



İç Ortam Bitkilerinin Takibi için IoT Tabanlı Akıllı Gömülü Sistem Tasarımı

IoT Based Smart Embedded System Design for Indoor Plants Tracking

Hayati Mamur^{1*}, Zeynep Dicle², Süleyman Erdener³

¹Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, 45140, Manisa, TÜRKİYE

²RFTEK Elektronik, Eyüpsultan, İstanbul, Türkiye

³Vestel Elektronik Sanayi ve A. Ş., Manisa Teknokent, 45140, Manisa, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 25/02/2022

Kabul / Accepted: 30/06/2022

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/07/2022

Son Versiyon/Final Version: 31/07/2022

Öz

Günümüzde gömülü sistem teknolojilerinden olan mikrodenetleyicilerdeki gelişmeler bu teknolojik uygulamaları ucuzlatmış ve nesnelerin interneti (IoT-Internet of Things) çalışmalarını ivmelendirmiştir. İnsanların yaşamlarını kolaylaştırmak için interneti kullanma istekleri artmıştır. Bu isteklerden biri, yaşadıkları ortamlarından bir süreliğine uzaklaştıklarında iç ortamlarda organik olarak yetiştirdikleri bitkilerinin canlı ve verimli kalmalarını istemeleridir. Bu çalışmada, iç ortamda organik gıda üretiminin daha verimli ve daha uzun olmasını sağlamak amacıyla IoT'li bir gömülü sistem uygulaması gerçekleştirilmiştir. Ortamda yetiştirilen bitkinin takibi IoT'li akıllı bir gömülü sistem ile yapılarak kullanıcı mobil cihazla bilgilendirilmiş ve iklimlendirme ayarlarını yapmıştır. Sistemde, algılayıcılar ile ortamın durumu belirlenmiştir. Bu bilgiler mikrodenetleyiciye aktarılmıştır. Mikrodenetleyici gelen veriler analiz edip gerekli uyarıları Wi-Fi üzerinden yetiştiriciye ulaştırmıştır. Yetiştiricinin ve mikrodenetleyicinin yazılan algoritmaları ile gerekli durumlarda sisteme müdahale etmesi sağlanmıştır. Sonuçta, iç ortam bitkilerine ait olan verilerin IoT tabanlı gömülü sistem ile anlık takibinin yapılması, sisteme uzaktan müdahale edilmesini sağlamış ve bitkilerin yaşam ömrü uzatılmıştır.

Anahtar Kelimeler

“Gömülü sistem, mikrodenetleyici, nesnelerin interneti, IoT, tarım”

Abstract

Today, developments in microcontrollers being embedded system technologies have made these technological applications cheaper and accelerated the Internet of Things (IoT) studies. People's desire to use the internet to make their lives easier has increased. One of these requests is that they want their plants grown organically in indoor environments to remain alive and productive when they are away from their living environment for a while. In this study, an embedded system application with IoT has been implemented in order to ensure that organic food production in the indoor environment is more efficient and longer. The plant grown in the environment was tracked with a smart embedded system with IoT, and the user was informed with a mobile device and the environment conditioning settings were carried out. In the system, the state of the environment was determined with the sensors. This information is transferred to the microcontroller. The microcontroller analyzed the incoming data according to the previously taught information and delivered the necessary warnings to the grower via Wi-Fi. With the algorithms written by the grower and the microcontroller, it is ensured that the system intervenes when necessary. Ultimately, instant monitoring of the data belonging to indoor plants with the IoT-based embedded system enabled remote intervention in the system and the lifespan of the plants was extended.

Key Words

“Embedded system, microcontroller, internet of things, IoT, agriculture”

1. Giriş

Gömülü sistemler, işlemci içerisine yazılan bir program ile çevresel elemanları bağımsız bir şekilde çalıştıran ve kontrol eden elektronik sistemler olarak tanımlanmaktadır (Türk and Lüy, 2021). Gömülü sistemler hem mikroişlemcili hem de mikrodenetleyicili donanımlar ile yapılmaktadır (Duran and Teke, 2019). Her mikrodenetleyicili sistem gömülü sistem olarak isimlendirilirken her gömülü sistem mikrodenetleyicili sistem değildir. Son zamanlarda mikrodenetleyicili gömülü sistemler diğer gömülü sistemlere nazaran oldukça ucuz mal edilebilmektedir (Malinowski and Yu, 2011). Kolay bulunabilir olmaları, sistem kurulumunun basitliği, az enerji harcamaları ve yüksek performans göstermeleri nedenlerinden dolayı yaygın bir kullanım alanı bulmaktadırlar (Salah and Zneid, 2019).

Mikrodenetleyicili sistemlere kablosuz veri aktarımının eklenmesi Endüstri 4.0 uygulamalarından olan nesnelerin interneti (IoT-Internet of Things) uygulamalarını arttırmıştır (Kanoun et al., 2021). IoT ile nesneler; mobil telefonlar, tabletler, bilgisayarlar ve hatta nesneler birbirleri ile haberleşebilir duruma gelmiştir (Chiang and Zhang, 2016). Birbirleri arasındaki haberleşmeleri radyo frekans (RFID-Radio Frequency Identification) (Cui et al., 2019), Bluetooth (Dasu and Raghunath, 2021) ve kablosuz sensör ağları (WSN-Wireless Sensor Networks) (Mishra and Varma, 2021) gibi iletişim yolları ile gerçekleştirmektedirler (Erdal and Ergüzen, 2020). Böylelikle nesnelerin uzaktan izlenebilirliği, kontrolü ve toplanan verilerinin analiz edilebilirliği sağlanmıştır (Liao et al., 2020). Bunlara ek olarak, akıllı mobil telefonlardaki Android ve IOS program geliştirme uygulamaları bu IoT uygulamalarının paralelinde hızlı bir ivme ile artmaya devam etmektedir (Ray, 2016). Bu gelişmelere bağlı olarak birbiri ile haberleşen cihaz sayılarının daha fazla artacağı öngörülmektedir (Khanna and Kaur, 2020).

