ÖZET

YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ OTONOM SERA YÖNETİM VE KONTROL SİSTEMİ

Otonom tarım ve yapay zekâ tekniklerini bir araya getiren bu buluş tarım alanı ile ilgilidir. Yapay zekâ destekli bu sistem yağmur suyunun sulamada tekrar kullanılması, çiftçilere serayı kontrol edebilecekleri arayüzler (web, mobil, akıllı saat, akıllı cihaz vb.) ile birlikte seracılık süreçlerindeki verimliliği artırıp kullanılan sistem ile seracılığı otonom hale getirilmektedir.

İSTEMLER

1- Buluş, yapay zekâ destekli otonom sera yönetim ve kontrol sistemi **olup, özelliği;** seranın ana kontrolü ve yönetimi için gerekli donanım ve elektronik sistemlerinin içeren sera elektronik yönetim sistemi (1), güç ve besleme sistemi (2), yardımcı sensörler kutusu (3), havalandırma fanları (4), temel enerji üretim sistemi (5), havalandırma sistemi (6), bitki sağlık analizi sistemi (7), toprak analiz (npk) sensörü (8), yağmur suyu depolama sistemi (9), bulut veritabanı (10), haberleşme servisleri (11), kontrol ve yönetim sistemi (12)'ni içermesidir.

2- İstem 1'deki gibi bir buluş **olup, özelliği;** sera elektronik yönetim sistemi (1)'nin ağa veri aktarımını sağlayan mikrodenetleyiciler (13), elektronik bileşenleri birbirine bağlayan breadboard (14), veri ve güç iletimini sağlayan hassas kablolar ve bağlantıları (18), motorların güç ve hareketini yöneten motor sürücü (15), pil ve bataryaların şarj edilmesini sağlayan şarj modülü (16), bitki sağlığı ve yetiştirme koşullarının kontrolü için toprak, nem ve sıcaklık sensörü (17), sera hakkında sensörlerden gelen canlı verilerin gözlemlenebileceği ekran (19) ve temel müdahale butonları içermesidir.

3- İstem 1'deki gibi bir buluş **olup, özelliği;** sera yardımcı sensörler kutusu (3)'nun çevresel koşulları ölçen basınç, sıcaklık, nem, gaz sensörleri (25), yapay zekâ geliştirme kartı ve ekipmanları (26)'nı içermesidir.

4- İstem 1'deki gibi bir buluş **olup, özelliği;** seraya ait anlık nem ve sıcaklık durumunun kontrolüne göre çalışan, seranın iç ısıl dengesini ve hava sirkülasyonunu sağlayan sera havalandırma fanları(4, 20)'nın sera kontrol uygulamaları (12) ve sera elektronik yönetim sistemi (1) ile entegre olmasıdır.

5- İstem 1'deki gibi bir buluş **olup, özelliği;** mikrodenetleyici (13) ve sensörler (8) için gereken temel enerjinin sağlandığı temel enerji üretim sistemi (5)'nin kendi enerjisini karşılaması ve gerektiğinde enerjinin pillerde depolanabilmesi için güneş enerjisi üretimini sağlayan step motorlar (28) ve hareket edebilir çift eksenli solar paneller (27)'i içermesidir.

6- İstem 1'deki gibi bir buluş **olup, özelliği;** sera havalandırma sistemi (6)'nin basınç, nem ve sıcaklık sensörleri (25)'ni içermesidir.

7- İstem 1’deki gibi bir buluş **olup, özelliği;** sağlıklı ve sağlıksız bitki yaprakları veri seti ile eğitilmiş optimum görüntü işleme algoritmasına göre görüntü işleme yapıp numaralandırılmış bitkilerin durumu hakkında sağlıklı/sağlıksız olduğunu belirleyen bitki sağlık analizi sistemi (7)’nin yapay zekâ kiti (26) ve kamera sensörleri (30)’ni içermesidir.

8- İstem 1’deki gibi bir buluş **olup, özelliği;** sağlıklı ve sağlıksız bitki yapraklarının görüntü işleme algoritması ile tespit edilip uygun besleme ve gübreleme miktarının belirlenmesidir.

9- İstem 1’deki gibi bir buluş **olup, özelliği;** toprak verimliliğini etkileyen azot, fosfor, potasyum değerlerini ölçen toprak analiz sensörü (8)’nün ölçülen değerleri elektronik sistem (1) üzerinden ağ ile uygulamalara (12) aktarmasıdır.

10-İstem 1’deki gibi bir buluş **olup, özelliği;** seradaki nem miktarını sensörlerle (8) ölçerek nem seviyesinin optimum seviyeden düşük olması durumunda yağmur suyu depolama sistemi (9)’nde biriktirilen suyun borular aracılığıyla seradaki bitkilere ulaştırılmasını sağlayan su motorunu (32) içermesidir.

11-İstem 1’deki gibi bir buluş **olup, özelliği;** seradaki hava kalitesini belirli aralıkla sensörler (8) aracılığıyla ölçerek hava kirliliğinin istenilen düzeyden yüksek olması durumunda fanların çalışmasını sağlayan mikrodenetleyici (13) içermesidir.

12-İstem 1’deki gibi bir buluş **olup, özelliği;** yarım ay şeklinde olan sera çatısının kenarlarındaki oluklardan yağmur suyunun tekrar kullanılmak üzere toplanması ve toplanan suyun borular yardımıyla depolanmasını sağlayan yağmur suyu depolama sistemi (9)’ni içermesidir.

13-İstem 1’deki gibi bir buluş **olup, özelliği;** sera kontrol ve yönetim uygulamaları (12)’nın mobil, web ve akıllı cihaz uygulamalarını içermesidir.

14-İstem 1’deki gibi bir buluş **olup, özelliği;** seranın dış kaplama malzemesinin hava şartlarına dayanıklı ve ısı kaybını önleyici malzeme içermesidir.

15-İstem 1’deki gibi bir buluş **olup, özelliği;** bitkilerin gelişimi için ışık yetersiz olduğunda kullanılmak üzere ve görüntü işleminin yapılabilmesini sağlayan ışıklar (21) içermesidir.

16-İstem 1’deki gibi bir buluş **olup, özelliği;** yağmur yağması durumunda yağmurun tespitini yapabilen yağmur sensörü (31) içermesidir.

17-İstem 1’deki gibi bir buluş **olup, özelliği;** sensörler (8), toprak nem ve sıcaklık sensörü (17), çevresel koşulları ölçen sensörler (25), yağmur sensörü (31), voltaj akımı sensörü (29), kamera sensörleri (30)’nden alınan verilerin uzaktan takip edilebilmesi için web, mobil ve giyilebilir teknoloji (akıllı saat) ve akıllı cihazlara aktarılması için veritabanı (10), HTTP, mikrodenetleyici (13) içermesidir.

