

NESNELERİN İNTERNETİ TABANLI BİR SERA TAKİP SİSTEMİ *

Kenan BAYSAL¹, Murat Olcay ÖZCAN², Fatma Funda ÖZDÜVEN³, Burak BEYNEK⁴

ÖZET

Seralarda verimli üretim yapılabilmesi için ortam değerlerinin ölçülmesi, değerlendirilmesi ve yetiştirilen ürüne göre şartların uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Ortam verilerinin ölçülmesi ve değerlendirilmesi, kontrollü ürün yetiştiren sera ortamında önemli bir yer tutmaktadır. Anlık yapılan ölçüm kayıtlarının bilgisayar ortamında tutulması ve geniş bir zaman aralığında bu değerlerin gözlemlenebilmesi, ürünün değişik ortam şartlarındaki veriminin değerlendirilmesini kolaylaştırmaktadır.

Bu çalışmada, düşük maliyetli Raspberry Pi tek kart bilgisayar ve esp8266 wi-fi modülleri ile nesnelere interneti tabanlı bir sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem sayesinde, kablosuz algılayıcılardan alınan seraya ait iç ve dış sıcaklık ve nem değerleri, toprak nemi, hava kalitesi ve ışık değerleri kayıt altına alınmakta ve uzaktan erişimle grafiksel olarak takip edilebilmektedir. Algılayıcılardan alınan değerler, kullanıcı tarafından belirlenmiş alt ve üst sınır değerlerinin dışına çıktığı durumlarda, kullanıcıya e-posta ve kısa mesaj (SMS) ile bilgilendirme yapılabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Nesnelere interneti, Sera, Esp8266, Raspberry pi, Otomasyon

AN INTERNET OF THINGS BASED GREENHOUSE MONITORING SYSTEM

ABSTRACT

In order to make efficient production in greenhouses, it is necessary to measure and evaluate the environmental values and to adapt the ambient conditions according to the grown product. The measurement and evaluation of the environmental parameters are an important part of the controlled greenhouse environment. The fact that the instantaneous measurement records are kept in the computer environment and these values can be observed over a wide time period makes it easier to evaluate the efficiency of the product in different environmental conditions.

In this study, an internet of things based system was developed, with low-cost Raspberry Pi single board computer and ESP8266 wi-fi modules. With the developed system, the indoor and outdoor temperature and humidity values, soil moisture, air quality and light values of the greenhouse taken from wireless sensors are recorded and can be monitored graphically with remote access. In cases where the values taken from the sensors exceed the lower and upper limit values determined by the user, the user can be notified by email and short message (SMS).

Keywords: Internet of Things, Greenhouse, ESP8266, Raspberry Pi, Automation

GİRİŞ

Mevsime dışında, kültür bitkilerinin ekonomik olarak yetiştirilebilmesi ve öngörülemez mevsimsel iklim koşullarından bitkinin korunabilmesi amacıyla seralar kullanılmaktadır. Ülkemizin iklimi ve coğrafi konumu sebebiyle örtü altı yetiştiriciliği oldukça yaygındır. 2017 TUIK verilerine göre örtü altı üretimin %94'ü sebze, %6'sı meyve üretiminden oluşmaktadır (www.tarimorman.gov.tr, 2018). Domates üretimi %49 ile üretimde birinci sırada yer almaktadır. Ülkemizin güney iklim kuşağında bulunması sebebiyle, üretimin çoğunluğu ekolojik koşullara bağımlı olarak gerçekleşmektedir (TÜREMİŞ, 2018). Jeotermal kaynak altyapısı bulunan yerler hariç; seracılık, yıllık ortalama sıcaklığın yüksek olduğu yerlerde yoğunlaşmıştır. Ülkemizde seracılık için en büyük sorun, uygun sıcaklığı sağlamada kullanılan yakıt ve bakım giderleridir. 2015 Doğu Karadeniz Kalkınma Ajansının TR63 seracılık sektör raporuna göre, ısıtma giderleri toplam maliyetin %40 ile %80'ini oluşturmaktadır. Don oluşan bölgelerde üreticiler ısıtma tesisatlarını sadece dondan korunmak amacıyla kısıtlı zamanlarda çalıştırabilmektedir. Yeterli ısıyı alamayan ürün üzerinde verimi arttırabilmek için hormon kullanımı tercih edilmektedir (Kesici & Aras, 2017).

