



Nesnelerin İnterneti (IoT) Tabanlı Akıllı Sulama ve Gübreleme Sistemi¹

Internet of Things (IoT) Based Smart Irrigation and Fertilization System

Muhammed Akif YENİKAYA
Kafkas Üniversitesi,
Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü,
Kars, Türkiye
akif.yenikaya@kafkas.edu.tr
ORCID: 0000-0002-3624-722X

Erdal GÜVENOĞLU
Maltepe Üniversitesi,
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,
İstanbul, Türkiye
erdalguvenoglu@maltepe.edu.tr
ORCID: 0000-0003-1333-5953

Süleyman KONDAKÇI
İzmir Ekonomi Üniversitesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,
İzmir, Türkiye
suley.kondakci@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5150-3220

Öz

Bu çalışmada, tarımda kullanılan otomatik sulama ve gübreleme sistemlerinde verimliliğin artırılması için IoT tabanlı akıllı toprak bakım sisteminin geliştirilmesi ve uygulanması amaçlanmaktadır. Geliştirilen sistem, sulama ve gübreleme işlemlerini otomatik olarak en düşük maliyetle gerçekleştirmektedir. Tarla ve seralarda toprak değerleri kontrol edilerek ve kontrol merkezi ile internet üzerinden haberleşerek gübreleme ve sulama yapılabilmektedir. Kontrol merkezi, duygalar ile toprak değerlerini sürekli kontrol etmektedir. Referans değerlerin altında bir değer olduğu takdirde ilgili birim tetiklenerek toprak otomatik olarak optimum düzeyde beslenmektedir. Bu amaçla, tüm sistemi internet üzerinden kontrol edebilecek yazılım ve donanımları içeren bir sistem tasarlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Nesnelerin İnterneti, Akıllı Sulama, Akıllı Gübreleme, Arduino, NodeMCU

Abstract

In this study, it has been aimed to develop and apply an IoT based smart soil maintenance system in order to increase productivity in automated irrigation and fertilization systems used in agriculture. Developed system performs irrigation and fertilization processes automatically with the lowest expenditure. Fertilization and irrigation can be done by

controlling values of the soil in fields and greenhouses, and communicating with the control centre via the Internet. The control centre nourishes the soil automatically on an optimal level with the study it needs by observing the soil values constantly with sensors. A system containing software and hardware used for this purpose has been designed to be manageable via the internet.

Keywords: Internet of Things, Smart Irrigation, Smart Fertilization, Arduino, NodeMCU

1. Giriş

Otomasyon sistemleri uzun bir araştırma süreci ve tecrübeler üzerine kurulduğundan kurulum ve entegrasyon maliyetleri yüksektir. Bu sistemlerin tarla ve seralarda kurulum maliyetleri çok yüksek olduğu için yaygın olarak kullanılamamaktadır. Geçmişte bu sistemleri kullanacak nitelikli operatörlere ihtiyaç bulunmasına rağmen, günümüzde bilgisayarların ve IoT teknolojisinin yaygınlaşması ile kullanımları daha kolay hale gelmiştir. Kullanımları kolay olan bu sistemler giderek yaygınlaşmaktadır. IoT, nesnelerin fiziksel veya fiziksel olmayan bir şekilde daha büyük sistemler oluşturmak amacıyla birbirleriyle bağlantılı olduğu iletişim ağına verilen isimdir. Bu ağ, gündelik yaşamda kullandığımız farklı cihazlardan elde edilen büyük boyutlardaki verileri toplayarak kullanılabilir bilgilere dönüştürebilmektedir [1,2]. Otomasyon sistemlerindeki kolay kullanımı sayesinde otomasyon kurulum maliyeti kısa sürede amorti edilebilmektedir.

Gönderme, düzeltme ve kabul tarihi: 29.11.2021 - 04.02.2022 - 07.03.2022

Makale türü: Araştırma

¹ Bu makale İzmir Ekonomi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği ABD 'Internet-aided Smart Irrigation and Fertilization System (2018)' adlı yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

Modern seralarda ve tarlalarda dijital elektronik ve duyurga teknolojileri verimli bir şekilde kullanılmaktadır. Bu teknolojiler kullanılarak daha verimli çalışma koşulları yaratılarak enerji, su ve gübre tüketiminden tasarruf edilmesi hedeflenmektedir. Seralarda ve tarlalarda verimli bir veri yönetimine sahip olmak için etkin çözümlere ve kontrol stratejilerine ihtiyaç duyulmaktadır [3]. Ölçüm süreci, fiziksel değerlerle ilgili referans parametreleri karşılaştırmak için nicel bilgilerin toplanmasıyla sağlanmaktadır [4].

Bu çalışmanın amacı, otomatik sistemler yardımıyla gübreleme ve sulamayı otomatikleştirerek tarla ve seraların verimliliğini artırmaktır. Bir diğer amacı ise, kablosuz teknoloji kullanılarak kablolu ölçüm ve kablo trafiğinin dezavantajlarını ortadan kaldırmaktır.