TARİFNAME
YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ OTONOM SERA YÖNETİM VE KONTROL SİSTEMİ

TEKNİK ALAN

Otonom tarım ve yapay zekâ tekniklerini bir araya getiren bu buluş tarım alanı ile ilgilidir. Buluş; Yapay Zekâ kiti (NVIDIA Jetson Nano vb.), geliştirme kartı (ESP32), sensörleri ve haberleşme sistemi ile birlikte seracılık süreçlerindeki verimliliği artırıp otonom hale getirmektedir. Bu buluşun doğrudan faaliyet alanı ise seracılık sektörüdür.

TEKNİĞİN BİLİNEN DURUMU

Tekniğin bilinen durumunda kullanılan seracılık yöntemlerinde sulama işlemi, şebeke suyu veya tankerler kullanılarak yapılmaktadır. Hazır sistemlerde ise yarı otomatik damlama sulama sistemi kullanılmaktadır.

Normal şartlarda olumsuz bir durum oluşmadıkça toprak analizi yapılması tercih edilmemektedir. Toprak analizinde önemli rol oynayan azot, fosfor, potasyum değerlerinin ölçülmesi için ayrıca bir teknoloji kullanılmamaktadır. İhtiyaç durumunda dışarıdan getirilen cihazlarla ölçüm işlemi sağlanmaktadır.

Seraya ait basınç, sıcaklık, nem ve toprak nemi değerleri seranın dışarısında bulunan LCD ekranlara yansıtılmaktadır. Bu parametrelerde anormallik oluşması durumunda seraya bazen otomatik bazen elle müdahale edilmektedir.

Bitkilerin sağlık durumlarının kontrolü için çiftçinin seraya gelip her bitki için teker teker gözlem yapması gerekmektedir.

Seranın enerji ihtiyacını karşılamak için gereken enerji, kendi içerisinde üretilmeyip şebekeden gelen enerji ve jeneratörlerle sağlanmaktadır.

Yağmur suyu depolanmayıp oluklardan akıtılarak seradan uzaklaştırılmaktadır.

Seranın son durumu, sorunları ile alakalı güncel bilgi elde etmek ve seraya müdahale etmek için seranın yanına gidilmesi gerekmektedir.

Ülkemizin tarımla uğraşan bölgelerinin büyük kısmı kurak ve yarı kurak iklime sahiptir. Gelecek yıllarda su sıkıntısını minimuma indirmek için mevcut su kaynaklarını daha etkin ve verimli kullanmak önem arz etmektedir. Verimli üretim için toprak ihtiyaçlarının doğru tespiti ve su yönetimi uygulanmalıdır [1]. Teknoloji her sektöre olduğu gibi tarıma da öncülük ediyor. Tarımdaki küresel ısınmaya bağlı

kuraklık, dünyadaki tatlı suyun (dünyadaki suyun %3'ü) %70'nin tarımda kullanılması ve tarım arazilerinin tamamı kullanılmasına rağmen talebi karşılamayan üretim yetersizliği gibi sorunları çözüp, 2050'deki dokuz milyar insanı besleyebilmek için birim alandan alınan verimi yaklaşık iki kat artırması gerekecektir.

Ülkemizde çiftçi yaş ortalamasını üst yaş grupları oluşturmaktadır. Bu üst yaş ortalaması çiftçileri birçok sorunla yüzleştirmektedir. Yaş arttıkça insanlar bitkilerin sulama takibini, sera sıcaklığının ihtiyaç olan sıcaklıkta tutulması gibi gerekli takipleri aksatmaktadırlar. Bu problem, doğrudan bitkilerin gelişimini etkilemektedir. Serada bitki yetiştirilirken, çiftçilerin sürekli yakınında olup kontrol etmesi gerekmektedir. Yaşlı çiftçiler bu sorunun çözümü için genelde ekstra ücret karşılığında işçi çalıştırmak veya çevreye zararlı tarım makineleri kullanmaktır. Genellikle tarım alanlarının yerleşim yerlerine uzak olması nedeniyle insanlar için, ekim arazisinin takibi zorlaşmakta ve hatta imkânsız hale gelmektedir. Ülkemizde köylerden şehre göç günden güne artmakta ve tarıma ilgi giderek azalmaktadır. Genel olarak tarım alanları, şehir merkezinden uzak yerlerde bulunmaktadır. Bu durum, çiftçilerin bulunduğu konumdaki hava sıcaklığının tespitinde zorluklar yaşamasına neden olmaktadır. Günümüzdeki seraların %85'inin ısıtılması ve aydınlatılmasında şebeke enerjisi kullanılmaktadır. Şebeke enerjisinin kullanılması giderleri artırmakla birlikte enerjinin verimsiz kullanımına sebep olmaktadır. Buna daha verimli alternatif, yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş panellerinin kullanılması, doğa dostu projemiz için en optimum tercih olmaktadır. Güneş paneli kullanılan seraların üzerine yerleştirilmiş olan panel dizilerinin sabit kalması ve güneş ışığının karşısını kesiyor olması problem oluşturmaktadır. Çiftçiler yetiştirmekte oldukları bitkiler arasından zarar görmüş, gelişememiş bitkilerin tespiti için tüm alanı gezerek incelemeleri gerekmektedir. Bu durum ise yaş ortalaması yüksek çiftçilerimiz için problem oluşturmaktadır. Belirli süre içinde bitkilerin takibinin yapılamaması ve çiftçinin seradaki gelişimi takip edememesi bitkilerin sağlıksız büyümesine sebep olabilmektedir. Seralarda sulama kaynaklarını doğru ve verimli şekilde kullanamamak, ekim yapmak için optimum toprak sıcaklığını elde edememek, hava durumunu takip edememek, en iyi seviyedeki hasat nemini tayin edememek gibi unsurlar mahsul verimini optimize etmede sorunlar çıkarabilmektedir.

Seracılıkta temel zorluklar vardır. Neden teknolojik seracılığa yönelmenin önemli olduğunu aşağıda özetleyerek göstermiş bulunmaktayız.

- Geleneksel tarım el emeği ve zaman gerektirdiğinden bitkileri yeterince ve uygun yetiştirmek mümkün olmamakta ve ürün kalitesi düşmektedir. Uygun yapılan gübrelemelerin %50-75 arasında verimlik getirdiği bilinmektedir (Şahin 2016).
- Sıcaklık ve Nem gibi ortam değerleri uygun aralıkta tutulamamasıyla bitki gelişimi olumsuz etkilemekte ve hastalıklara sebebiyet vermektedir (Koçar, Eryaşar et al. 2018).
- Toprak analizinin yapılamaması, sıcaklığın ve nemin doğru şekilde takip edilememesi kök hastalıkları ve bitki ölümüne sebep olmaktadır.
- Tarım uygulamalarında vahşi sulama yöntemleri kullanımı ve toprak ihtiyaçlarının ölçülmeyerek ihtiyaç fazlası sulama nedeniyle ülke su kaynaklarının %76'sı tarımsal sulama için harcanmaktadır (Mutluhan and Galip 2017).
- Geleneksel seralarda yetiştirilen ürünler %80-85 oranında iç pazar için üretilirken modern seralar %85 oranında dış pazara yollanmakta dolayısıyla yüksek katma değer yaratmaktadır (Ulusal-Seracılık-Çalıştayı 2017).