* Bu çalışma Kırklareli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından 108 Proje numarası ile desteklenmiştir.

¹ Öğretim Görevlisi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, kbaysal@nku.edu.tr

² Doktor Öğretim Üyesi, Kırklareli Üniversitesi, moozcan@klu.edu.tr

³ Öğretim Görevlisi Doktor, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, fozduven@nku.edu.tr

⁴ Araştırma Görevlisi, Kırklareli Üniversitesi, burakbeynek@klu.edu.tr

Seralarda ortam sıcaklığı ve nemi, toprak nemi ve ışık gibi koşulların gözlemlenmesi ve kontrol edilebilmesi, üretim verimliliği ve maliyeti açısından hayati önem arz etmektedir. Uygun teknolojik donanım ile bu değerlerin gözlemlenmesi, kaydedilmesi ve değerlendirilmesi mümkündür. Kablosuz algılayıcı ağları (WSN) kullanılarak ortamda istenilen miktarda ve mesafede ortam verisi toplamak mümkündür. Toplanan bu veriler internet altyapısı ile, nesnelere interneti mimarisi temel alınarak uzaktan erişilebilmekte ve raporlanabilmektedir.

Akkaş ve ark. (Akkaş & Sokullu, 2017) yaptıkları çalışmada MICAz modülü kullanarak kablosuz algılayıcı ağı oluşturmuşlar ve oluşturmuş oldukları bu algılayıcı ağları ile ışık, nem, sıcaklık ve basınç bilgilerini, nesnelere interneti alt yapısı kullanarak telefon, tablet veya bilgisayardan bu verilerin anlık olarak görüntülenmesini sağlamışlardır.

Dayıoğlu ve ark. (Dayıoğlu, Uğur, & Türker, 2016) yaptıkları çalışmada, tarımda kablosuz algılayıcı ağlarının kullanımı sahada uygulamaya özel üstünlük sağladığını ve tarla, bağ-bahçe, otlak, balık çiftliklerinin internete erişimine açılması geniş alana yayılmış birçok düğümdeki bilgiye ulaşmayı kolaylaştırdığını ve sahadaki verilerden anlamlı veriler türetilmiş olduğunu bildirmişlerdir. Nesnelere interneti teknolojisinin seralarda iklim yönetimi, bağ-bahçe ve tarlada su yönetimi, hava tahmini, bitki-hayvan hastalık takibi ve yönetimi, tarımsal ürünlerin taşınması ve depolanması gibi birçok tarımsal uygulamaya esnek ve ucuz çözüm sağlaması beklenmektedir.

Dayıoğlu (Dayıoğlu, 2013) sera çevresindeki verilerin ölçülmesi ve kontrol sinyallerinin iletilmesi için Bluetooth teknolojisine dayalı kablosuz iletişim sistemi tasarlamıştır. Serada materyal ve enerji akışının yanı sıra Bluetooth'a dayalı bilgi akışının kontrolü de önemli olmaktadır. Bitki yetiştiriciliğinde çevresel faktörlerin bilinmesi kontrol altında tutulması kablosuz teknolojilerinin kullanılması sayesinde kolaylık ve pratiklik kazandırmaktadır.

Wang ve ark. (Wang, Zhou, Gu, Chen, & Li, 2018) Google Web Toolkit (GWT) temelli, uzaktan yordam çağrısı (RPC) kullanan bir sera ortam gözleme ve kontrol sistemi geliştirmiş, Android uygulaması ile sistem görüntü ve kontrolü sağlamışlardır.

Srbinaovska ve ark. (Srbinaovska, Gavrovski, Dimcev, Krkoleva, & Borozan, 2015), serada sebze üretimi ve çevresel verilerin takibi sayesinde daha az yönetim maliyetini sağlamak için kablosuz algılayıcı ağı mimarisi önermişlerdir. Sıcaklık, nem ve ışık gibi temel çevresel parametreleri izlemek için pratik ve ucuz maliyetli bir veri izleme sistemini kablosuz algılayıcı ağı teknolojisine dayalı olarak tasarlamışlardır.