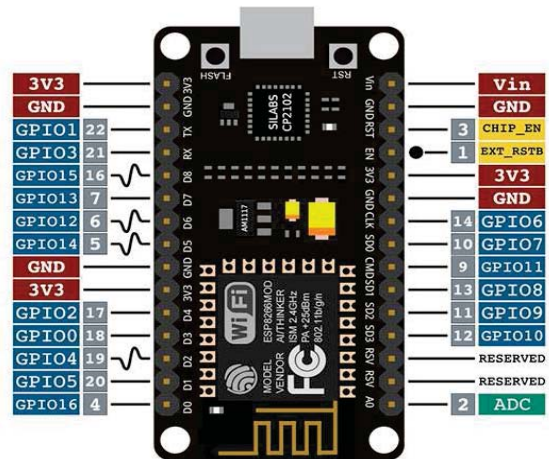
2. Literatür Çalışması

Suyun canlılar için önemi bu konuda yapılan çalışmaları ve araştırmaları artırmıştır. Duker tarafından yapılan bir çalışmada %50 su tasarrufu sağlanmıştır [5]. Kırnak, yetersiz sulama sorununun kontrollü sulama ile çözülebileceğini ortaya koyarak toprak nemini ölçmek için bilgisayar kontrollü otomatik damlama ve sulama sistemi sunmuştur [6]. Millaa ve Kishb, mikroçip tabanlı kızılötesi duyurgalı verimli bir sulama ve erozyon önleme sistemi tasarlamıştır. Sulama miktarı ve zamanlaması sistem tarafından kayıt altına alınmaktadır. Gerekliğinde bu veriler detaylı bir analiz için bilgisayara aktarılmaktadır [7]. Fidan üretimi için köklendirme seralarının otomasyonu İnan tarafından tasarlanmıştır [8]. Bu çalışmada, fidan üretimi için köklendirme seralarında kullanılmak üzere bir otomasyon sistemi kurulmuştur. Otomasyonda internet ve internet iletişim teknikleri kullanılmıştır. Otomasyon sisteminin uygulanabilir ve düşük maliyetli olması hedeflenmiştir. Shivaprasad ve ark. yemleme, toprak pH değerleri, sıcaklık ve nem değerlerini kontrol etmek için bir sistem tasarlamıştır. Bu amaçla bilgisayar ve internetten yararlanmışlardır [9]. Nesnelerin interneti tabanlı bir akıllı sulama sistemi Taştan tarafından önerilmiştir [10]. Önerilen bu akıllı sulama sistemi, hava sıcaklığı, hava nemi ve toprağın nem değerini kullanarak uygun sulama zamanı ve sulama süresini belirlemektedir. Xiao ve ark., çalışmalarında telsiz duyurga ağ mimarisi oluşturarak akıllı sulama kontrol sistemi tasarlanmışlardır. Sistemlerinin pirinç yetiştirme sürecinde uygulanabilir olduğu, hassas tarım ve sürdürülebilir su kaynakları alanında iyi bir keşif olduğunu kanıtlamışlardır [11]. Majsztrik ve ark. tarafından yapılan çalışmada ABD'de bulunan bazı bitki üreticilerinin su kullanımının, kablosuz duyurgalar kullanılarak sulama yapıldığında yaklaşık %50 oranında düşeceğini göstermişlerdir [12]. Parameswaran ve Sivaprasath çalışmalarında toprak nem, pH ve sıcaklık seviyelerini gözlemleyen bir akıllı sulama sistemi gerçekleştirmişlerdir [13]. İshak ve ark. işçilik maliyetlerini azaltmak ve organik gübre hazırlama verimliliğini artırmak için otomatik organik gübre karıştırıcı sistemi geliştirilmişlerdir. Bu çalışmada, gübre üretiminin durumunu uzaktan izleyebilen, işçilere güncellemelerde ve uyarılarda bulunabilen, IoT teknolojisine dayalı gelişmiş bir organik gübre mikseri tasarlanmışlardır [14]. Adeloye ve ark. hava durumu bilgilerinden yararlanarak toprağın su ihtiyacını yapay sinir ağlarını kullanarak belirlemişlerdir [15]. Kamienski ve ark.

akıllı sulama sistemlerinde hava koşulları ve toprak neminin yanında sulama zamanının da çok önemli olduğunu ileri sürmüşlerdir [16]. Lichtenberg ve ark. otomasyon alanında kullanılan akıllı sulama sistemlerindeki talep artışının bu sektörün sürekli ve dinamik şekilde gelişen bir teknoloji alanı haline getirdiğini savunmuşlardır [17]. Soulis ve ark. toprağın nem durumunu ölçen duyurgaların kullanımının tarımsal ve bahçecilik sulama sistemlerinin önemli bir tamamlayıcısı olduğunu ileri sürmüşlerdir [18].

3. Materyal ve Metot

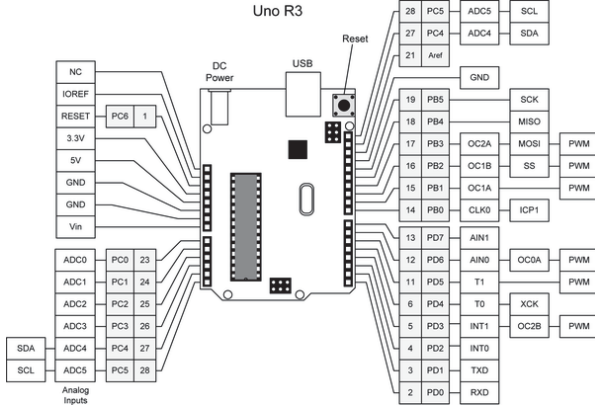
Bu çalışmada, NodeMCU LoLin ESP8266 mikro işlemcisi topraktan elde edilen nem ve pH verilerini yönetmek, vanaların açılıp kapanmasını kontrol etmek, rezervuardaki sıvı seviyesini ölçmek ve bu verileri internet üzerinden aktarmak için kullanılmaktadır. Gübreleme değerlerini optimize etmek için merkezi kontrol sistemi olarak Arduino Uno kullanılmıştır. Bu merkezi kontrol sistemi motorları, valfleri ve gübreleme sistemini sürekli olarak gelen verilen ışığında kontrol altında tutmaktadır. LoLin, NodeMCU'nun kurulu olduğu ve bir ESP8266 Wi-Fi modülünü barındıran bir geliştirme kartıdır. ESP8366'nın SDK'sı kullanılarak geliştirildiği için ekstra bir mikro denetleyiciye ihtiyaç duymadan GPIO, PWM, IIC, 1-Wire ve ADC bağlantılarını desteklemektedir. CP2102 USB seri adaptörü, LoLin'e entegre edilmiştir. NodeMCU, madeni paradan biraz daha büyük olan elektronik bir düğümdür. Açık kaynak kodlu ve ucuzdur. Alçak gerilim enerjisiyle çalışmaktadır. Birden fazla bağlantı noktasına sahiptir ve bu portlar kullanılarak bağlanmış olan diğer elektronik bileşenler yönetilebilmektedir. LoLin ile internet üzerinden iletişim, geliştirilen uygulamadaki http kütüphaneleri kullanılarak yapılmaktadır. Böylece cihazlar uzaktan açılıp kapatılabilmektedir. Programlama dili olarak Lua kullanılabilmesine rağmen Arduino IDE ve Arduino'nun kullandığı diller ile de programlanabilmektedir. Bilgisayarlara kolayca bağlanabilmekte, programlanabilmekte ve veri iletişimi kurulabilmektedir. Şekil 1'de, çalışmada kullanılan NodeMCU LoLin ESP8266'nın ayak yapısı görülmektedir.