İnternet, akıllı mobil telefonları ve mikrodenetleyicilerdeki gelişmelerin paralelinde evlerde kullandığımız buzdolabından (Rao et al., 2021) aydınlatma sistemlerine (Singh et al., 2019) kadar pek çok donanım IoT tabanlı olarak çalışır hale gelmiş ve bulut ağlara veri aktarır durumdadırlar (Kılıç and Bayır, 2017). Bunlarla birlikte akıllı evler (Taj et al., 2018), akıllı şehirler (Szum, 2021) ve akıllı tarım (Hu et al., 2020) gibi terimler beraberinde kullanılmaya başlanmıştır. Endüstride otonom olarak çalışan süreçlerin verileri merkezi denetim ve veri edinim sistemleri (SCADA-Supervisory Control and Data Acquisition System) ile internetten bağımsız olarak yapılırken, internet teknolojileri ve gömülü sistemlerin ilerlemesi ile IoT temelli bulut SCADA sistemleri yaygınlaşmıştır (Demircan and Akyüz, 2019). Böylece endüstriyel IoT kavramı ortaya çıkmıştır (IIoT-Industrial IoT) (Ercan and Kutay, 2016). Hem IoT sistemlerde hem de IIoT sistemlerde bulut ağlarına taşınan veriler oldukça büyük sistemleri oluşturmuştur. Tüm verilerin kablosuz ağlarla internet ortamına aktarılması ve buradan kontrol edilmesi beraberinde veri güvenliğini sorgulanır hale getirmiştir (Terence and Purushothaman, 2020). Bu dezavantajlarının olmasına rağmen IoT hızla uygulama alanı bulmaya devam etmektedir.

Son yıllarda meydana gelen gelişmeler tarım alanında otonom ve akıllı sistemleri gündeme getirmiştir. Bu sistemlerle ilgili IoT temelli akıllı algoritmali mikrodenetleyici uygulamaları dikkati çekmektedir. Bu alanda, araştırmacılar ve mühendislerin yaptıkları uygulamalar insanların yaşamlarını kolaylaştırıcı nitelikte olan ön açıcı çalışmalardır. Uzaktan kontrollü dronlar ile tarımsal alanların denetlenmesi (Altın et al., 2021), Bluetooth teknolojilerini kullanan akıllı sera uygulamaları (Öztürk et al., 2021), topraksız tarım uygulamaları (Baydur et al., 2021), düşük maliyetli sulama sistemleri (Alpay, 2021) ve karar verme algoritmalarına sahip sera otomasyonları (Ayan and Şenol, 2016) ilgi çekici uygulamalar arasında görülmektedir. Yine, tarımsal alanları ilgilendiren damlama sulama sistemleri (Bingöl et al., 2018), elma bahçelerinin sulama durumunun nem sensörü ile bilinmesi (Işık, 2017) ve gerçek zamanlı iç ortam hava kalitesi izleme sistemi (Üçgün et al., 2020) kurularak bulut ağlarına IoT sistemlerle veriler iletilmekte, analiz edilmekte ve istenildiğinde müdahale edilmektedir. Bunlara ek olarak, kümes hayvancılığında verimliliğin artırılması (Durgun, 2021), akıllı tarım için hava durumu izleme (Soy and Dilay, 2021), süper kapasitör ile birlikte kullanılan solar enerjili kablosuz gömülü sistem veri iletimi (Yüksel, 2019) gibi yapılan IoT çalışmalarına rastlamak mümkündür.

Kentleşmenin artmasıyla insanların yeşile ve tarımsal üretimde genetiği değiştirilmemiş olan ürünlere rağbetlerinin artması akıllı organik tarımı iç ortama entegre etme fikrini ortaya çıkartmıştır. Bununla birlikte, bazı tarım ürünleri yetiştirenlerin güvenin azalması bu tür arayışlara giren insanları kendi ürünlerini üretmeye sevk etmiştir. Dahası, gıda fiyatlarının gün geçtikçe artması insanları iç ortamlarda bitki yetiştiriciliğine daha da fazla yönlendirmiştir. Ancak iç ortamda bitkilerin bakımı kolay olmadığından, iç ortamda bitki yetiştirmede birçok problemle karşı karşıya kalınmaktadır. Birçok bitki uygun iklimlendirmenin sağlanamaması sebebiyle ölmektedir. Bu çalışmanın amacı, akıllı tarımı iç ortamda kullanarak tarımsal üretimin verimliliğini yükseltmek, toprak canlılığını artırmak ve ürün yönetiminde verilen zararı en aza indirmektir. Bu amacı gerçekleştirmek için IoT temelli akıllı mikrodenetleyicili gömülü sistem tasarımı yapılmıştır. Sistemde, saksı bitkilerinin toprağının nem oranı, ortamın nem oranı, ortamın sıcaklığı, bitkinin aldığı ışık, bitkinin büyüme hızı bilgileri son teknoloji ürünü olan sensörler yardımıyla alınmıştır. Böylelikle iç ortamda yetiştirilen bitkilerin takibi ve analizi yapılarak kullanıcının yetiştirdiği bitki hakkında verileri tutulmuş ve analiz edilmiştir. Sisteme kontrol sinyali gönderilerek bitkiye uygun su verilmiş ve su israfının önüne geçilmiştir. Ek olarak, bitkinin konumuna göre verdiği veriminin verileri tutulmuştur. Bununla birlikte bitkiye verilen gübrelerle verdiği ürünlerin verileri kaydedilmiştir.