Geliştirilen sistem sayesinde seraya ait sıcaklık, ışık, nem, toprak nemi ve CO₂ gibi çevresel faktörler kablosuz algılayıcılardan gelen verinin okunması ve kayıt altına alınması ile internet üzerinden belirli bir mekân ve zaman şartı olmadan izlenebilmektedir. Bu faktörlerin önceden belirlenmiş aralıklar dışına gelmesi durumunda yetkili kişi mail ile uyarılarak ürünün zararlanma riski en alt seviyeye çekilmektedir. Yetkili kişi gerekli gördüğünde seranın anlık ve geçmişe yönelik kamera görüntülerine ulaşabilmektedir.

Düşük güç tüketimi ve düşük maliyeti sebebiyle, çalışmada gömülü sistemler tercih edilmiştir. Gömülü sistemler temel bir bilgisayar yapısına sahip olan, fakat kişisel bilgisayarlardan farklı olarak mevcut bir sorunun çözümüne yönelik tasarlanan sistemlerdir. Standart bir bilgisayara göre üzerinde kısıtlı donanım ve çevre birimi barındırmaktadır. Sadece var olan bir sorunun çözümünde ihtiyaç duyulabilecek kadar donanım mevcuttur. Bu şekilde daha düşük maliyet ve düşük güç tüketimiyle yüksek verim elde edilebilmektedir. Hayatımızın her alanına giren gömülü sistemlerin, esnek yapısı sayesinde internet altyapısını kullanabilmesi sayesinde hayatımıza "Nesnelerin İnterneti" (IoT) kavramı girmiştir.

Nesnelerin interneti kavramı, internete bağlı olan cihazların insan müdahalesine gerek duymadan insanların gereksinimlerini karşılamak amacıyla internet üzerinden veri paylaşan sistemleri kapsamaktadır (Arslan & Kırbaş, 2016). Nesnelere interneti yapısı içerisinde, nesnelere genel bir sistemden bağımsız olarak kendi aralarında bağlı olabildikleri gibi kendilerinden büyük daha sistemlere bağlı bulunabilirler. Bir cihazın nesne olarak kabul edilebilmesi için o cihazın tekil bir kimliğinin bulunması ağa bağlanabilmesi ve üzerinde algılayıcı barındırması gerekmektedir. Nesne doğrudan ağa bağlanabildiği gibi, bir gömülü sistem üzerinden de ağa bağlanabilmektedir.

YÖNTEM

Bu çalışmada kablosuz algılayıcı ağları ve gömülü sistemler kullanılarak nesnelere interneti tabanlı bir sera otomasyonu tasarlanarak, sera ortam verilerinin uzaktan erişilebilmesinin ve kaydının tutulmasının önemi vurgulanmıştır. Tasarlanan sera otomasyon sistem örnek modeli, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi'nin Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu uygulama seralarında kurulmuştur. Uygulamada kullanılan sera yüksek tünel plastik seradır (Şekil 1).

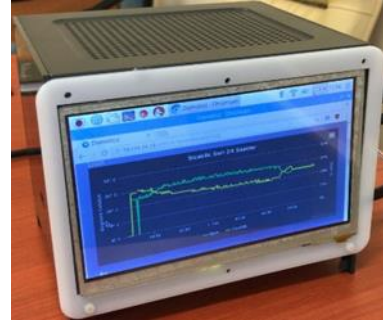
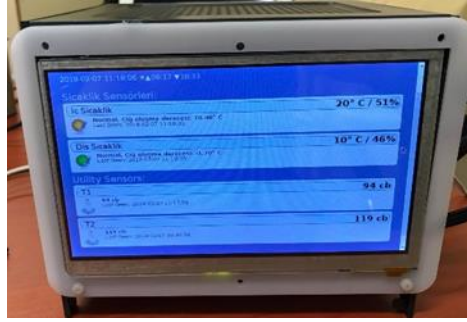


Şekil 1: Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Uygulama Seraları

Geliştirilen otomasyon sistemin kullandığı donanımlar şunlardır:

- Raspberry Pi 3 Tek Kart Bilgisayar
- Raspberry Pi Kamera V2
- ESP8266 Mikrokontrolcü
- Sıcaklık, Nem, Toprak Nemi, Işık ve CO Algılayıcıları

7 inçlik dokunmatik ekran entegre edilmiş raspberry tek kart bilgisayar Şekil 2’de görülebilir.