Şekil-1: NodeMCU LoLin ESP8266'nın ayak yapısı [10]

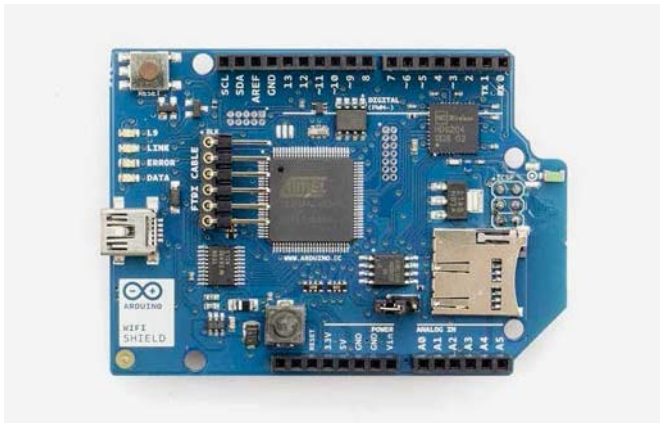
C/C++ ve türevleri ile benzer dil yapıları genellikle LoLin ile birlikte kullanılmaktadır. Komut dosyası dili yaygın olarak kullanılan bir dildir ancak C/C++ türevleri daha baskındır. Bu

nedenle Lua'yı ve dil yapısını baştan öğrenmek yerine C/C++ ve Arduino IDE kullanarak NodeMCU geliştirmek daha etkili olacaktır. Sistemimizde merkezi işlem birimi olarak Arduino Uno kullanılmıştır. Arduino işlemcileri günümüzde çok sayıda uygulama elde etmek için kullanılan en popüler açık platformdur [19]. Şekil 2'de, Arduino Uno'nun ayak yapısı görülmektedir.



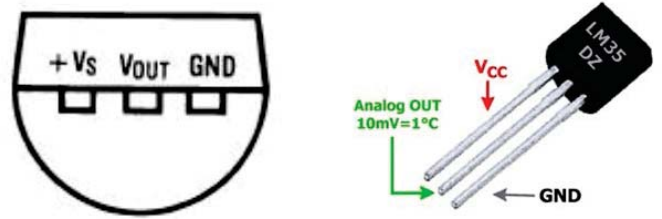
Şekil-2: Arduino Uno'nun ayak yapısı [20]

Arduino yazılımı, bütünleşmiş bir geliştirme ortamı (IDE) ve kütüphaneler ile oluşturulmuştur. IDE, Java ile yazılmıştır ve işleme adı verilen bir dil ortamına dayalıdır. Kütüphaneler ise C ve C++ ile yazılmıştır. AVR-GCC ve AVR kütüphanesi ile uyumludur. Arduino kütüphaneleri ile kolayca programlama yapılabilmekte, analog ve dijital veriler işlenebilmektedir. Duyargalardan gelen sinyalleri kullanarak çevreleriyle etkileşime giren robotlar ve sistemler tasarlanabilmektedir. Arduino, farklı ihtiyaçlara cevap verecek şekilde tasarlanmış çeşitli kartlara ve modüllere sahiptir. Arduino mikrodenetleyici kartımızda bütünleşmiş bir Wi-Fi modülü bulunmadığından, internet bağlantısı kurmak için ayrıca bir Wi-Fi modülü kullanılmaktadır. Wi-Fi modülü, maksimum 65 Mbit/sn hıza kadar 802.11 b/g/n modlarını desteklemektedir. Üzerinde PSB anteni olmasının yanı sıra sahip olduğu uFL konnektörü sayesinde daha güçlü bir anten bağlanmasına olanak sağlamaktadır. Sahip olduğu anahtar sayesinde istenildiğinde erişim noktası moduna dönüştürülebilmektedir. USB-UART çevirici sayesinde, modül bilgisayara bağlanarak güncellenebilmektedir [21]. Şekil 3'te Arduino Wi-Fi modülü görülmektedir.



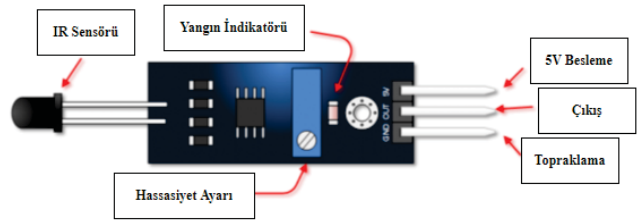
Şekil-3: Arduino Wi-Fi modülü [21]

LM35, uygun maliyetli ve yüksek kaliteli bir sıcaklık duyurgasıdır. Analog çıkışa sahiptir. -55 C ile 150 C arasındaki sıcaklıkları ölçebilmektedir ve 10 mV/derece hassasiyete sahiptir [22]. Şekil 4'te, LM35 ayak yapısı verilmiştir.



Şekil-4: LM35 ayak yapısı [22]

Çalışmada kullanılan LM393 yangın algılama duyurga kartı, 760 nm ile 1100 nm arasında dalga boyuna sahip bir duyurga kartıdır. Olası bir yangın durumunun algılanması amacıyla kullanılmaktadır. Kendi üzerinde bir IR duyurgası barındırır ve üzerindeki ayarlı direnç sayesinde hassas ayarlar yapılabilmektedir. Ayrıca duyurga üzerinden hem analog hem de dijital olarak çıkışlar bulunmaktadır [23]. Şekil 5'te yangın algılama duyurgası ayak yapısı gösterilmektedir.



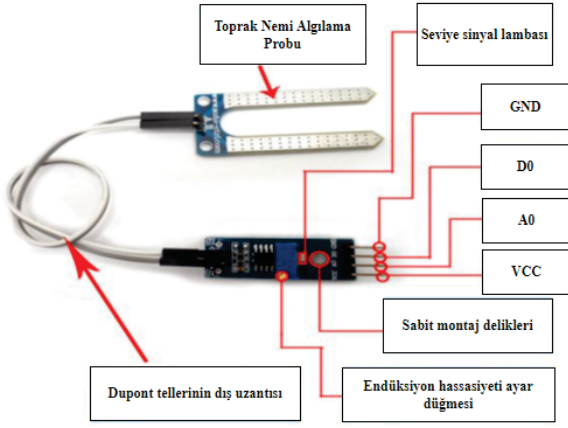
Şekil-5: LM393 yangın algılama duyurgası kartı ayak yapısı [23]

Buzzer, verilen voltaja bağlı olarak farklı ses sinyallerini algılayabilen bir cihazdır. Maliyetleri düşük, üretimleri basit ve hafif oldukları için kullanım alanları oldukça geniştir. Uyarı almak için her yerde kullanılabilir. Şekil 6'da buzzer hoparlör görülmektedir.