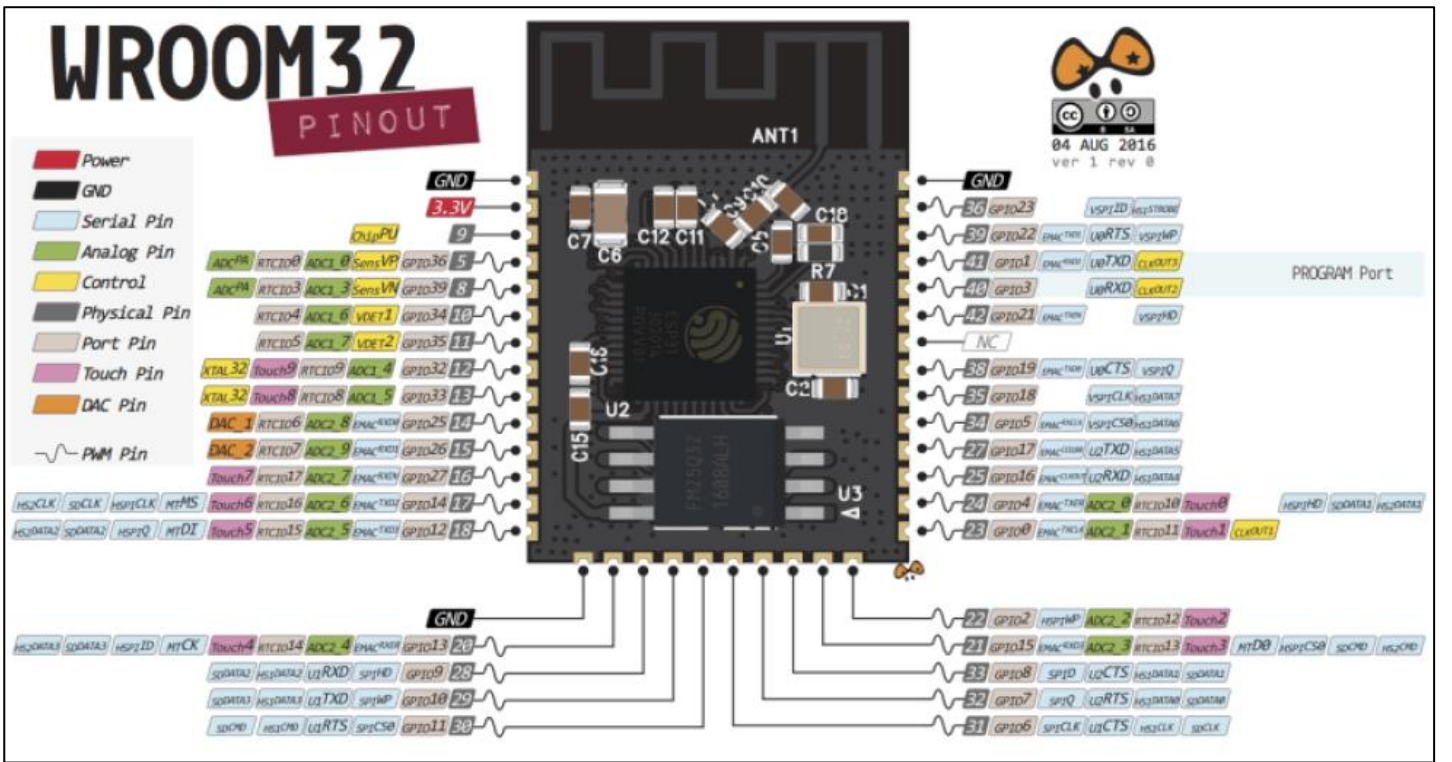
Çalışmanın sunumu için “Giriş” bölümünde, IoT kavramı, kullanım alanları ve IoT sistemlere duyulan ihtiyaç ile ilgili genel bilgiler verilip yapılan literatür çalışmaları açıklanmıştır. İkinci bölümde, iç ortam bitkilerinin takibinde IoT tabanlı akıllı gömülü sistem tasarımını yapmak için kullanılan “Materyal” sunulmuştur. Daha sonra üçüncü bölümde “Metot” verilmiştir. Dördüncü bölümde, uygulamadan elde edilen çıktılar ve değerlendirmeler “Yorumlar” bölümünde verilmiştir. Son olarak beşinci bölümde, yapılan çalışmadan çıkartılan genel çıkarımlar “Sonuçlar” bölümünde açıklanmıştır.

2. Materyal

Bu çalışmada, ESP-WROOM-32 mikrodenetleyicisi, DHT11 sıcaklık ve nem sensörü, iki elektrotlu toprak nem YL-69 higrometre sensörü, GY-30 ışık sensörü, 1,44 inç Arduino TFT LCD ekran modülü ve OV7670 kamera modülü kullanılmıştır. Mobil uygulama yazılımı için Blyn uygulaması ile yazılım yapılmıştır. Sensörlerle toprağın pH değeri, toprağın su seviyesi, ortamın sıcaklığı, ortamın nemi, ortamın ışık yoğunluğu değerleri ESP-WROOM-32 mikrodenetleyicisine iletilmiştir. Mikrodenetleyiciye bağlanan Arduino TFT LCD ekran modülünde alınan bilgiler ve uyarılar gösterilmiştir. ESP-WROOM-32 mikrodenetleyicisindeki Wi-Fi ile tüm veriler veri tabanında depolanmıştır. Yapılan mobil uygulama ile analiz için veri tabanından alınan değerler kullanıcıya anlık ulaştırılabilmektedir.