Şekil 2: Raspberry Pi Bilgisayar

Sistem Raspberry Pi üzerinde çalışan Linux tabanlı Raspbian işletim sistemi üzerine inşa edilmiştir. Sistemi geliştirirken farklı görevdeki modüller oluşturulmuş ve bu modüller farklı teknolojiler ve programlama dilleri kullanılarak geliştirilmiştir. Sistemi yerine getirdikleri görevlerine göre 3 kısma ayırabiliriz:

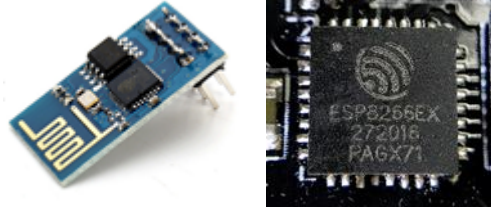
- Algılayıcı değerlerinin okunması, iletilmesi, saklanması ve takibi
- Görüntü işleme ile olgunluk takibi
- Uzaktan erişim ve web ara yüzü

Algılayıcı Değerlerinin Okunması, İletilmesi, Saklanması Ve Takibi

Algılayıcıların bağlı olduğu ESP8266 mikrokontrolcülerinin programlanmasında C programlama dili kullanılmıştır. ESP8266 algılayıcılardan aldığı verileri HTTP protokolü üzerinden Raspberry Pi’ye göndermektedir. Algılayıcı değerleri açık kaynak kodlu bir yazılım olan Domoticz üzerinden veritabanına kaydedilmektedir. Algılayıcı değerlerinin takibini yapmak ve kullanıcının belirlediği sınırların dışına çıktığı zaman elektronik posta ve kısa mesaj servisi (SMS) bilgi vermek üzere Python programlama dili ile bir script geliştirilmiştir. Bu scriptin Linux işletim sisteminin sağladığı Crontab hizmeti kullanılarak belirli aralıklarla çalışması sağlanmıştır.

ESP8266 Donanım Özellikleri

ESP8266xx serisi, nesnelerin interneti için geliştirilmiş, üzerinde tümleşik olarak SoC ve WiFi modülü bulunan düşük maliyetli bir donanım ürünüdür. Dahili wifi modülü, düşük güç tüketimi ve kompakt tasarımı ile birçok alanda esnek sistem tasarımı sağlamaktadır. Üzerindeki mikrokontrolcü ile WiFi ağına doğrudan bağlanıp, Hayes tarzı komutları kullanarak basit TCP/IP bağlantıları yapmaktadır. ESP8266EX, anten anahtarları, RF balun, güç amplifikatörü, düşük gürültülü alıcı yükseltici, filtreler ve güç yönetimi modüllerini dahilinde barındırmaktadır. Wi-Fi işlevlerinin yanı sıra ESP8266EX, 90nm üretim teknolojisi ile üretilen, 80MHz’lik Tensilica’nın L106 Diamond serisi 32-bit işlemcisi ve on-chip SRAM mevcuttur (Espressif Systems, 2018).



Şekil 3: ESP-8266 ESP-01

Genel amaçlı giriş/çıkış bacakları (GPIO) ile çeşitli çevre birimleri ile bağlantı kurabilmektedir. UART, SDIO, SPI, I2C, I2S, IR çevresel arayüz desteği sunan mikrokontrolcünün yalın çalışma voltajı 2,5V ile 3,6V arasındadır. Espressif Systems'in Akıllı Bağlantı Platformu (ESCP), yüksek enerji tasarrufu için, uyku ve uyanma modu arasında hızlı geçiş, düşük güç kullanımı için uyarlanabilir radyo önyüklemesi, ileri sinyal işleme gibi özellikler sağlamaktadır (Espressif Systems, 2018).

Elektrikli ev aletleri, ev otomasyon sistemleri, IP kameralar, algılayıcı ağları, giyilebilir teknolojiler, mesh ağları, akıllı prizler ve ışıklar, endüstriyel kablosuz kontrol gibi uygulama alanları vardır.

ESP8266 modülünün ESP-01 ile ESP-32 arasında geliştirilmiş farklı çeşitleri mevcuttur. ESP8266 modülü ham halde bulunabildiği gibi, çeşitli devre paketleri halinde de bulunabilmektedir. Ham modülün programlanması ve kullanımı zor olduğundan, daha kolay kullanımı olan ve üzerinde CP2102 veya CH 340 USB-seri bağlantı dönüştürücü mikroçip barındıran modüller tercih edilmektedir (Pieter, 2018).

Şekil 4'te görüldüğü gibi ESP8266 mikrokontrolcü kullanılarak çeşitli geliştirme kartları üretilmiştir. Bu çalışmada Wemos D1 Mini modeli kullanılmıştır.