Tarım için elverişli alanlar barındıran ülkemizde, teknolojinin kullanımı hızla artmaktadır. Bu bağlamda tarımı destekleyen birçok ürün piyasada bulunmaktadır. Yaygın olarak bilinen ve satışa sunulmuş kullanıma hazır ürünler, daha çok akıllı sulama, ilaçlama ve gübreleme sistemlerini barındırmaktır. Piyasadaki ürünler genel olarak çiftçilerin temel ihtiyaçlarını karşılamak üzere üretilmiştir. Ülkemizde otonom sera sistemleriyle ilgili yapılan çalışmalara baktığımız zaman tasarlanan sistemler hem maliyet açısından hem de ileri teknoloji bakımından yetersiz olduğunu ve çalışmaların sadece teorik olarak yapılıp uygulamaya dökülmediğini gözlemlenmiştir. Buluş ortaya çıkmasında bu eksiklikler göz önünde bulundurulmuştur.

BULUŞUN AÇIKLAMASI

Buluş; seracılık süreçleri için için yapay zekâ, gömülü sistem, sensörler, çoklu platform yazılım desteği, kontrol sistemi ve çeşitli inovatif yönlerin kullanımıyla ön plana çıkmaktadır.

1. Yapay zekâ destekli otonom serada; sera ortamında kontrolü zor olan nem seviyesinden yola çıkan, nem kontrol tabanlı akıllı bir sistem yer almaktadır. Nem

sensörlerinden alınan verilere göre kontrol edilebilen havalandırma fanları, sera içerisindeki nem seviyesini en ideal seviyede tutabilmeyi sağlamaktadır.

2. Tasarlanmış sistemde tarım için en önemli etkenlerden biri olan su faktöründe yenilik olması amacıyla yağmur suları değerlendirilmiştir. Sera etrafında yarım daire şeklinde oluklar yerleştirilmiştir. Yağmur yağdığı vakit sera üzerinden süzülen su, toplanarak oluklar yardımıyla su deposuna aktarılır. Bunun sonucunda yağmur suyu depoda gerekli filtrelemelere tabi tutularak bitkilerin sulanmasında kullanılabilir hale getirilmiştir.

3. Sera içerisindeki hava yetersizliğini ortadan kaldırmak ve fotosentez yeterliliğini artırmak önemlidir. Gaz sensörü, sera içerisindeki artan karbondioksit miktarını ölçmekte, sera için gerekli optimum oksijen miktarı ise yazılım tarafından belirlenmektedir. Havalandırmanın gerçekleştirilmesi yönetim sistem tarafından otomatik olarak sağlanabilmektedir.

4. Bitkilerin gelişimi için sera içerisindeki ışık yetersiz kaldığında kullanıcıya, tercihine bağlı olarak seranın tavanında yer alan iki seçenek (LED'ler ve halojen akkor lambalar) sunulmaktadır. Halojen Akkor lambalar, ortama ısı verdiği için kışın kullanılması tercih edilmektedir. Bununla birlikte ortamın ısıtılmasına da fayda sağlamaktadır. Kullanıcı seçimine göre ışık dengelenebilmektedir.

5. Serada kullanılan sensörler sayesinde toprak analizi yapılmaktadır. Toprak analizi, tarımın öncül birleşenlerdendir. Buluşta, toprak analizini gerçekleştirmek için toprak nemi, azot, fosfor, potasyum gibi değerleri algılayan sensörler kullanılıp çiftçilerin üretimi maksimuma çıkarması ve çok yönlü bilgilendirilmesi sağlanmıştır.

6. Seranın güvenlik sistemini takip edebilmek amaçlı seranın iki farklı noktasında kameralar, hareket sensörleri, duman ve alev algılama sensörleri kullanılmıştır. Hareket sensörü, gece saat 00:00'dan sonra aktifleşmekte ve sabah 07:30'a kadar devam etmektedir. Herhangi bir hareketlilik durumunda sera sahibine bildirim gönderilmekte ve alarm aktifleşmektedir. Sera sahibi bu sistemi istediği zaman mobil uygulama ara yüzünden devre dışı bırakabilmektedir.

7. Buluşta aynı zamanda yapay zekâ ve gömülü sistem kullanıldığından bitkilerin gelişimi takip edilebilmektedir. Bitkilerin her biri için numaralandırma yapılır. Bu numaralandırma esasında kolaylıkla hangi bitkide ne gibi sorun oluştuğu yapay zekâ tarafından kolaylıkla tespit edilip Web ve mobil arayüze yansıtılır. Bitkilerde herhangi bir solgunluk veya hastalık oluştuğu zaman eğitilmiş yapay zekâ

modeli, sera içerisinde yerleştirilmiş kameralar aracılığı ile o bitkiyi tespit edip numarasını ara yüzde bildirim şeklinde göstermektedir. İlk prototipte sağlıklı ve sağlıksız bitki yaprakları içeren veri seti kullanılmıştır.

8. Sera üzerine yerleştirilmiş olan, güneş takibini yaparak en verimli şekilde çalışan güneş paneli sistemi aracılığıyla güneşten gelen ışınlar, yüksek verimle kullanılacak ve elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Güneş panelleri ile kendi enerjisini üreten sera, kendi güç tüketimini kısmi olarak karşılayabilmektedir. Buluşun çevre dostu olması hedeflenmiştir.

9. Çiftçilerin sera içi ve sera dışındaki verileri, seraya gitmeden canlı olarak görüntüleyebilmesi için web, mobil ve giyilebilir teknoloji (akıllı saat) platformlarına uygulamalar geliştirilmiştir. Çiftçi, kullanıcı dostu web ve mobil uygulama arayüzünde sıcaklık, nem, toprak nemi, basınç, güneş paneli, sera güvenliği ve güncel hava durumu gibi verileri anlık olarak grafikleriyle beraber görüntüleyebilmektedir. Bu işlemlerdeki verilerin depolanması için bulut tabanlı Firebase veritabanı tercih edilmiştir. Kontrolü sağlayan web ve mobil uygulama, çiftçinin zamanını verimli kullanmasına, birçok farklı cihazdan ve değişken internet şartlarında seranın verilerine erişmesinde önemli yer tutmaktadır.

10. Çiftçiler, çalışma ortamı şartları gereği telefon ve bilgisayar gibi elektronik araçları kendilerinden uzakta bırakmaktadırlar. Bu durumlar için yine seraya ait belirlenen önemli verilerin sergilendiği bir akıllı saat sistemi geliştirilmiştir. Akıllı saat, kullanıcıların iş yaparken diğer objelerle en az temasa geçmesini sağlayan ve çevre şartlarının elverişli olmadığı yerlerde işlerine verimli şekilde devam edebilmelerine olanak sağlayan bir araç olduğundan tercih edilmiştir.