2.1. Mikrodenetleyici

Uygulamada kullanılan ESP-WROOM-32 mikrodenetleyicisinin en önemli özelliklerinden bir tanesi üzerinde Wi-Fi modülünü bulundurmasıdır. Ayrıca Bluetooth modülü de içermektedir. Mikrodenetleyicinin içerisinde Xtensa® 32-bit LX6 mikroişlemcisi vardır. 32 tane GPIO pini ile dış ortama bağlanabilir. 16 tane analog dijital çevirici (ADC-Analog Digital Converter), 2 tane seri çevresel arayüz (SPI-Serial Peripheral Interface), 1 tane ara entegre devre iletişimi (I²C-Inter-Integrated Circuit), 1 tane evrensel asenkron alıcı verici iletişimi (UART-Universal Asynchronous Receiver Transmitter), 32 tane darbe genişlik modülasyonu (PWM-Pulse With Modulation) pinleri bulunmaktadır. 2,7 V- 3,3 V besleme gerilimi ile çalışmaktadır. Veri hızı 150 M/s'dir. 2,4-2,5 GHz frekans aralığında çalışmaktadır. ESP-WROOM-32 mikrodenetleyicisinin pin isimleri Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. ESP-WROOM-32 mikrodenetleyicisinin pin isimleri

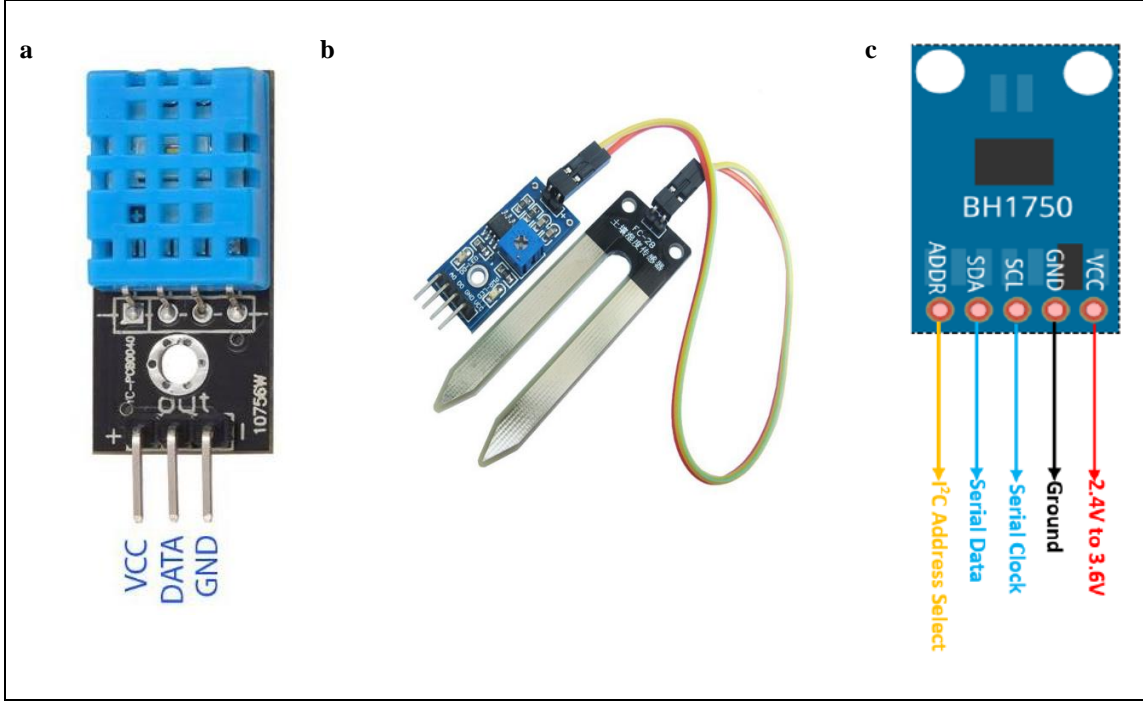
2.2. Sensörler

Sistemde sıcaklık ve nem sensörü olarak DHT11 sensörü kullanılmıştır. DHT11 dijital sinyal çıkışı olan bir sıcaklık ve nem sensörüdür. Ortamda bulunan sıcaklık ve nemin algılanması için kullanılmıştır. Bu sensör dijital sinyal toplama tekniğini ve sıcaklık nem algılama teknolojisini kullanır. Kullanıcılara güvenilir algılama ve uzun süreli kararlılık sağlar. Ek olarak, hem dirençli tipte bir nem ölçüm algılayıcısı hem de NTC sıcaklık ölçüm algılayıcısını bünyesinde barındırır. Sıcaklık ve nem sensörünün yapısı Şekil 2a'da gösterilmiştir.