NodeMCU
v1.0Wemos D1
Mini

Şekil 4: ESP8266 geliştirme kartları

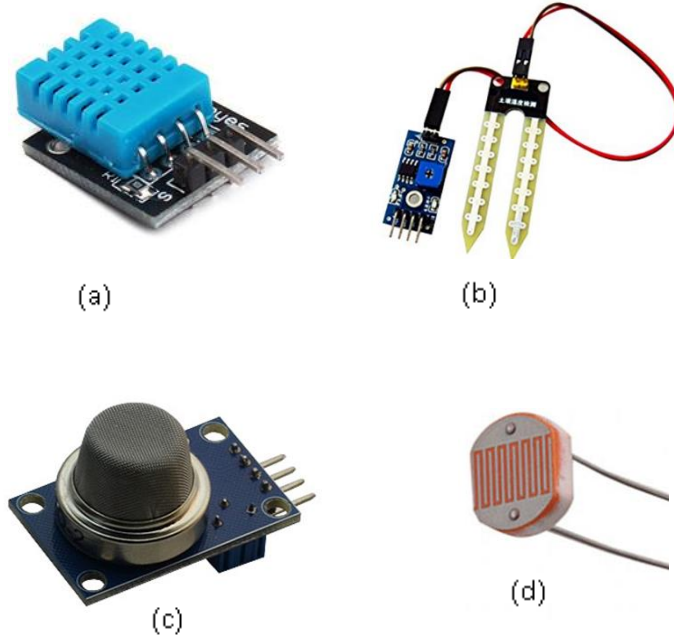
Kullanılan Algılayıcılar

Ortam sıcaklık ve nem değerlerinin ölçülmesi için, içerisinde 8 bit mikrokontrolcü bulunan DHT-11 algılayıcısı kullanılmıştır. 0-50 °C çalışma aralığına sahip olan bu algılayıcının sıcaklık için ± 2 °C, nem için $\pm 5\%$ hata payı bulunmaktadır. Bununla birlikte üretici firma tarafından, uzun dönem kullanım durumunda, her yıl ortalama $\pm 1\%$ oranında hata payı oluşabileceği belirtilmiştir.

Toprak nem değerlerini ölçmek için LM393 karşılaştırıcı kullanan FC28 toprak nem algılayıcısı kullanılmıştır.

Ortam ışık değerini ölçmek için, ESP modülüne analog giriş üzerinden bağlandığında 0 ile 1023 arasında bir değer üreten LDR kullanılmıştır.

Ortam CO gaz değerini ölçmek için, 10ppm ile 10000ppm arasında ölçüm yapabilen MQ-7 gaz algılayıcısı kullanılmıştır.



Şekil 5: Kullanılan algılayıcılar (a) DHT11, (b) FC28, (c) MQ7, (d) LDR

Domoticz Yazılımı

Domoticz, çeşitli platformlarda kullanılabilen özgür ve açık kaynaklı bir otomasyon sistemidir. HTML5 ölçeklendirilebilir web ara yüzüne sahiptir. C++ temelli olup kendi yerleşik web sunucusunu kullanmaktadır. Raspberry üzerinde kurulum gerçekleştirildikten sonra, tarayıcı üzerinden cihazın ip ve port adresi ile ara yüzüne ulaşılabilmektedir. Varsayılan port olarak 8080 portu kullanılmaktadır. Kurulum kısmında cihaz türü seçilip eklendikten sonra her cihaz için "idx" adresi olarak bir kimlik atanmaktadır. Kullanmış olduğumuz ESP8266 kablosuz bağlantı noktaları, bu kimlikler ile "get" yöntemi kullanılarak "json" dosyası ile verilerini göndermektedir.

