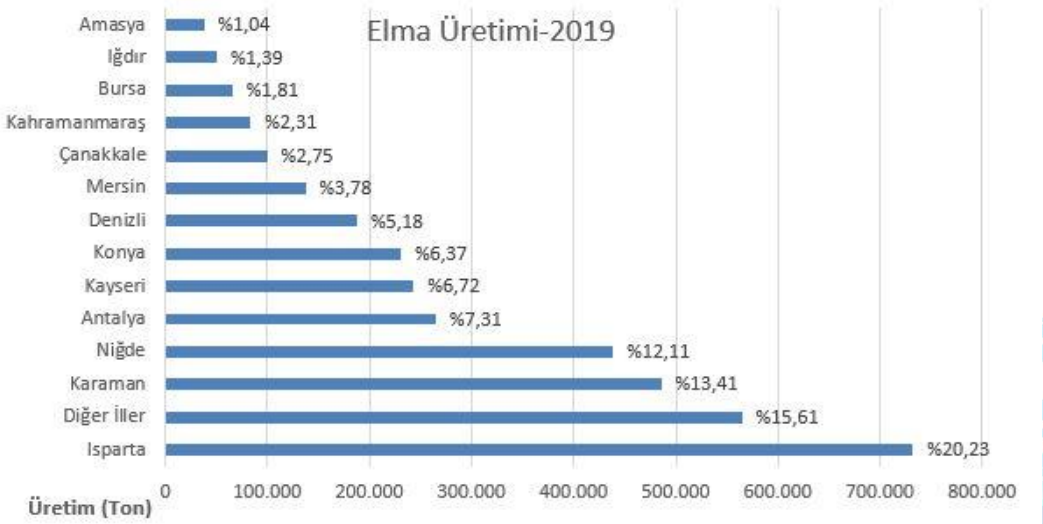
Proje zaman planlaması Tablo 3'de verilmiştir.

Görev	Harcamalar	Tanım	Tarih
Ekip/fikir	Gerekmemektedir	Proje ekibini oluşturulması, proje fikrinin incelenmesi	1.ay
Tasarım	Veri toplama, araştırma, Donanımlar	Proje fikrinin geliştirilmesi ve hayata geçirilmesi	2.ay
Üretim	Test aşamaları	Üretim ve üretilen parçaların test edilmesi (malzeme satın alma)	3.ay
Test ve Optimizasyon	Gerekmemektedir	Gerçek ortam testlerinin başlaması	4.ay
Sunum	Gerekmemektedir	Teknofest sunum ve hazırlık işlemlerinin tamamlanması	5.ay

7.Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar):

Türkiye elma üretim alanı bakımından dünyada 5. Sırada yer almaktadır. Türkiye'de yaklaşık 1.7 milyon dekar alanda elma üretimi yapılmaktadır. Şekil 7.1. Elma üretiminin illere göre dağılım oranı grafik olarak verilmiştir.(TEPGE,2021) Elma üretiminin en fazla yapıldığı ilimiz ise Isparta'dır. Isparta'da 2019 yılında

732 bin ton elma üretim ile toplam elma üretiminin %20'si gerçekleşmiştir. Elma gibi önemli bir meyve türünün dünya üretiminde ilk sıralarda yer almamıza rağmen verim ve kalitede yeterli bir üretim artışı ve ihracatı sağlanamamaktadır. Projemiz ülkemiz elma üretimi yapmakta olan ya da yapmayı düşünen çiftçilerimiz için önem taşımaktadır. Elma ağaçlarına zarar veren zararlı ve hastalıkların en aza indirilmesi verimi ve kaliteyi önemli ölçüde arttıracak. Bununla birlikte ülkemiz elma üretiminde dünyada daha iyi seviyelere gelecektir.