Bitkilerin yetiştiği toprağın neminin ölçülmesi iki elektrotlu toprak nem YL-69 higrometre sensörü ile yapılmıştır. Bu sensörün elektrotları bitkinin yaşadığı toprağına daldırılır. Toprağın nem seviyesine bağlı olarak oluşan dirençten dolayı bir gerilim farkı oluşur. Oluşan gerilim farkı toprağın nem miktarını belirtir. Nem miktarı arttıkça direnç değeri azalır. İletkenlik artar. Kartın üzerinde yer alan ayarlı direnç ile hassasiyet ayarı yapılabilmektedir. Modül dijital çıkış verebildiği gibi analog çıkışta sunabilmektedir. Ayrıca potansiyometre ile eşik seviyesi değiştirilmesi gerçekleştirilebilmektedir. Toprak nem sensörü pin yapısı Şekil 2b'de verilmiştir.

Bitkilerin bulunduğu ortamın ışık seviyesi GY-30 ışık sensörü ile ölçülmüştür. Bu sensör kartı üzerinde BH1750FVI analog-dijital çeviriciye sahiptir. Bu çevirici 16 bitlik dijital çıkışıdır. I²C seri haberleşme protokolü ile mikrodenetleyicilerle haberleşir. İletişimde

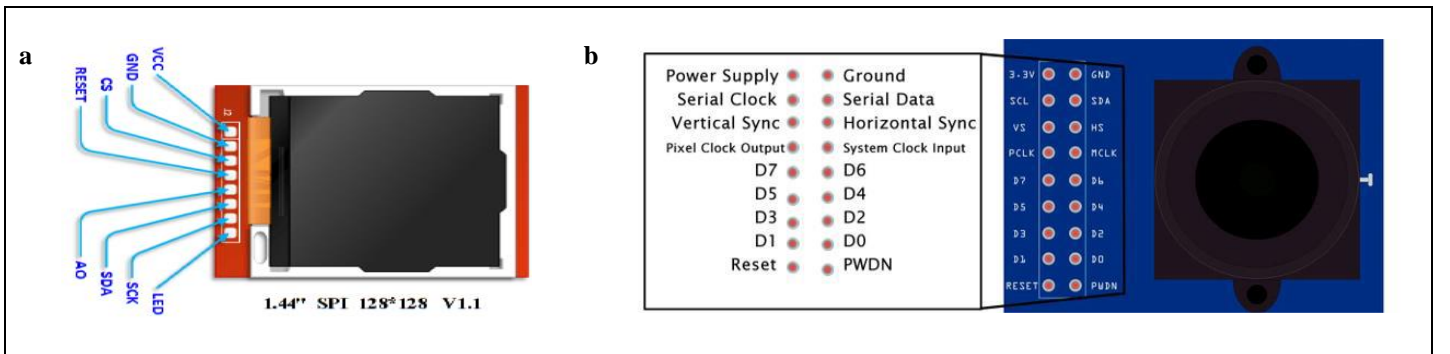
seri saat senkronizasyon pini (SCL-Serial Clock) ve seri veri iletişim pini (SDA-Serial Data) olarak iki pin kanalı kullanılmaktadır. Işık yoğunluğu sensörü Şekil 2c’de verilmiştir.



Şekil 2. Sensörler a) DHT11 sıcaklık ve nem sensörü; b) YL-69 toprak nem sensörü ve c) GY-30 ışık yoğunluğu sensörü.

Sistemde ILI9163C tabanlı ekran sürücüsüne sahip 1,44 inç Arduino TFT LCD ekran modülü anlık verilerin gösterilmesi ve kullanıcıya bilgiler verilmesi için kullanılmış bir ekrandır. Bu ekran 128×128 piksel çözünürlüğe sahiptir. Seri çevresel arayüz (SPI-Serial Peripheral Interface) ile mikrodenetleyici haberleşmesini byte olarak gönderilmesi ile gerçekleştirir. Dolayısı ile master-slave olarak senkron bir haberleşme seçeneğini sunar. Şekil 3a’da Arduino TFT LCD ekran gösterilmiştir.

Bitkilerin görüntülerinin alınması için sistemde OV7670 kamera modülü kullanılmıştır. Bu modül transistör-transistör-lojik (TTL) ara birimine sahip bir Arduino modülüdür. Görüntü alma ve işleme çalışmaları için tasarlanmıştır. UART üzerinden görüntü ve veri okuyabilir. UART haberleşmesinde veri alma için RX pini kullanılırken veri gönderilmesi için TX pini kullanılır. Haberleşme asenkron yapılıdır. Şekil 3b’de OV7670 kamera modülü verilmiştir.



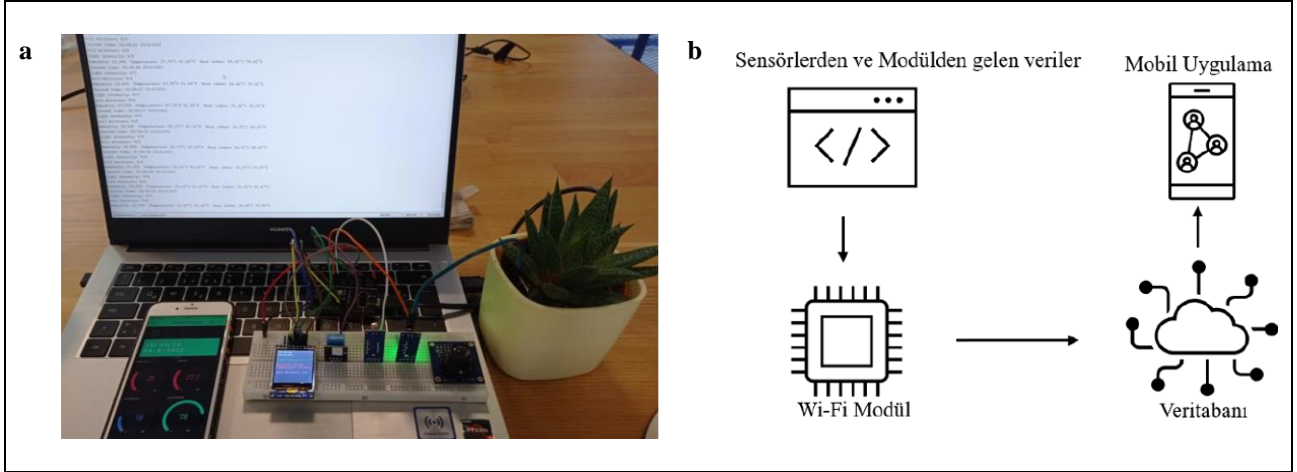
Şekil 3. Sistemin a) Arduino TFT LCD ekranı; b) OV7670 kamera modülü.