Tarım için elverişli alanlar barındıran ülkemizde, teknolojinin kullanımı hızla artmaktadır. Bu bağlamda tarımı destekleyen birçok ürün piyasada bulunmaktadır. Yaygın olarak bilinen ve satışa sunulmuş kullanıma hazır ürünler, daha çok akıllı sulama, ilaçlama ve gübreleme sistemlerini barındırmaktır. Piyasadaki ürünler genel olarak çiftçilerin temel ihtiyaçlarını karşılamak üzere üretilmiştir. Ülkemizde otonom sera sistemleriyle ilgili yapılan çalışmalara baktığımız zaman tasarlanan sistemler hem maliyet açısından hem de ileri teknoloji bakımından yetersiz olduğunu ve çalışmaların sadece teorik olarak yapılıp uygulamaya dökülmediğini gözlemlenmiştir. Çalışmalar yapılırken bu eksiklikler göz önünde bulundurulmuştur. Çiftçi dostu serada, mevcut kullanılmakta olan altyapıyı akıllı ve otonom hale

getirme hedefi gerçekleştirilmiştir. Tasarlanmış olan yapay zekâ destekli enerji dostu otonom sera sistemi, sektörde kullanılan diğer projelere oranla birçok farklı özellik barındırmaktadır. Sera üzerinde, iki ekseni bulunan ve doğrudan güneşi takip eden solar paneller bulunmaktadır. Bu paneller, Güneş'in bulunduğu konuma göre kendi pozisyonunu ayarlayarak standart güneş panellerinden çok daha yüksek verimle çalışmaktadır. Serada bulunan elektronik sistemlerin enerji ihtiyacı ve diğer enerji ihtiyaçlarının bir bölümünü buradan karşılanmaktadır. Sera ve bitkiler için büyük önem arz eden sıcaklık, nem, basınç ve bitki sağlığı gibi temel veriler, yazılımsal yöntemlerle programlanabilir akıllı saate aktarılarak çiftçilerin, bulunduğu yerden bu verileri görüntülemesi sağlanmıştır. Böylece özellikle ileri yaştaki çiftçiler; seraya gitmeden, web arayüzü, mobil uygulama ve akıllı saat üzerinden seranın durumunu görebilir. Bitkilerin belirli zaman aralıklarıyla sağlık durumunu analiz edebilen yapay zekâ sistemi oluşturulurken, geçmişteki sağlıklı ve sağlıksız bitki görüntüleri ile elde edilmiş veri setleri üzerinden çalışılmıştır. Bu sistem matematiksel olarak istikrarlı çalışıp, çiftçiye seranın sağlık durumu hakkında bilgi verebilmektedir. Yağmur suyu, gerek tarımda yetiştirilen gerek doğada bulunan bitkiler için ciddi bir su kaynağıdır. Buluşta yağan yağmur suyu; seranın yanında depo edilerek, gerektiğinde bitkilerin sulanmasında ve diğer amaçlarca kullanılabilir duruma getirilmiştir. Meteorolojik kaynaklardan günlük yağmur verileri çekilmekte ve çiftçilere günlük yağış durumu hakkında bilgiler de verilmektedir.

Geliştirilen diğer akıllı sera projelerinde de sulamayla ilgili asgari su miktarı ile en maksimum verim elde etmek amaçlanmıştır. Bu buluşun inovasyonel yönü ise bitkilere özel bir sulama programının uygulanmasıdır. Bu sistem sera içerisinde bulunan bitkilere doğru zamanda ve ihtiyacı olduğu kadar sulama yapılmasını sağlamaktadır. Örnek olarak salatalık bitkisi fide dönemindeyken daha fazla suya ihtiyaç duyarken biber bitkisi daha az suya ihtiyaç duymaktadır. Sistem bitkiye özel toprak analizi yaparak sulamayı gerçekleştirmektedir.

Büyük üreticiler tarafından buluşun verimliliği fark edildikten sonra ve destekleyici faaliyetler yapıldığı takdirde, tüm sera üreticilerinin sistemi kullanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca katma değeri yüksek bir ürün olduğu için yabancı üreticilere de ihraç edilebilme potansiyeli taşımaktadır.

1. Yapay zekâ destekli otonom serada; sera ortamında kontrolü zor olan nem seviyesinden yola çıkan, nem kontrol tabanlı akıllı bir sistem yer almaktadır. Nem

sensörlerinden alınan verilere göre kontrol edilebilen havalandırma fanları, sera içerisindeki nem seviyesini en ideal seviyede tutabilmeyi sağlamaktadır.

2. Tasarlanmış sistemde tarım için en önemli etkenlerden biri olan su faktöründe yenilik olması amacıyla yağmur suları değerlendirilmiştir. Sera etrafında yarım daire şeklinde oluklar yerleştirilmiştir. Yağmur yağdığı vakit sera üzerinden süzülen su, toplanarak oluklar yardımıyla su deposuna aktarılır. Bunun sonucunda yağmur suyu depoda gerekli filtrelemelere tabi tutularak bitkilerin sulanmasında kullanılabilir hale getirilmiştir.

3. Sera içerisindeki hava yetersizliğini ortadan kaldırmak ve fotosentez yeterliliğini artırmak önemlidir. Gaz sensörü, sera içerisindeki artan karbondioksit miktarını ölçmekte, sera için gerekli optimum oksijen miktarı ise yazılım tarafından belirlenmektedir. Havalandırmanın gerçekleştirilmesi yönetim sistem tarafından otomatik olarak sağlanabilmektedir.

4. Bitkilerin gelişimi için sera içerisindeki ışık yetersiz kaldığında kullanıcıya, tercihine bağlı olarak seranın tavanında yer alan iki seçenek (LED'ler ve halojen akkor lambalar) sunulmaktadır. Halojen Akkor lambalar, ortama ısı verdiği için kışın kullanılması tercih edilmektedir. Bununla birlikte ortamın ısıtılmasına da fayda sağlamaktadır. Kullanıcı seçimine göre ışık dengelenebilmektedir.

5. Serada kullanılan sensörler sayesinde toprak analizi yapılmaktadır. Toprak analizi, tarımın öncül birleşenlerdendir. Buluşta, toprak analizini gerçekleştirmek için toprak nemi, azot, fosfor, potasyum gibi değerleri algılayan sensörler kullanılıp çiftçilerin üretimi maksimuma çıkarması ve çok yönlü bilgilendirilmesi sağlanmıştır.

6. Seranın güvenlik sistemini takip edebilmek amaçlı seranın iki farklı noktasında kameralar, hareket sensörleri, duman ve alev algılama sensörleri kullanılmıştır. Hareket sensörü, gece saat 00:00'dan sonra aktifleşmekte ve sabah 07:30'a kadar devam etmektedir. Herhangi bir hareketlilik durumunda sera sahibine bildirim gönderilmekte ve alarm aktifleşmektedir. Sera sahibi bu sistemi istediği zaman mobil uygulama ara yüzünden devre dışı bırakabilmektedir.