Şekil-6: Buzzer [24]

HL-69 toprak higrometre nem duyurgası, topraktaki potansiyel farkı analiz edilerek nem miktarı ölçülebilmektedir. Topraktaki nem seviyesi arttıkça iletkenlik de artmaktadır. Duyurga kartı üzerinde bulunan ayarlı direnç sayesinde hassas ayarlar da yapılabilmektedir [25]. Şekil 7'de, nem ölçüm duyurga kartının ayak yapısı görülmektedir.



Şekil-7: HL-69 toprak nem duyargası ayak yapısı

HC-SR04 ultrasonik mesafe duyargası 2 cm' den 400 cm' ye kadar 3mm hassasiyetle ölçüm yapabilmekte ve çeşitli mesafe okuma alanlarında kullanılmaktadır [24]. Şekil 8'de, HC-SR04 ultrasonik mesafe duyargası ayak yapısı görülmektedir.



Şekil-8: HC-SR04 ultrasonik mesafe duyargası ayak yapısı [24]

Röle kontrol kartı, kullanıcının kontağı 5V ile kontrol etmesini sağlayan, Arduino veya diğer bazı mikro denetleyiciler ile kullanılabilen bir röle kartıdır. Şekil 9'da röle kartı ayak yapısı görülmektedir.



Şekil-9: Röle kartı duyargası ayak yapısı [10]

Proje gerçekleştirme aşamasında Cayenne platformu kullanılmıştır. Cayenne, kullanıcıların IoT prototiplerini oluşturmalarına ve ardından bunları üretime getirmelerine yardımcı olmak için tasarlanmış bir platformdur. Bu platformda bulunan araçlar kullanılarak IOS ve Android kullanıcı arabirimi de geliştirilebilmektedir. Cayenne arayüz geliştiricisine ait örnek bir ekran görüntüsü Şekil 10' da gösterilmektedir.



Şekil-10: Cayenne arayüz geliştiricisi

3.1 Tarımda Bakım Sistemleri

3.1.1 Sulama

Otomatik kontrollü sulama sistemlerinde, duyurgalar aracılığıyla topraktan, bitkiden veya çevreden toplanan veriler mikro işlemcilerde işlenmekte ve yorumlanmaktadır. Duyurgalardan gelen veriler sistem tarafından değerlendirilerek sulama sisteminin otomatik olarak başlatılmasına veya durdurulmasına karar verilmektedir. Bitki türüne bağlı olarak damla sulama, yağmurlama veya her ikisinden oluşabilmektedir. Su sirkülasyonunu otomatik olarak açıp kapatmak için elektrikli vanalar kullanılmaktadır. Sulama vanası, sistem üzerinde su doygunluğu sabitlenene kadar sulama işlemini gerçekleştirmektedir.

3.1.2 Gübreleme

Gübrelemenin amacı, ürünlere toprakta eksik olan bitki besin maddelerini sağlamak ve kaliteli ürünler elde etmektir. Yüksek kalite ve verim için bitki besin bileşenleri tam olarak belirlenmelidir. Tarlada veya serada gübreleme işleminin otomatik olarak yapılması da mümkündür. Bu işlem için başvurulacak yöntemlerden biri de gübre veya ilacın damlama sulama sistemi ile bitkiye verilmesidir. Diğer bir yöntem ise yağmurlama sulama sistemi ile homojen bir dağılım sağlamaktır. Her iki durumda da sistem, sulama sistemi ile birlikte ele alınmalı ve homojenliği sağlamak için sisteme hazırlık rezervuarları eklenmelidir. Kullanılan bileşenler sulama sisteminin tıkanmasına neden oluyorsa bu rezervuarlara tıkanmayı önleyici bileşenler eklenmelidir [1]. Gübreleme amacıyla EC (Electrical Conductivity-Elektriksel İletkenlik) duyargası kullanılmaktadır. Elektriksel iletkenliğin birimi mS/cm'dir. Rezervuar içerisinde bulunan bu duyurga aracılığıyla ölçülen değer, kontrol merkezindeki kayıtlı verilerle uyum sağlaması amacıyla peristaltik motor kullanılmaktadır. Peristaltik motor sayesinde dışarıdan alınan sıvı gübre rezervuara aktarılmaktadır.

3.1.2.1 Elektriksel İletkenlik (EC)

Kimyasal gübreler tuzlardan oluşmaktadır. Tuzlar iyonlarına ayrılarak elektriği pozitif veya negatif yükler kazandırarak iletirler. Damıtılmış su elektriği iletmez ve içine tuz eklendikçe iletkenliği artmaktadır [26]. Elektriksel iletkenlik ölçümü yapılarak sulama suyuna eklenen gübrelerin yoğunluğu ayarlanabilmektedir. Aynı şekilde yetiştirilen her mahsulün kendine özgü ve yetiştirme dönemlerine bağlı belirli EC talepleri bulunmaktadır. Tüm bu faktörlerin birlikte ayarlanması, ölçülmesi ve bitkilere uygulanması

gerekmektedir. Bu sayede meyve veya sebzedden en yüksek verim ve kalite elde edilebilmektedir. Rezervuarda bulunan karışımın EC değerini ölçmek için sistemde Şekil 11’de gösterilen Atlas Scientific EC duyurga devresi kullanılmıştır. Bu sayede ölçümler yüksek doğruluk seviyelerinde yapılabilmektedir. Çizelge 1’de ise EC duyurgasına ait teknik özellikler görülmektedir.

Çizelge-1: EC duyurgasının teknik özellikleri [27]

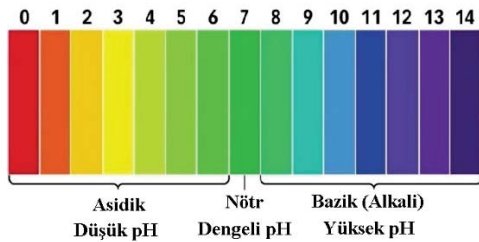
Özellikler	Değer
Okuma	İletkenlik, toplam çözülmüş katı madde, tuzluluk oranı
Aralık	0,07 500,000+ ms/cm
Doğruluk	+/- 2%
Max, Oran	Saniyede 1 okuma
Sıcaklık Telafisi	Evet
Veri Protokolü	UART – 12C
Çalışma Gerilimi	3,3V-5V
Veri Formatı	ASCII



Şekil-11: Atlas Scientific EC duyurga devresi [27]

3.1.2.2 Potansiyel Hidrojen (pH)

Potansiyel Hidrojen'in kısaltması olan pH değeri 7 olduğunda nötr, 7' nin altında ise asidik ve 7'nin üzerindeyse alkalidir. Şekil 12’de, pH değerleri bir renk karteli üzerinde gösterilmektedir.