Mobil uygulama için Blynk uygulaması kullanılmıştır. Bu Blynk uygulaması IOS ve Android ile çalışan mobil telefonlarda kullanılmaktadır. ESP32, ESP8266 ve Arduino gibi geliştirme kartları ile yapılan IoT tabanlı ürünlerle iletişim kurulmasına yarayan bir yazılım platformudur. Yapılan mikrodenetleyicili sistemin değişkenlerinin görselleştirilmesini, analiz edilmesini, depolanmasını ve kontrol edilmesi imkanlarını sağlar.

3. Metot

Çalışmada, iç ortam bitkilerinin yetiştirildiği birkaç tane saksı üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bunların bulunduğu ortamın verileri algılayıcılar yardımı ile analog olarak ölçülmüştür. Bu analog veriler 10 bitlik analog dijital çeviricisi olan (ADC-Analog Digital Converter) ESP-WROOM-32 mikrodenetleyiciye aktarılmıştır. Anlık olarak veriler Arduino TFT LCD ekranında görülürken sisteme bağlanan Wi-Fi modül sayesinde tüm veriler mobil ortama aktarılmıştır. Blynk uygulaması ile yazılan program mobil ortamda verilerin kaydı ve gösterilmesini sağlamıştır. ESP-WROOM-32 sistemine yerleştirilen OV7670 kamera modülü vasıtasıyla bitkilerin görüntüleri sürekli olarak izlenmiştir. Bitkide meydana gelen önemli değişiklerin olduğu veriler bir belleğe aktarılmıştır. Bu bellekteki veriler daha sonra analiz edilerek bitki için en uygun ortam koşullarının ne olduğu belirlenebilecektir. ESP-WROOM-32 mikrodenetleyicisinin programı Arduino IDE’de C dilinde yazılmıştır.

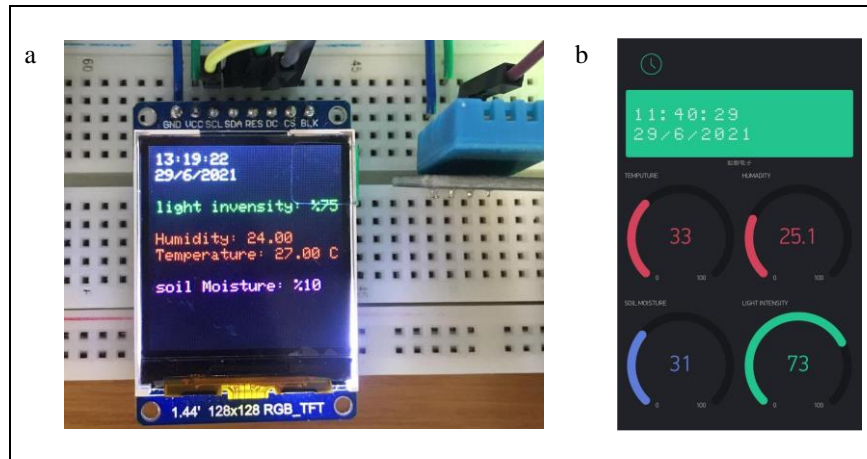
Çalışmanın gerçekleştirilen durumu Şekil 4a’da gösterilmiştir. Uygulanmış çalışmanın veri akış diyagramı Şekil 4b’de verilmiştir. Sistemden alınan verileri Wi-Fi modülü ile veri tabanına aktarılmıştır. Veri tabanındaki veriler mobil uygulamaya aktarılmıştır.



Şekil 4. Sistemin a) Uygulaması; b) Veri akış diyagramı.

Sistemde sensörler ve modüllerin gerekli haberleşme protokolleri ve bağlantıları sağlamıştır. ESP-WROOM-32 mikrodenetleyicisiyle sıcaklık nem sensörü, ışık yoğunluğu sensörü, toprak nem sensörleri analog pinlere bağlanmıştır. Arduino TFT LCD ekran SPL haberleşme protokolünü kullandığı için gerekli SPL pinleriyle bağlantıları sağlanmıştır. Kamera modülü için UART pinleri ve dijital pinler ile bağlantı yapılmıştır. Sensörlerden alınan veriler doğru bir şekilde TFT LCD ekrana yansıtılmış ve telefona aktarılmıştır. Arduino TFT LCD ekran için Arduino IDE’de hazır Adafruit_GFX ve Adafruit_ST7735 kütüphaneleri kullanılmıştır. Arduino TFT LCD ekran görüntüsü Şekil 5a’da gösterilmiştir.