7. Buluşta aynı zamanda yapay zekâ ve gömülü sistem kullanıldığından bitkilerin gelişimi takip edilebilmektedir. Bitkilerin her biri için numaralandırma yapılır. Bu numaralandırma esasında kolaylıkla hangi bitkide ne gibi sorun oluştuğu yapay zekâ tarafından kolaylıkla tespit edilip Web ve mobil arayüze yansıtılır. Bitkilerde herhangi bir solgunluk veya hastalık oluştuğu zaman eğitilmiş yapay zekâ

modeli, sera içerisinde yerleştirilmiş kameralar aracılığı ile o bitkiyi tespit edip numarasını ara yüzde bildirim şeklinde göstermektedir. İlk prototipte sağlıklı ve sağlıksız bitki yaprakları içeren veri seti kullanılmıştır.

8. Sera üzerine yerleştirilmiş olan, güneş takibini yaparak en verimli şekilde çalışan güneş paneli sistemi aracılığıyla güneşten gelen ışınlar, yüksek verimle kullanılacak ve elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Güneş panelleri ile kendi enerjisini üreten sera, kendi güç tüketimini kısmi olarak karşılayabilmektedir. Buluşun çevre dostu olması hedeflenmiştir.

9. Çiftçilerin sera içi ve sera dışındaki verileri, seraya gitmeden canlı olarak görüntüleyebilmesi için web, mobil ve giyilebilir teknoloji (akıllı saat) platformlarına uygulamalar geliştirilmiştir. Çiftçi, kullanıcı dostu web ve mobil uygulama arayüzünde sıcaklık, nem, toprak nemi, basınç, güneş paneli, sera güvenliği ve güncel hava durumu gibi verileri anlık olarak grafikleriyle beraber görüntüleyebilmektedir. Bu işlemlerdeki verilerin depolanması için bulut tabanlı Firebase veritabanı tercih edilmiştir. Kontrolü sağlayan web ve mobil uygulama, çiftçinin zamanını verimli kullanmasına, birçok farklı cihazdan ve değişken internet şartlarında seranın verilerine erişmesinde önemli yer tutmaktadır.

10. Çiftçiler, çalışma ortamı şartları gereği telefon ve bilgisayar gibi elektronik araçları kendilerinden uzakta bırakmaktadırlar. Bu durumlar için yine seraya ait belirlenen önemli verilerin sergilendiği bir akıllı saat sistemi geliştirilmiştir. Akıllı saat, kullanıcıların iş yaparken diğer objelerle en az temasa geçmesini sağlayan ve çevre şartlarının elverişli olmadığı yerlerde işlerine verimli şekilde devam edebilmelerine olanak sağlayan bir araç olduğundan tercih edilmiştir.

Şekillerin Açıklaması

Şekil-1: Yapay Zekâ Destekli Otonom Sera Yönetim ve Kontrol Sistemi Çalışma Şematiği

Referans Listesi

(1) Sera Elektronik Yönetim Sistemi

(2) Mobil uygulama ve sistem arayüzü

(3) Sera Yardımcı Sensörler Kutusu

(4) Sera Havalandırma Fanları

(5) Temel Enerji Üretim Sistemi

(6) Sera Havalandırma Sistemi

(7) Bitki Sağlık Analizi Sistemi

(8) Toprak Analiz (NPK) Sensörü

(9) Yağmur Suyu Depolama Sistemi

(10) Sera Bulut Veritabanı

(11) Sera ve Kontrol Cihazları Arası Haberleşme Servisleri

(12) Sera Kontrol ve Yönetim Uygulamaları

(13) Mikrodenetleyici

(14) Breadboard

(15) Motor Sürücü

(16) Şarj Modülü

(17) Toprak Nem ve Sıcaklık Sensörü

(18) Hassas Kablolar ve Bağlantıları

(19) Ekran

(20) Fanlar

(21) Işıklar

(22) İletim Hatları

(23) Havalandırma Penceresi

(24) Regülatör

(25) Basınç, Sıcaklık, Nem, Gaz Sensörleri

(26) Yapay Zekâ Geliştirme Kartı ve Ekipmanları

(27) Çift Eksenli Solar Paneller

(28) Step Motorlar

(29) Voltaj Akımı Sensörü

(30) Kamera Sensörleri

(31) Yağmur sensörü

(32) Su Motoru

BULUŞUN DETAYLI AÇIKLAMASI

Buluşun mekanik tasarımı ve çalışma prensibine ait detaylı bilgiler sistemin çalışma prensibinin daha net anlaşılmasını sağlayacaktır.

1.Sera Elektronik Yönetim Sistemi: Seranın ana kontrolü ve yönetimi için gerekli donanım ve elektronik sistemler bu birim içerisinde yer almaktadır. ESP32 ve Arduino UNO mikrodenetleyicileri, breadboard, motor sürücü, şarj modülü toprak nem ve toprak sıcaklık sensörü, hassas kablolar ve bağlantıları bu birimde yer almaktadır. Haberleşmenin ana kaynağını oluşturmaktadır. Çiftçinin sera hakkında bilgi almasını sağlayan LCD ekran ve temel müdahaleleri butonları da burada bulunmaktadır.

2.Sera Güç ve Besleme Sistemi: Seranın temelini oluşturan otonom sistem için gerekli tüm enerjinin karşılandığı enerji besleme merkezidir. Mikrodenetleyiciler, gömülü sistemler, sensörler, fanlar, ışıklar ve iletim hatları için gereken tüm enerji buradan karşılanır. Delikli metal plaka ile havalandırma sağlanarak sistemin serin çalışması sağlanır.

3.Sera Yardımcı Sensörler Kutusu: Sera içerisinde görev alan ve Sera Elektronik Yönetim Sistemi içerisinde yer almayan regülatör, basınç, sıcaklık, nem, gaz sensörleri bu birim içerisinde yer almaktadır. Birimde bunlar dışında yapay zekâ geliştirme kartı ve ekipmanları da bulunmaktadır. Birimin serin çalışması için dışına delikli metal plaka tercih edilmiştir.

4.Sera Havalandırma Fanları: Seraya ait anlık nem ve sıcaklık durumunun kontrolüne göre çalışan, seranın iç ısıl dengesini ve hava sirkülasyonunu sağlayan yapıdır. Sera kontrol uygulamaları ve elektronik sistemi ile kontrol edilebilmektedir.

5.Temel Enerji Üretim Sistemi: Mikrodenetleyici ve sensörler için gereken temel enerjinin güneş tarafından elde edildiği bölümdür. Çift eksenli solar paneller, aktif çalıştığı sürece step motorlar sayesinde yönünü güneşe doğru ayarlayıp temiz enerji üretmektedir. Eklenen voltaj akımı sensörü ile enerji ölçümleri de yapılabilmektedir. Bilinen sıradan solar panellere oranla daha fazla enerji elde edilip seranın daha çevreci olması sağlanmaktadır.