Şekil-12: PH Değerleri

Düşük pH' lı (asidik) topraklarda nitrik katyon (üenin amonyuma dönüşmesi) ile birlikte bakır, manganez, demir, çinko, alüminyum ve bor gibi ağır metallerin emilimi artmakta, magnezyum, kalsiyum, nitrat, fosfor ve potasyum emilimi azalmaktadır. Düşük pH'lı (asidik) topraklarda yukarıdaki nedenlerden dolayı verim düşmektedir. Öte yandan pH' ı yüksek (alkali) topraklarda ise demir, manganez, bor ve çinko gibi mikro elementlerin ve fosforun bitki tarafından emilimi daha zordur. Bu değerler bitki türüne, gövde ortamına (toprak, çim vb.) ve iklim değerlerine göre farklılık gösterebilmektedir. Gübreleme işlemi ideal değerlerde yapılırsa bitki gelişimi optimal seviyelerde tutulmaktadır. Toprak asitliği veya alkaliliğinin bir ölçüsü

olarak toprak pH' ı, en önemli kimyasal toprak parametrelerinden birini oluşturmaktadır [28]. Rezervuarda bulunan karışımın pH değerini ölçmek için sistemde Şekil 13’te gösterilen Atlas Scientific pH duyurga devresi kullanılmaktadır. Çizelge 2’de ise pH duyurgasına ilişkin teknik özellikler verilmiştir.



Şekil-13: Atlas Scientific pH duyurga devresi [29]

Çizelge-2: PH duyurgasının teknik özellikleri [29]

Özellikler	Değer
Okuma	pH
Aralık	,001-14,000
Doğruluk	+/- 0,002
Max, Oran	Saniyede 1 okuma
Sıcaklık Telafisi	Evet
Veri Protokolü	UART – 12C
Çalışma Gerilimi	3,3V-5V
Veri Formatı	ASCII

Farklı bitki türlerinin farklı EC ve pH değerleri bulunmaktadır. Bitki türlerine göre örnek EC ve pH değerleri Çizelge 3’te verilmiştir.

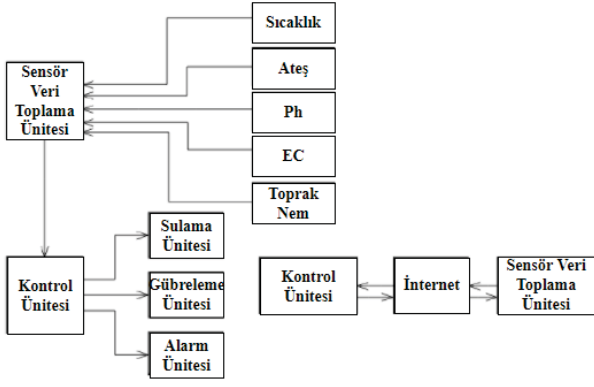
Çizelge-3: Örnek EC ve pH değerleri [30]

Bitki Türü	EC	pH
Muz	1,8-2,2	5,5-6,5
Kavun	2,0-2,5	5,5-6,5
Çilek	1,8-2,2	6,0
Fasulye	2,0-4,0	6,0
Patates	2,0-2,5	5,0-6,0
Domates	2,0-5,0	6,0-6,5
Soğan	1,4-1,8	6,0-6,7
Havuç	1,6-2,0	6,3
Marul	0,8-1,2	6,0-7,0
Mısır	1,6-2,4	6,0
Nane	2,0-2,4	5,5-6,0

EC ve pH duyurgasından kontrol merkezine gönderilen verilere bağlı olarak rezervuarda bulunan sulama suyuna peristaltik motorlar aracılığıyla gübre ve asit karıştırılarak ideal değerlerde karışım sağlanmaktadır. Gübre karışımı arttıkça EC değeri artmakta ve buna karşın asit karışımı arttıkça pH değeri düşmektedir.

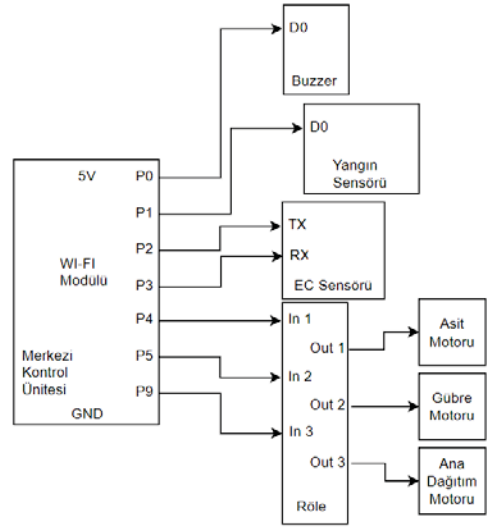
4. Bulgular ve Tartışma

Akıllı sulama ve gübreleme için gerçekleştirilen sistemin genel yapısı Şekil 14’te gösterilmektedir. Sistemde yer alan yazılımın amacı, önceden belirlenmiş parametreler çerçevesinde verileri karşılaştırarak gerekli kontrol sinyallerini oluşturmaktır.

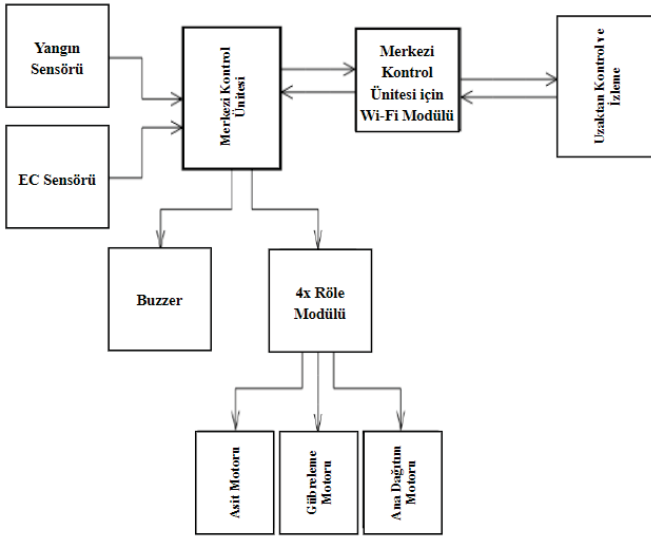


Şekil-14: Genel sistem blok diyagramı

Motor kontrolünü sağlayan kontrol merkezi sistemi elde ettiği verilere göre motorları açıp veya kapatmaktadır. Aynı zamanda kalibre edilmiş verileri Cayenne bulut sistemine göndermektedir. Ayrıca yangın duyargası aracılığı ile ortamdaki herhangi bir yangını algılayabilmektedir. Şekil 15'te kontrol merkezinin blok yapısı ve Şekil 16'da ise kontrol merkezine ait devre şeması verilmiştir.