Idx	Donanım	ID	Unit	İsim	Model	Alt Tip	Veri	Son Görünme
1	ESP8266	14051	1	İç Sıcaklık	Temp + Humidity	THGN122/123, THGN132, THGR122/228/238/268	24.0 C, 95 %	2018-03-22 15:21:48
4	ESP8266	82004	1	Isık	Lux	Lux	657 Lux	2018-03-22 15:21:46
5	ESP8266	14055	1	Hava Kalitesi	Air Quality	Volcraft CO-20	123 ppm	2018-03-22 15:21:46
3	ESP8266	00082003	1	Toprak Nem	General	Soil Moisture	233 cb	2018-03-22 15:21:33
2	ESP8266	14052	1	Dis Sıcaklık	Temp + Humidity	THGN122/123, THGN132, THGR122/228/238/268	nan C, 0 %	2018-03-06 13:57:38

Şekil 6: Domoticz cihazlar listesi

2018-03-22 15:23:40 ⬆️▲ 07:12 ▼ 19:25

Sıcaklık Sensörleri:

İç Sıcaklık **24° C / 95%**

Normal, Çiğ oluşma derecesi: 23.15° C
Last Seen: 2018-03-22 15:23:40

Tüketim Sensörleri:

Toprak Nem **233 cb**

Last Seen: 2018-03-22 15:23:28

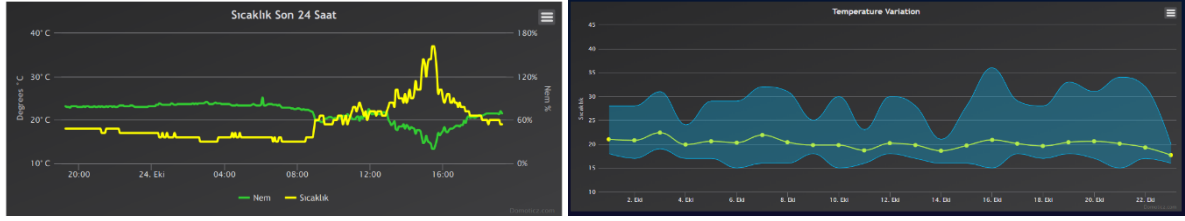
Isık **785 Lux**

Last Seen: 2018-03-22 15:23:38

Hava Kalitesi **126 ppm**

Excellent
Last Seen: 2018-03-22 15:23:36

Şekil 7: Domoticz panel



Şekil 8: Domoticz grafik

Uzaktan Erişim ve Web Ara Yüzü

Uzaktan erişimin sağlanması için Raspberry Pi üzerinde Apache Web Sunucusu çalışmaktadır. PHP, HTML ve CSS ile oluşturulmuş web sayfası üzerinden algılayıcı değerleri takip edilebilmektedir. Web sayfasına bağlantı gerçekleştirildiğinde Domoticz sunucusu üzerinden tüm algılayıcı değerleri ayrı ayrı JSON formatında çekildikten sonra işlenerek web sayfasında gösterilmektedir.



Şekil 9: Uzaktan erişim anasayfa

Geliştirilen sisteme web tarayıcı ile uzaktan erişildiğinde gösterilen anasayfa Şekil 9'da görülebilir. Anasayfa üzerindeki ayarlar simgesine tıklandıktan sonra kullanıcının her algılayıcı için alt ve üst sınır değerleri belirleyeceği ayarlar sayfasına ulaşabilmektedir. Bu sayfaya ulaşmak için yönetici kullanıcı adı ve şifresi doğru olarak girilmesi gereklidir. Yönetici giriş sayfası Şekil 10'da görülebilir.