6.Sera Havalandırma Sistemi: Basınç, nem ve sıcaklık sensörlerinden gelen verilere göre otomatik veya el ile seranın doğrudan hava ile temasa geçmesini sağlayan yapıdır. Geliştirilen uygulamalar ve elektronik sistem ile kontrol edilebilir.

7.Bitki Sağlık Analizi Sistemi: Yapay zekâ kiti ve kamera sensörleriyle çalışan, bitkinin sağlık durumu hakkında analiz yapan sistemdir. Sağlıklı ve sağlıksız bitki yaprakları veri seti ile eğitilmiş model, optimum görüntü işleme algoritmasına göre görüntü işleme yapıp numaralandırılmış bitkilerin durumu hakkında sağlıklı/sağlıksız geridönüş vermektedir. Bu geridönüş uygulamalar tarafından görüntülenebilmektedir.

8.Toprak Analiz (NPK) Sensörü: Toprak verimliliğini etkileyen azot, fosfor, potasyum değerlerini ölçen sensördür. Toprakla doğrudan temas halindedir. Ölçülen değerler elektronik sistem üzerinden ağ ile uygulamalara aktarılmaktadır.

9.Yağmur Suyu Depolama Sistemi: Sera üzerinde yer alan oluklardan gelen suyun depolandığı merkezdir. Gelen su filtrelenir ve su ihtiyacı olduğunda kullanılabilir.

10.Sera Bulut Veritabanı: Seraya ait verilerin gerçek zamanlı olarak tutulduğu yerdir. Bulut veritabanı olarak ücretsiz hizmetler sunması sebebiyle Firebase tercih edilmiştir. Firebase Firestore, Realtime Database, Storage ve Hosting hizmetleri kullanılmıştır.

11.Sera ve Kontrol Cihazları Arası Haberleşme Servisleri: Sensörlerden alınan gerçek zamanlı veriler, UART protokolü ile ESP32 API servisi üzerinden ağa ve veritabanına gönderilmektedir. Anlık veriler, REST API metotları ile bilgi ve kontrolü sağlayan uygulamalara yönlendirilmektedir. Sera üzerinde yapılması istenen değişikliklere ait istekler ise yine bu yöntem üzerinden işlem görmektedir.

12.Sera Kontrol ve Yönetim Uygulamaları: Çiftçilerin, seraya gitmeden bulundukları konum üzerinden sera hakkında bilgi almaları ve serayı yönetmeleri için 3 ayrı platforma uygulama geliştirilmiştir. Mobil platform için Flutter, web platformu için JavaScript, akıllı saat için .NET teknolojileri kullanılarak geliştirmeler yapılmıştır. Birçok ek kütüphane kullanılmıştır. Bu uygulamaların veri alışverişi REST API üzerinden sağlanmaktadır.

13.Mikrodenetleyici: Sera kontrol sistemlerinde yer alan ve belirli görevleri yerine getirmek üzere tasarlanmış küçük bir elektronik bileşendir. Buluşta, WIFI ve Bluetooth gibi yöntemlerle ağa veri aktarımı yapılmasını sağlar. Sera içi koşulları optimum seviyeye ayarlar.

14.Breadboard: Geçici devreler oluşturmak ve elektronik bileşenleri birbirine bağlamak için kullanılan bir prototip karttır. Mikrodenetleyici ve sensörler arasında bir nevi köprü görevi görmektedir.

15.Motor Sürücü: Mikrodenetleyici tarafından kontrol edilen, motorların güç ve hareketini yöneten bir elektronik bileşendir.

16.Şarj Modülü: Pil veya bataryaların güvenli bir şekilde şarj edilmesini sağlayan bir modüldür.

17.Toprak Nem ve Sıcaklık Sensörü: Toprağın nem ve sıcaklık değerlerini ölçen sensörlerdir. Bunlar bitki sağlığı ve yetiştirme koşulları için önem arz etmektedir.

18.Hassas Kablolar ve Bağlantıları: Elektronik devrelerde veri ve güç iletimi için kullanılan dayanıklı ve hassas kablolardır.

19.Ekran: Sera önünde bulunan, sensörlerden gelen canlı verilerin gözlemlenebileceği bilgi alma birimidir.

20.Fanlar: Seranın içindeki hava sirkülasyonunu sağlayan ve sıcaklık kontrolüne yardımcı olan cihazlardır.

21.Işıklar: Seranın aydınlatılması ve görüntü işleminin yapılabilmesi için gerekli yapay ışık kaynağıdır.

22.İletim Hatları: Elektrik iletimi için kullanılan kablo hatlarıdır.

23.Havalandırma Penceresi: Seranın içindeki hava sirkülasyonunu düzenleyen ve sıcaklık kontrolüne yardımcı olan elemandır.

24.Regülatör: Elektrik akımını veya gerilimi düzenleyen bir cihazdır.

25.Basınç, Sıcaklık, Nem, Gaz Sensörleri: Çevresel koşulları ölçen sensörlerdir. Seranın optimum çalışması için gerekli olan karar mekanizmasının veri kaynağıdır. Buluşta sera içindeki çeşitli parametreleri izlemek için kullanılır.

26.Yapay Zekâ Geliştirme Kartı ve Ekipmanları: Bitki sağlığı analizinin temelini oluşturan yapay zekâ modellerinin geliştirilmesi ve uygulanması için kullanılan donanım ve yazılım araçlarıdır.

27.Çift Eksenli Solar Paneller: Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren panellerdir. Çift eksenli paneller, güneşi takip ederek daha fazla enerji elde etmek için yönlendirilebilirdir.

28.Step Motorlar: Belirli adımlarla dönen bir motor türüdür. Buluşta güneş panellerinin yönlendirilmesi için kullanılmıştır.

29.Voltaj Akımı Sensörü: Elektrik akımını ölçen sensördür.

30.Kamera Sensörleri: Yapay zekâ kartları için özel olarak tasarlanmış görüntü işleme kısmında veri kamera sensörleri.

31.Yağmur Sensörü: Yağmur damlalarının temas etmesiyle elektriksel iletkenlik değişikliklerini algılayan cihazdır. İletken plakalar arasındaki direnç değişimini ölçerek yağmurun varlığını tespit eder.

32.Su Motoru: Suyun dağıtılmasını sağlayan ve sulama işlemlerini otomatik olarak kontrol eden su pompasıdır.