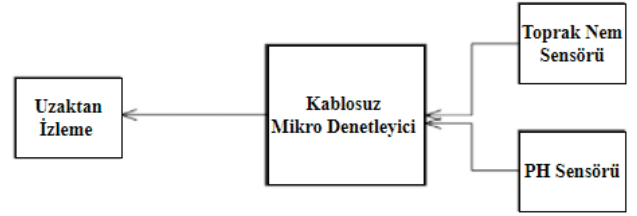


Şekil-16: Kontrol merkezi devre şeması

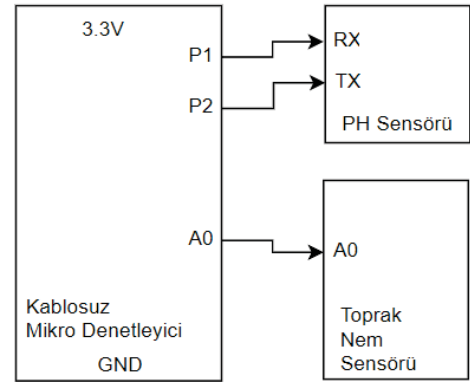


Şekil-15: Kontrol merkezi blok diyagramı

Toprak nem ve asitlik oranını ölçen sistem, NodeMCU denetleyicisi ile topraktaki nem değeri ve ortamdaki pH seviyesi değişkenlerini sayısal verilere dönüştürmektedir. Kalibre edilen veriler Cayenne arayüzüne gönderilmektedir. Şekil 17'de nem ve pH değeri ölçüm ve iletişim sisteminin blok yapısı ve Şekil 18'de ise sisteme ait devre şeması verilmiştir.



Şekil-17: PH seviyesi ve toprak nem değeri tespit sistemi blok şeması

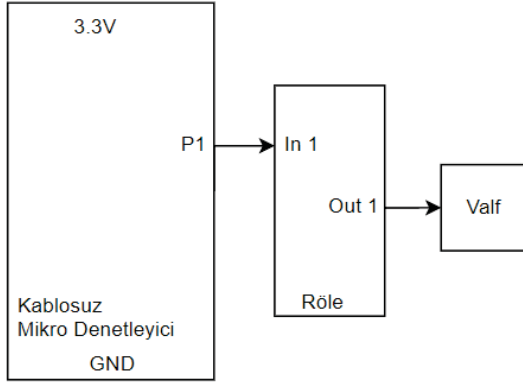


Şekil-18: PH seviyesi ve toprak nem değeri tespit sistemi devre şeması

Valf kontrollü sistem ise NodeMCU denetleyicisi aracılığı ile Duyargalardan aldığı verilere göre valfi açar veya kapatır. Değişiklikleri aynı anda Cayenne bulut sistemine bildirmektedir. Şekil 19'da valf kontrol sisteminin blok yapısı ve Şekil 20'de ise valf kontrol sistemine ait devre şeması verilmiştir.

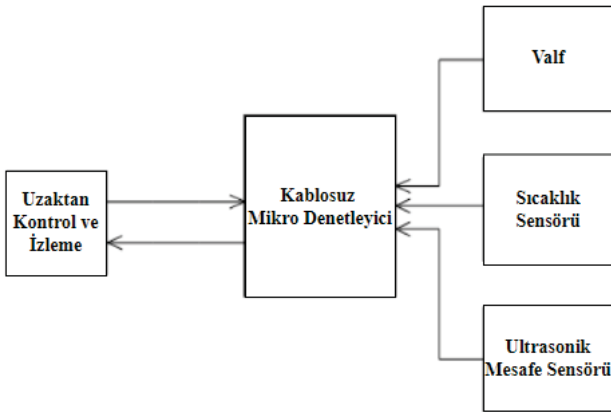


Şekil-19: Valf kontrol sistemi blok şeması

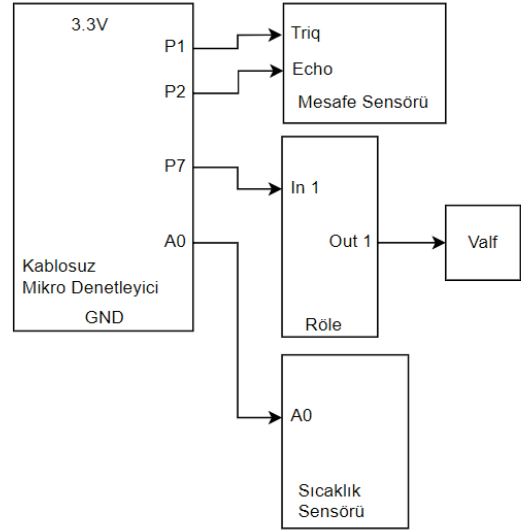


Şekil-20: Valf kontrol sistemi devre şeması

Bir diğer sistem, vana, sıvı seviye algılama duyurga ve sıcaklık duyurgasından oluşmaktadır. NodeMCU denetleyici duyurgadan gelen verilere bağlı olarak valf açılır veya kapatılır. Değişiklikler anlık olarak Cayenne bulut sistemine bildirilmektedir. Aynı zamanda manuel valf kontrolüne de izin verilmektedir. Şekil 21’de rezervuar kontrol sisteminin blok şeması gösterilmektedir ve Şekil 22’de ise rezervuar kontrol sistemine ait devre şeması verilmiştir.