Verilerin IoT ile mobil telefona aktarılması için Blynk uygulamasından faydalanılmıştır. Geliştirilen yazılım görüntüsü Şekil 5b’de verilmiştir. ESP-WROOM-32 mikrodenetleyicisindeki Wi-Fi modülü ile Blynk uygulamasında geliştirilen arayüz ile veriler alınmıştır.



Şekil 5. Sistemde kullanılan a) TFT LCD ekran; b) Blynk uygulaması.

4. Yorumlar

Tasarlanan sistemdeki amaç kullanıcının yetiştirdiği bitkinin durumu anlık olarak kullanıcıya aktarabilmektir. Sistemin yapılan denemeler sonucu istenildiği gibi çalıştığı tespit edilmiştir. Sistemin farklı ortamlarda çalışmaları denenip kontrol edilmiştir. Gün içinde farklı ışık yoğunlukları ile çalıştırılmış ve bir hata ile karşılaşmamıştır. Dikilen bitkinin farklı toprak nemlerinde nem bilgileri alınarak veri edinimi sağlanmıştır. Farklı günlerde ortamın sıcaklık ve nem bilgileri kaydedilmiştir. Bütün sensör değişimleri Arduino TFT LCD ekran ve mobil uygulama da anlık olarak görülmüştür. Yapılan çalışmalarda yetiştirilen bitkinin tasarlandığı şekilde ortam sıcaklığı ve nemi, ışık yoğunluğu, toprak nemi verileri doğru ve senkron bir şekilde ekran modülüne yazdırılmıştır. Bu veriler doğru ve senkron biçim de mobil uygulamaya da aktarılmıştır.

Gerçekleştirilen çalışmanın yazılımı ilk başta Visual Studio Code üzerinde Platformio eklentisiyle yapılmaya başlanmıştır. Fakat daha sonra kütüphane ekleme durumlarında hatalar alındığı için Arduino IDE yazılımına geçilmiştir. Fakat kamera modülü ve diğer donanımlar kullanıldığında mikrodenetleyicinin çok kısa bir süre içinde fazla ısınma problemi ile karşılaşmıştır. Bu çalışmanın hayata geçirilmesiyle üreticiler için ortamda akıllı mikrodenetleyicili gömülü sistemleri kullanarak organik yetiştiricilik yapabileceklerdir.

5. Sonuçlar

Gerçekleştirilen bu çalışma için ortamda üretilen veya yetiştirilen bitkilerin iklimlendirme takibinin, analizinin yapılmasını, akıllı tarım tekniklerinin teknolojiyle birleştirilmesini sağlayarak daha verimli üretim olanağının kazandırılmasını sağlayan bir IoT uygulaması olmuştur. Projede kullanılan sensörler ile ortamın durumu algılanarak bu veriler yine son nesil teknoloji ürünü olan ESP-WROOM-32 mikrodenetleyiciye aktarılmıştır. Mikrodenetleyici gelen bilgileri daha önceden öğretilmiş olan bilgilere göre analiz etmiş gerekli uyarıları Wi-Fi üzerinden yetiştiriciye bildirmiştir. Blynk arayüz uygulaması ile bitkinin durumu sürekli izlenebilmiştir.

Çalışmada kullanılan kamera sayesinde bitkinin yetiştirme süreçleri kolaylıkla izlenebilmektedir. Yetiştirilen bitkilere özgü algoritmalar yazılarak bitkilerin daha hızlı bir şekilde büyümesi ve ürün vermesi görüntü işleme teknikleri ile yapılabilecek çalışmalar arasında yer almaktadır. Bu geliştirilen algoritmalar akıllı tarım uygulamalarına katkı sağlayacaktır. Sistemde kullanılan ışık sensörü sayesinde geliştirilecek bir yöntem ile bitkinin ışık açısı ayarlanabilir veya ışıklandırma seçenekleri kontrol edilebilir. Bu durum bitkinin daha hızlı büyümesini netice verecektir. Toprak verilerinin değerlendirilmesi ile bitki gelişim sürecine etki eden durumlar çıkartılabilir.

Referanslar

- Alpay, T. (2021). Düşük Maliyetli DTMF tabanlı akıllı sulama sistemi. *Computer Science, 5th International Artificial Intelligence and Data Processing symposium*, 242-249. <https://doi.org/10.53070/bbd.990114>
- Altın, C., Ulutaş, H., Orhan, E., Er, O., & Akdoğan, V. (2021). Internet of things technology based agricultural spraying drone design for remote farming applications. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* <https://doi.org/10.18466/cbayarfbe.781368>
- Ayan, M., & Şenol, R. (2016). Bulanık mantık tabanlı – uzaktan erişimli sera otomasyonu. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknolojisi Dergisi* 4, 734–746.
- Baydur, C., Sahin, S., Gökçen, A., & Yeşil, B. (2021). ARM based smart water meter with LoRa for soilless agriculture application. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 352–357 <https://doi.org/10.31590/ejosat.957639>
- Bingöl, O., Özkaya, B., & Bayram, M. (2018). Kablosuz sensör ağ tabanlı uzaktan damlama sulama sistemi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi* 6, 554–563. <https://doi.org/10.21923/jesd.443576>
- Chiang, M., & Zhang, T. (2016). Fog and IoT: An overview of research opportunities. *IEEE Internet Things Journal* 3, 854–864. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2016.2584538>
- Cui, L., Zhang, Z., Gao, N., Meng, Z., & Li, Z. (2019). Radio frequency identification and sensing techniques and their applications—A review of the state-of-the-art. *Sensors* 19, 4012. <https://doi.org/10.3390/s19184012>
- Dasu, V., & Raghunath, S. (2021). Network technologies and microcontrollers in internet of things (IoT)-A review. *i-Manager's Journal on Communication Engineering and Systems* 10, 1. <https://doi.org/10.26634/jcs.10.1.18160>
- Demircan, B., & Akyüz, E. (2019). IoT and cloud based remote monitoring of wind turbine. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 15, 337–342. <https://doi.org/10.18466/cbayarfbe.540812>
- Duran, F., & Teke, M. (2019). Akıllı yol durum sensörü tasarımı. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi* 396–401. <https://doi.org/10.29137/umagd.510777>