Yapay Zekâ Destekli Otonom Sera Mekanik Tasarımı

Otonom sera dış kaplama malzemesi olarak ısı kaybını göz önünde bulundurarak saydam pleksi glass malzemesi tercih edilmiştir. Bu malzeme aynı zamanda güneş ışığını geçirir. Pleksi glass kullanarak seranın hava koşullarına dayanıklı olması sağlanmıştır. Seranın içerisinde sulama amaçlı iki adet şeffaf PVC su borusu (iç çapı 4mm) kullanılmaktadır. Bu sistem her bir bitkinin dibine eşit miktarda su düşecek seviyede tasarlanmıştır. Seranın en önemli etkenlerinden biri olan havalandırma sistemi iki fan motoru ile seranın ön ve arka üst taraflarında konumlandırılmıştır. Seranın üst kısmına güneşli havalar düşünülerek menteşeli bir düzenek düşünülmüş ve bu menteşeler servo motorlar vasıtası ile açılabilmektedir. Ayrıca seranın üzerinde çift eksenli güneş paneli mekanizması bulunmaktadır. Bu mekanizma güneşi konumuna göre anlık olarak takip edebilmektedir. Güneş panelleri ile kendi enerjisini üreterek kendi güç tüketimini kısmi olarak karşılayabilen sera, çevre dostudur. Güneş paneli mekanizması seranın üzerine yerleştirilirken bitkilerin üzerine düşecek güneş ışınlarını engellemeyecek şekilde konumlandırılmıştır. Bitkilerin gelişimi için ışık yetersiz olduğunda, kullanıcının tercihine bağlı olarak seranın tavanında yer alan iki seçenek (LED'ler ve halojen akkor lambalar) sunulmaktadır. Halojen Akkor lambalar, ortama ısı verdiği için kışın kullanılması tercih edilmektedir. Bununla birlikte ortamın ısıtılmasına da fayda sağlamaktadır. Prototipte seranın çatısı, yağmur suyunu daha iyi toplayabilmesi için yarım daire şeklinde tasarlanmıştır. Yarım daire şeklindeki çatının kenarlarındaki oluklardan toplanan su, borular yardımıyla depoya iletilmektedir. Depolanan su tekrardan sulamada kullanılabilmektedir. Deponun belirli bir yükseklikte bulunması ise, suyun borulara iletilmesi için gerekli olan enerji ihtiyacının potansiyel enerjiden karşılanmasını sağlar. Böylece tasarruf edilmiş olur.

Yapay Zekâ Destekli Otonom Sera Elektronik Sistem Tasarımı

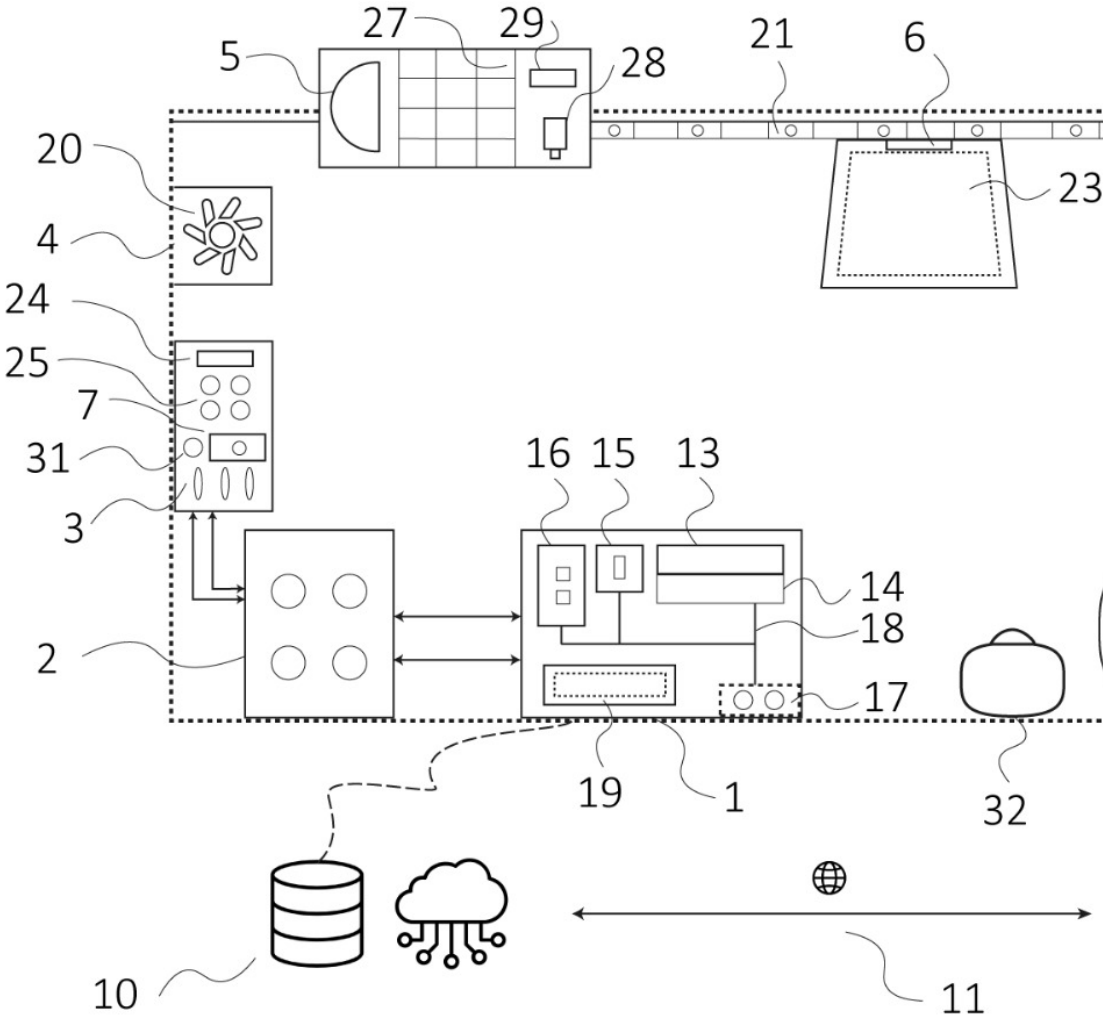
Bitkiler için gerekli toprak nemini temin etmek için her iki bitkinin arasına toprak nem sensörü yerleştirilmiştir. Böylelikle topraktan alınan nem verileri ile sulama motoru çalıştırılıp ve sulama başlatılmaktadır. Yağmur suyunun da toplanacağı depo çıkışında bir adet su motoru bulunmaktadır. Bu su, motorun kontrolü bir röle aracılığı ile geliştirme kartı (Arduino Uno) üzerinden sağlanmaktadır. Burada toprak nem sensöründen alınan verilere göre 5 saniye aralarla su motoru çalıştırılmaktadır. Sistem yazılımında 5 saniye çalışıp 3 saniye bekleme süresi tanımlanmıştır. Eğer nem seviyesi istenen seviyeye gelmediyse motor tekrardan çalıştırılır. Su pompasına uygulanan 5 saniyelik sınırlamanın sebebi su israfını en minimuma düşürmektir. Sera içerisindeki hava kalitesi her 10 dakikada bir ölçülür ve bu ölçümler sayesinde hava kirliliği istenilen değerin üzerinde ise bu zaman fan motorları devreye alınır, böylelikle sera içerisindeki havanın sirkülasyonu sağlanmış olur. Hava nemi ve sıcaklığını en optimum seviyede tutabilmek için seranın içerisine ön ve arka uçlarında iki farklı yerde sıcaklık nem sensörleri yerleştirilmiştir. Sensörlerden gelen hava verilerine göre mikro kontrolcü gerekli hesaplamaları yapar ve bu hesaplamalar esasında fan motorları devreye alınır. Seranın içerisindeki nemden elektronik komponentler ve bağlantılar zarar görmesini engellemek ve görüntü kirliliğini ortadan kaldırmak için 3D yazıcıda bütün devrenin yerleştirilebileceği ve özel yalıtım malzemeleri ile donatılmış bir frame tasarlanmıştır. Seranın üst kısmının eğimli olması sağlanıp açılması için iki adet servo motor kullanılmıştır. Pencerelerin kontrolü içinde servo motorlar kullanılıp menteşelerin kontrolünü sağlamıştır. Seranın üst ön tarafında yerleştirilmiş olan LDR dirençleri ile ışık şiddeti ölçülüp ve bitkinin gün boyunca almış olduğu ışık kalitesi ve süresi hesaplanabilmektedir. Herhangi bir eksiklik tespit edildiği zaman bu açık yapay ışık kaynakları ile giderilecektir. Bununla birlikte sisteme entegre edilmiş yağmur sensörü ile yağmur tespiti yapılıp ani yağmur yağma durumlarında sistem bütün pencereleri ve sera çatısını kapatabilmektedir. Yapay zekâ destekli otonom seranın da kontrol merkezinde, kontrol kartı olarak yeterli sayıda sensör ve modül giriş çıkış birimleri bulunan ESP32 ve Arduino UNO mikro kontrolcüleri kullanılmaktadır. Arduino UNO ve ESP32 mikro kontrolcüleri UART haberleşme protokolleri kullanılarak haberleşmesi sağlanmaktadır. ESP32 internetten veri alma ve veri gönderme amaçlı kullanılmaktadır. ESP32 üzerinde hem WIFI modülü