Şekil-21: Rezervuar kontrol sistemi blok şeması



Şekil-22: Rezervuar kontrol sistemi devre şeması

4.1 Sistemin IoT Geliştiricisi ile Uygulanması

Otomasyon sisteminin kontrol ve ayarlarının yapıldığı Cayenne ara yüzüne erişim internet aracılığı ile sağlanmaktadır. Kontrol merkezi olarak tasarlanan sistem üzerindeki motorların kontrolünü sağlayan ve duyurga durum bilgilerini gösteren kategorilerden oluşmaktadır. Toprağı tuzluluk, elektriksel iletkenlik ve çözünmüş katı madde miktarları değerlerini kontrol merkezi üzerinden anlık olarak gösterilmesini sağlamaktadır. Ayrıca olası yangın çıkması durumunda sistem üzerinden tespit edilmesi sağlanmıştır. Bunlara ek olarak gübre motoru, dağıtım motoru ve pH motorunun anlık durumu sistem üzerinden görüntülenebilecek şekilde tanımlanmıştır. Gerçekleştirilen, kontrol merkezi arayüzü şekil 23’te gösterilmiştir.



Şekil-23: Kontrol merkezi ara yüzü

Topraktan nem ve pH ölçüm bilgilerini sağlamak amacıyla tasarlanan sistem üzerinde toprak kuruluğunu yüzdelik olarak ve pH değerlerini anlık olarak gösteren kategorilerden oluşmaktadır. Nem ve pH ölçüm sisteminin arayüzü şekil 24’te gösterilmiştir.



Şekil-24: Nem ve pH ölçüm sistemi arayüzü

Rezervuar içerisinde bulunan sıvı seviyesinin ayarlanabilmektedir. Tasarlanan sistem üzerindeki vananın, sıvı seviyesini ve sıcaklık değerini ölçen duyguların anlık durum bilgileri kullanıcı ara yüzünde gösterilmektedir. Sıvı seviyesinin ayarlanan seviyenin altına düşmesi durumunda, vana otomatik açılarak rezervuardaki sıvı seviyesinin istenilen değerde sabit kalması sağlanmaktadır. Rezervuar sisteminin ara yüzü Şekil 25'te verilmiştir.



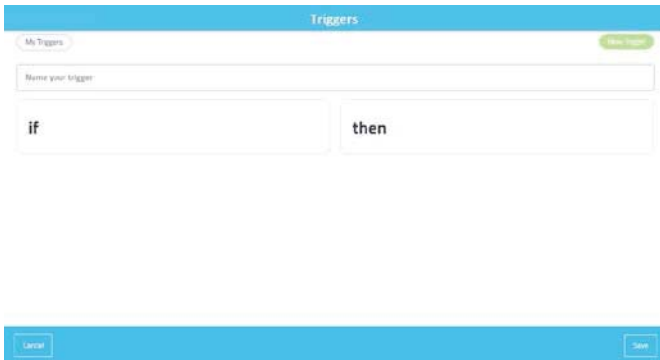
Şekil-25: Rezervuar sistemi arayüzü

Gerçekleştirilen sistemde sıvı dağıtım valfler yardımı ile yapılmaktadır. Otomatik olarak çalışan bu sisteme anlık veriler takip edilebilmekte ve gerektiğinde manuel olarak da müdahale edilebilmektedir. Sıvı dağıtım valf sistemi kontrol arayüzü Şekil 26'da verilmiştir.



Şekil-26: Dağıtım valf sistemi arayüzü

Sistem, duygulardan aldığı verilere göre komut sistemlerini tetikleyerek çalıştırmaktadır. Mikroişlemciler üzerinde yapılan tüm işlemler ve alınan veriler anında web sayfasında ve buna bağlı olarak mobil uygulama arayüzünde gösterilmektedir. Cayenne arayüzü üzerinde bulunan tetikler sayesinde bitki türlerinin özelliklerine göre ayarlamalar dinamik bir şekilde yapılabilmektedir. Tetikleme ekranının görüntüsü Şekil 27'de görülmektedir.



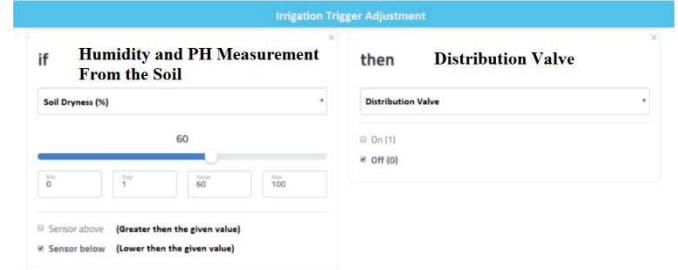
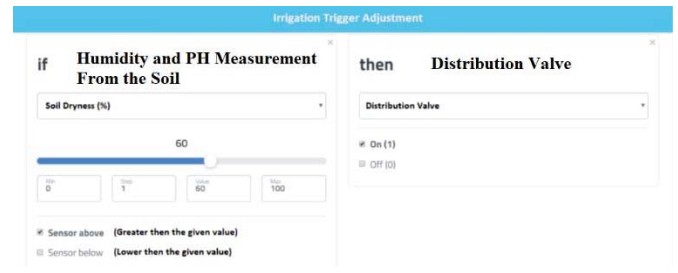
Şekil-27: Tetik ekranı

Sıvı rezervuarındaki EC duyargasından toplanan veriler Arduino Uno denetleyicisi tarafından anlık olarak işlenmektedir. Elde edilen değerler Cayenne arayüzü üzerindeki tetikleyiciler sayesinde istenilen noktada sabit kalmayı mümkün kılmaktadır. Örnek olarak marul bitkisini ele alındığında, ortalama EC talebinin 0.8 olduğu görülmektedir. Tetikleyicideki tanımlama, Eğer "EC değeri 0.8'in altında ise rezervuara bağlı olan EC motoru çalıştır." değilse "Rezervuarına bağlı olan gübre motoru durdur." şeklinde olacaktır. Şekil 28'de EC değeri ayarlarının yapıldığı örnek bir ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil-28: EC Tetik Ayarlanması