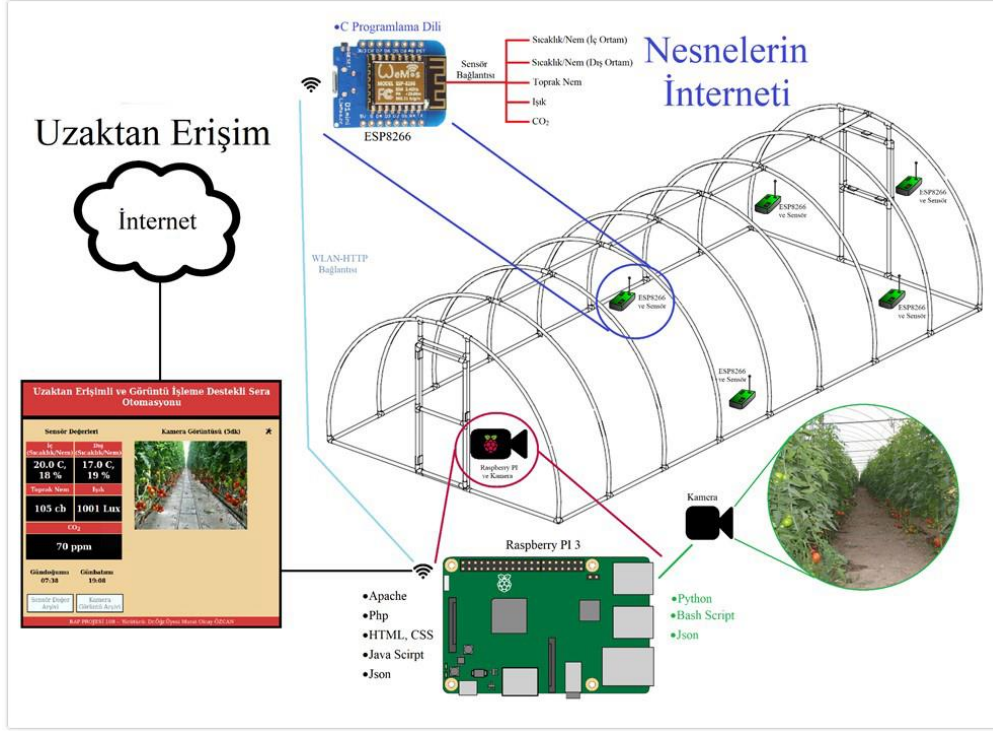
Ayarlar paneline girildikten sonra her algılayıcı için ayrı ayrı alt ve üst sınır değerleri belirtilebilmektedir. Girilen değerler "Kaydet" butonuna basıldığında JSON formatında saklanmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi arka planda çalışmakta olan algılayıcı değerlerini takibini yapan Python scripti algılayıcı değerlerini değerlendirirken bu JSON dosyasını kullanmaktadır. Ayarlar sayfası Şekil 10'da görülmektedir.



Şekil 10: Ayarlar sayfası ve giriş paneli

Kurulum

Sera içerisinde çeşitli noktalara yerleştirilen algılayıcılar, sera içerisindeki yönlendirici 4g modem aracılığı ile ölçülen değerleri Raspberry üzerine göndermektedir (Şekil 11). Ortam değerleri 30 ile 45 dakikalık aralıklarla ölçülmüştür. ESP modüllerinin yapısal özellikleri düşük güç tüketimini desteklediğinden, ölçüm yapılmadığı süreler içerisinde, pil tüketimini en düşük seviyede tutabilmek için derin uyku konumunda bekletilmiştir.



Şekil 11: Sera yerleşimi

ESP modülleri üç çeşit uyku modunu desteklemektedir. Bunlar modem-sleep, deep-sleep, light-sleep modlarıdır. Modem-sleep modunda, işlemci aktif durumdayken kablosuz iletişim modülleri kapatılmaktadır. Light-sleep modunda işlemci bekleme moduna alınmaktadır. Eğer veri aktarımı yoksa kablosuz modülü de kapatılmaktadır. Deep-sleep modunda ise RTC sinyali dışında bütün sistem kapatılmaktadır. Tablo 1'de uyku modlarındaki güç tüketim değerleri verilmiştir. 802.11b kablosuz veri gönderiminde tüketim 170mA olarak ölçülmüştür.

Tablo 1: ESP8266 Güç tüketim değerleri

Mod	Tüketim
Tx 802.11b	170 mA
Modem Sleep	15 mA
Light Sleep	0,5 mA
Deep Sleep	10 uA

SONUÇLAR

Seracılıkta önemli olan çevresel etkilerin takibi ve hasat zamanı karar verme aşamasında sera otomasyon sistemleri üreticilere destek sağlayabilirler. Bu projede, sera otomasyon sistemi düşük maliyetleri, az yer kaplamaları ve düşük enerji tüketimleri ile öne çıkan tek kart bilgisayarlar kullanılarak oluşturulmuştur. Üzerinde Linux tabanlı işletim sistemleri çalıştırılabilen tek kart bilgisayarlarda internet servisleri ve yazılım kütüphaneleri kurulabilir. Farklı çevresel faktörleri izleyebilecek algılayıcılar ve kameralar tek kart bilgisayarlar ile entegre çalışabilir.

Günümüzün popüler alanlarından biri olan Nesnelerin İnterneti, projeye ESP8266 mikrokontrolcülerini kullanarak entegre edilmiştir. Sistemde kullanılacak algılayıcıların entegre edildiği ESP8266'lar kullanarak, veriler kablosuz ağ üzerinden Raspberry Pi'ye gönderilmektedir. Veriler HTTP protokolü üzerinden sunucuya

gönderilmektedir. Verilerin saklanması ve geçmişe yönelik takibi için Domoticz isimli açık kaynak kodlu bir yazılım kullanılmıştır. Bu yazılımdan web sayfasına veri aktarımında JSON veri saklama formatı kullanılmıştır.