hemde Bluetooth modülü bulunmaktadır. Sistemde kullanılan sensörlerden alınan veriler seranın otonom şekilde çalışması için kullanılmıştır. ESP32 geliştirme kartının ağa göndermiş olduğu veriler web, mobil ve programlanabilir akıllı saat arayüzlerinden gözlemlenebilir ve seranın kontrol sistemleri (toprak nemi, sulama, hava sıcaklığı, hava nemi, hava kalitesi, güneş panelinin üretmiş olduğu enerji değerleri, ışıklandırma, basınç, havalandırma fanları vs) uzaktan otonom veya manuel bir şekilde kontrolü sağlanabilmektedir. Güneş takip sistemi üzerinde iki adet 12W değerinde güneş paneli bulunmaktadır. Güneş takip sistemi mekanizması 2 adet step motor vasıtası ile güneşi anlık olarak konumuna göre takip edebilmektedir. Mekanizmanın haraket algoritması, 4 adet LDR dirençlerinin üzerine düşen değerler baz alınarak tasarlanmıştır. Güneş panellerinden üretilmekte olan enerji pillerde depolanabilmekte ve kullanılan voltaj akım sensörü ile anlık olarak ölçümleri yapılmaktadır. Bu sistem, Arduino UNO mikro kontrolcüsü üzerinden kontrol edilebilmektedir. Tasarlanan sistemin elektronik entegrasyonunu ve optimizasyonunu test etmek maksadı ile elektronik ön çalışma yapılmış ve sistem tasdiklenmiştir.

Yapay Zekâ Destekli Otonom Sera Yazılım Sistem Tasarımı

Sera içerisinde ve dışarısında yer alan sensörler ile diğer bileşenlerden gelen veriler; web, mobil ve giyilebilir teknoloji (akıllı saat) platformları için arayüzler oluşturulup çiftçilerin görüntüleyebileceği şekilde uygulama haline getirilmiştir. Tüm platformların arasında veri iletişiminin sağlanması için ESP32 API desteği ve REST API servisleri kullanılmıştır. Sensörlerden gelen verilerin çekilmesi, diğer platformlara transfer edilmesi ve kullanıcı tarafından gönderilen isteklerin gerçekleştirilmesinin altyapısı için HTTP metotları (GET, POST, PUT, DELETE) kullanılmaktadır. Web uygulamasının yapımında JavaScript programlama dili ile React kullanılmıştır. Çiftçilerin sıcaklık, nem, toprak nemi, basınç, güneş paneli, sera güvenliği ve güncel hava durumu gibi verileri anlık olarak grafikleriyle beraber görüntüleyebilmeleri sağlanmaktadır. Grafik çizimleri için en güçlü kütüphanelerden birisi olan “Chart.js” kütüphanesi kullanılmıştır. Mobil uygulamanın yapımında Flutter ve “fl_chart” kütüphanesi kullanılmıştır. Web uygulamasının mobil uyumlu(responsive) görünüme uyacak şekilde tasarımına dikkat edilmiştir. Verilerin depolanması için çoklu platform desteği, bulut tabanlı, ücretsiz ve geniş

dokümantasyonu olan Firebase veritabanı kullanılmıştır. Firestore, Realtime, Storage veritabanları içerisine seradan, sera sahibinden ve yapay zekâdan gelen veriler depo edilmektedir. Projede, bitkilerin sağlık durumları hakkında çiftçiye gerçek zamanlı olarak bilgi veren yapay zekâ sistemi kullanılmaktadır. Bu sistemde, en iyi gerçek zamanlı nesne tespiti yapabilen elektronik kartlardan biri olan NVIDIA Jetson Nano tercih edilmiştir. İlk olarak Kaggle'da bulunan "PlantVillage Dataset"[1] isimli sağlık ve hastalıklı 20.600 biber, patates ve domates yaprağı fotoğrafı içeren veri seti kullanılmıştır. Bu veri seti üzerinde etiketleme işlemleri yapılmıştır. Yapılan diğer işlemlerden sonra Pretrained modelimiz ve veri setimiz hazır olduktan sonra YOLO v5 algoritması için yaml dosyası ayarlanmış, eğitim hiperparametreleri ve augmentation seçenekleri belirlenmiştir. Akabinde eğitim yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Model, gerekli parametreler ayarlanarak Flask ile basit bir arayüzden inference test edilmiştir. Çiftçinin seradan uzaktayken pratik şekilde bilgi alabilmesi için LilyGO T-Watch-2020 V2 programlanabilir akıllı saat kullanılmıştır. ESP32 tabanlı WIFI, Bluetooth ve GPS destekleyen bu akıllı saat, ESP_WiFiManager ve TTGO_TWatch kütüphaneleri ile beraber Visual Studio'da programlanmıştır. Sera, veritabanı, arayüz arasındaki köprü ayarlanmış, bilgisayara API üzerinden gelen veriler HTTP metotları ile bu saate aktarılmıştır.



Şekil 1