Şekil 7.1. Elma üretiminin illere göre dağılım oranı

8.Riskler

Projede risk faktörü oldukça düşük olup telefonla çekilen görüntülerin düşük çözünürlük ya da bulanık olması halinde ara yüzden tam sonuç alınamaması söz konusu olabilir. Ayrıca çekilen görüntülerin yağışlı havalarda çekilmesi de olumsuzluklar arasında sayılabilir. Bunun dışında herhangi bir risk faktörü bulunmamaktadır. Tarımla uğraşan çiftçilerimizin hemen hepsi olabildiğince tasarlanan ara yüzü rahatlıkla kullanabilecektir. Projenin ilerleyen süreçlerinde hastalık ve zararlılar için ilaç tavsiyesi hatta ilaç miktarları yer alması amaçlanmaktadır.

9. Kaynaklar

Agarwal, Ankush, Arun Kumar Singh, Sandeep Kumar, and Dharmendra Singh. "Critical Analysis of Classification Techniques for Precision Agriculture Monitoring Using Satellite and

Drone.” 13th International Conference on Industrial and Information Systems, (2018): 83–88.

Aydoğan Y. “Drone Technology in Agricultural Mechanization.” International Scientific Journal “Mechanization in Agriculture”, 38, no. 2 (2018): 36–38.

Bozdoğan, Ali Musa, Bozdoğan Yarpuz, Nigar, Öztekin, Mehmet Eren, Keiyinci, Sinan. “Hassas Tarımda İnsansız Hava Aracı Kullanımı.” International Multidisciplinary Congress of Eurasia, Odessa, Ukrayna, (2016). 564-569.

Ercan, Şule, Öztep, Ruken, Güler, Duran ve Saner, Gamze. “Tarım 4.0 ve Türkiye’de Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi.” Tarım Ekonomisi Dergisi, 25, no. 2, (2019): 259-265.

Kapoor, Ayush, Suchetha I. Bhat, Sushila Shidnal, and Akshay Mehra. “Implementation of IoT (Internet of Things) and Image Processing in Smart Agriculture.” 2016 International Conference on Computation System and Information Technology for Sustainable Solutions, (2016): 21–26.

Mahmood, Faisal, Khizar Abbas, Asif Raza, Muhammad Awais Khan, and Prince Waqas Khan. “Three Dimensional Agricultural Land Modeling Using Unmanned Aerial System (UAS).” International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 10, no. 1, (2019): 443–449.

Mogili, Um Rao, and B. Deepak. “Review on Application of Drone Systems in Precision Agriculture.” Procedia Computer Science 133, (2018): 502–509.

Reinecke, Marthinus, and Tania Prinsloo. “The Influence of Drone Monitoring on Crop Health and Harvest Size.” 2017 1st International Conference on Next Generation Computing Applications, (2017): 5–10.

Şin, Bahadır, Kadıoğlu, İzzet. “İnsansız Hava Aracı (İHA) ve Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Yabancı Ot Tespitinin Yapılması.” Turkish Journal of Weed Science 20, no. 2, (2019): 211-217.

Turkoglu, Muammer, and Davut Hanbay. "Plant disease and pest detection using deep learning based features." Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences 27.3 (2019a): 1636-1651.

Turkoglu, Muammer, Hanbay Davut, and Sengur Abdulkadir. "Multi-model LSTM-based convolutional neural networks for detection of apple diseases and pests." Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing (2019b): 1-11.

Turkoglu, Muammer, “Görüntü İşleme Tabanlı Bitki Türleri Ve Hastalıkları Tanıma”, Fırat Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, (2019c), Doktora Tezi.

TÜİK Türkiye İstatistik Kurumu. (2021) http://www.tuik.gov.tr Erişim Tarihi 23 Mart 2021.

Türkseven, Süleyman, Kizmaz, Mehmet Zeki, Tekin, Arif Behiç, Urkan Erkan, and Serim, Ahmet Tansel. "Tarımda Dijital Dönüşüm; İnsansız Hava Araçları Kullanımı." Tarım Makinaları Bilimi Dergisi 12, no. 4, (2016): 267–271.

Tarımsal ekonomi ve politika geliştirme enstitüsü (tepge) https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