ÖNERİLER

Kullanım durumuna göre seçilecek olan algılayıcıların, çalışacakları ortam ve çalışma süreleri göz önünde bulundurulmalı ve uygun algılayıcı seçilip, sahada kullanılmaya başlamadan önce uzun süreli kararlılık testi uygulanmalıdır. Ayrıca kablosuz düğümlerin güç tüketimleri göz önünde bulundurulup, kullanım durumuna göre dâhili batarya güneş enerjisi ile desteklenebilir veya ortam güneş ışığından verimli olarak elektrik enerjisi elde etmeye uygun değilse kablo üzerinden besleme de kullanılabilir.

Geliştirilen sistem sayesinde seraya ait sıcaklık, ışık, nem, toprak nemi ve CO gibi çevresel faktörler kablosuz algılayıcılardan gelen verinin okunması ve kayıt altına alınması ile internet üzerinden belirli bir mekân ve zaman şartı olmadan izlenebilmektedir. Bu faktörlerin önceden belirlenmiş aralıklar dışına gelmesi durumunda yetkili kişi tercihine göre mail ve/veya kısa mesaj (SMS) ile uyarılarak ürünün zararlanma riski en alt seviyeye çekilmektedir. Yetkili kişi gerekli gördüğünde seranın anlık ve geçmişe yönelik kamera görüntülerine ulaşabilmektedir.

Bundan sonra yapılacak çalışmalar ile algılayıcı değerlerine göre bildirim sağlanmasının yanında sınır dışına çıkan değerleri değiştirmek için ısıtıcı, fan ve sulama sistemi gibi araçların devreye sokulması gerçekleştirilebilir. Sera otomasyonu bunlar yapıldıktan sonra "Akıllı Sera" sistemine dönüştürülebilir.

KAYNAKÇA

- Akkaş, M. A., & Sokullu, R. (2017). An IoT-based greenhouse monitoring system with Micaz motes. *Procedia Computer Science*, 603-608.
- Arslan, K., & Kırbaş, İ. (2016). Nesnelerin İnterneti Uygulamaları İçin Algılayıcı/Eyleyici Kablosuz Düğüm İlkörneği Geliştirme. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7, 35-43.
- Dayıoğlu, M. A. (2013). Seralar için Bluetooth tabanlı kablosuz ölçüm sisteminin tasarımı: prototip geliştirme ve uygulama. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 9(2), 117-125.
- Dayıoğlu, M. A., Uğur, F., & Türker, U. (2016). Seralarda Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Uygulanması: Tasarım ve Prototip Geliştirme. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*(33), 52-60.
- Espressif Systems. (2018). *ESP8266ex Datasheet*. www.espressif.com: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf adresinden alındı
- Kesici, S., & Aras, V. (2017). Örtüaltı Yetiştiriciliğinde Bitki Büyüme Düzenleyicilerinin Kullanımı. *Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*, 52-54.
- Pieter, P. (2018, 10). *A Beginners Guide to the ESP8266*. *esploradores*: <http://www.esploradores.com/wp-content/uploads/2018/04/A-Beginners-Guide-to-the-ESP8266-1.pdf> adresinden alındı
- Srbínovska, M., Gavrovski, C., Dimcev, V., Krkoleva, A., & Borozan, V. (2015). Environmental parameters monitoring in precision agriculture using wireless sensor networks. *Journal of Cleaner Production*(88), 297-307.
- TÜREMİŞ, P. D. (2018, 10 8). *Türkiye'de Örtüaltı Yetiştiriciliği*. bahcebitkileri.cu.edu.tr: <http://bahcebitkileri.cu.edu.tr/upload/nturemis/turkiyeortulti.pdf> adresinden alındı
- Wang, J., Zhou, J., Gu, R., Chen, M., & Li, P. (2018). Manage system for internet of things of greenhouse based on GWT. *INFORMATION PROCESSING IN AGRICULTURE*(5), 269-278.
- www.tarimorman.gov.tr. (2018, Ekim 8). T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı: <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Tarla-Ve-Bahce-Bitkileri/Ortu-Altı-Yetistircilik> adresinden alındı