- Durgun, Y. (2021). Nesnelerin interneti teknolojisinin kümes ortamına uygulanması ve etkileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 28, 463–468. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1005685>
- Ercan, T., & Kutay, M. (2016). Endüstride nesnelerin interneti (IoT) uygulamaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* 16, 599–607. <https://doi.org/10.5578/fmbd.43411>
- Erdal, E., & Ergüzen, A. (2020). Internet of things (IoT). *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi* 12, 24–34. <https://doi.org/10.29137/umagd.827676>
- Hu, X., Sun, L., Zhou, Y., & Ruan, J. (2020). Review of operational management in intelligent agriculture based on the internet of things. *Frontiers of Engineering Management* 7, 309–322. <https://doi.org/10.1007/s42524-020-0107-3>
- Işık, M. F. (2017). Tarımsal arazi sulama sistemlerinde mobil uygulamalar: Örnek bir çalışma. *Politeknik Dergisi* 20, 725–731. <https://doi.org/10.2339/politeknik.339409>
- Kanoun, O., Bradai, S., Khriji, S., Bouattour, G., El Houssaini, D., Ben Ammar, M., Naifar, S., Bouhamed, A., Derbel, F., & Viehweger, C. (2021). Energy-aware system design for autonomous wireless sensor nodes: A comprehensive review. *Sensors* 21, 548. <https://doi.org/10.3390/s21020548>
- Khanna, A., & Kaur, S. (2020). Internet of things (IoT), applications and challenges: A comprehensive review. *Wireless Personal Communications* 114, 1687–1762. <https://doi.org/10.1007/s11277-020-07446-4>
- Kılıç, T., & Bayır, E. (2017). An investigation on internet of things technology (IoT) in smart houses. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi* 9, 196–207. <https://doi.org/10.29137/umagd.349107>
- Liao, B., Ali, Y., Nazir, S., He, L., & Khan, H. U. (2020). Security analysis of IoT devices by using mobile computing: a systematic literature review. *IEEE Access* 8, 120331–120350. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3006358>
- Malinowski, A., & Yu, H. (2011). Comparison of embedded system design for industrial applications. *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 7, 244–254. <https://doi.org/10.1109/TII.2011.2124466>
- Mishra, L., & Varma, S. (2021). Middleware technologies for smart wireless sensor networks towards internet of things: A comparative review. *Wireless Personal Communications* 116, 1539–1574. <https://doi.org/10.1007/s11277-020-07748-7>
- Öztürk, E., Çelik, Y., & Kirci, P., (2021). Akıllı tarımda sensör uygulaması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 28, 1279–1282. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1013749>
- Rao, K. S., Sridhar, M. B., & Pavani, L., (2021). IoT based smart fridge application. *International Journal of Engineering Research & Technology* 10, 367–376.
- Ray, P. P. (2016). A survey of IoT cloud platforms. *Future Computing and Informatics Journal* 1, 35–46. <https://doi.org/10.1016/j.fcij.2017.02.001>
- Salah, W. A., & Zneid, B. A. (2019). Evolution of microcontroller-based remote monitoring system applications. *International Journal of Electrical and Computer Engineering* 9, 2354. <https://doi.org/10.11591/ijece.v9i4.pp2354-2364>
- Singh, P. P., Khosla, P. K., & Mittal, M. (2019). Energy conservation in IoT-based smart home and its automation. *Energy Conservation for IoT Devices* 155–177. https://doi.org/10.1007/978-981-13-7399-2_7
- Soy, H., & Dilay, Y. (2021). A conceptual design of LoRa based weather monitoring system for smart farming. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 28, 906–910. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1011947>
- Szum, K. (2021). IoT-based smart cities: A bibliometric analysis and literature review. *Engineering Management in Production and Services* 13, 115–136. <https://doi.org/10.2478/emj-2021-0017>
- Taj, S., Asad, U., Azhar, M., & Kausar, S. (2018). Interoperability in IOT based smart home: A review. *Review of Computer Engineering Studies* 5, 50–55. <https://doi.org/10.18280/rces.050302>
- Terence, S., & Purushothaman, G. (2020). Systematic review of internet of things in smart farming. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies* 31, e3958. <https://doi.org/10.1002/ett.3958>

- Türk, F., & Lüy, M. (2021). Embedded systems and application areas in engineering. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi* 13, 256–265. <https://doi.org/10.29137/umagd.1053602>
- Üçgün, H., Gömbeci, F., Yüzgeç, U., & Yalçın, N. (2020). IoT tabanlı platform ile gerçek zamanlı iç ortam hava kalitesi izleme sistemi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 7, 370–381. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.730919>
- Yüksel, M. E. (2019). The design and implementation of a batteryless wireless embedded system for IoT applications. *Electrica* 19, 1–11. <https://doi.org/10.26650/electrica.2018.28092>