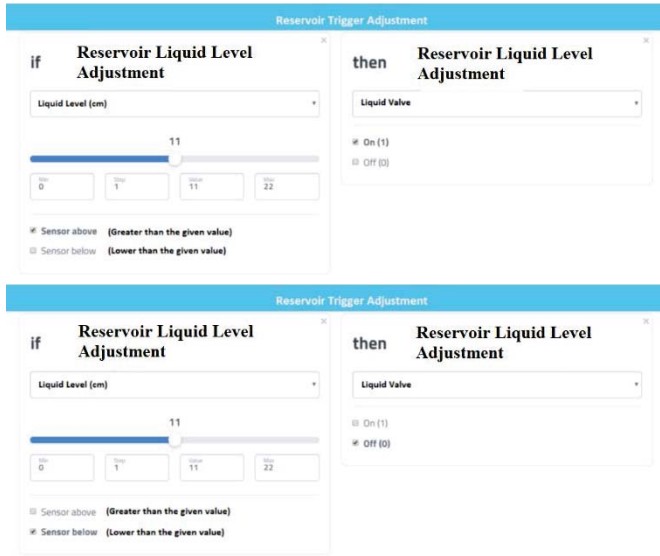
Sulama değerlerinin ayarlanmasında toprağın nem değeri okunarak sisteme aktarılmaktadır. Cayenne arayüzü üzerinde bulunan tetikleyiciler sayesinde toprağın nemi, istenilen değere ayarlanabilmektedir. Şekil 29'da toprak nem değerlerinin ayarlamalarını gösteren örnek bir ekran görüntüsü gösterilmektedir.



Şekil-29: Sulama tetik ayarlanması

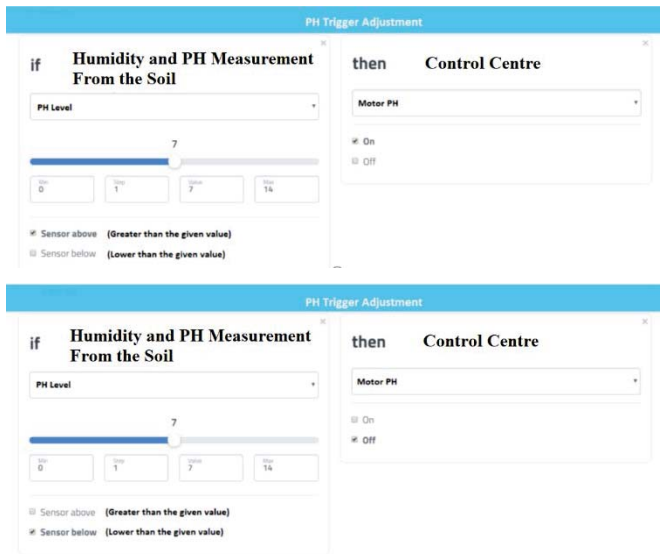
Sıvı rezervuarına yerleştirilen ultrasonik duyurga rezervuardaki sıvı seviyesini ölçmektedir. Ölçülen duyurga verileri anlık olarak NodeMCU denetleyicisi tarafından

işlenmekte ve Cayenne arayüzüne aktarılmaktadır. Cayenne arayüzü üzerindeki tetikleyiciler sayesinde rezervuardaki su seviyesinin istenilen noktada tutulmaktadır. Şekil 30'da rezervuar su seviyesinin tetikleyici yardımıyla nasıl ayarlanacağı bir örnek ile gösterilmektedir.



Şekil-30: Rezervuar tetik ayarlanması

Toprakta bulunan pH duyargasından toplanan veriler NodeMCU denetleyicisi tarafından işlenmekte ve gerçek zamanlı olarak kontrol merkezine aktarılmaktadır. Tetikleyiciler sayesinde elde edilen değerler işlenerek, pH değerinin istenilen değerlerde kalması sağlanmaktadır. Örneğin marul bitkisi için ortalama pH değeri talebinin 7 olduğu bilinmektedir. Buradaki tanımlama, Eğer “pH değeri 7'nin üzerinde ise asit rezervuarına bağlı olan motoru çalıştır.” değilse “asit rezervuarına bağlı olan motoru durdur.” şeklinde olacaktır. Şekil 31'de pH değerlerinin nasıl ayarlandığını gösteren tetikleyici ayarlama ekran görüntüsü verilmektedir.



Şekil-31: EC Tetik Ayarlanması

5. Sonuç ve Öneriler

Günümüz tarım sektöründe modern teknolojilerden faydalanmak kaçınılmaz hale gelmiştir. Modern

teknolojilerden faydalandığında süreçler çok daha hızlı, daha doğru ve daha verimli hale gelmektedir. Gerçekleştirilen çalışma ile yetiştirilen tarım ürünlerinin su ve gübre ihtiyaçlarını yeterli miktarlarda kullanarak aşırı tüketimin önüne geçmektedir. Beraberinde büyük ölçüde tasarruf da sağlamaktadır. Gerçekleştirilen otomasyon sistemi hem düşük maliyetli hem de kullanıcı dostu bir yazılıma sahiptir. Kullanıcı dostu arayüzü ve sistemin kullanım kolaylığı sayesinde ekstra iş gücüne ihtiyaç kalmayacaktır. Üretilen ürünler için gerekli veriler belirlendiğinde, sistem ürüne uygun işlemleri kolaylıkla gerçekleştirebilmektedir. Kurulumu oldukça pratiktir. Geliştirilen sistem tetikler aracılığı ile yetiştirilmesi istenilen bitki türüne bağlı olarak ayarlanabilmesi bakımından esnek bir yapıya sahiptir. Ayrıca tarla ve seranın coğrafi koşulları da son derece önemlidir. Bu durumun sorun teşkil etmemesi için bu çalışmada internet bağlantısı için kablosuz erişim kullanılmıştır. Böylece tarlaya veya seraya gitmeden kontrollerin uzaktan yapılması mümkün olmaktadır. Sistem esnek bir yapıya sahiptir. Bu nedenle, mevcut sistemin içeriklerine ek olarak gelecekte sisteme başka hangi özelliklerin eklenebileceği noktasında yapılacak çalışmalara zemin hazırlayacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

- [1] Gubbi, J., Buyya R., Marusic, S., Palaniswami, M., Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Future generation computer systems, 29(7), 2013, 1645-1660.
- [2] Yenikaya, M. A., Internet-aided Smart Irrigation and Fertilization System. MSc Thesis, Izmir University of Economics, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Izmir, 2017.
- [3] Ciğer, M., Computer Controlled, Internet-Aided Greenhouse Automation. MSc Thesis, Çukurova University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Adana, 2010.
- [4] Çoruh, B., A system calibrates to the parameters of pressure, temperature and humidity. MSc Thesis, Başkent University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara, 2008.
- [5] Dukes, D. M., Simonne, H. E., Davis, E.W., Studstill, W. R., Hochmuth, Effect of Sensor-Based High Frequency Irrigation on Bell Pepper Yield and Water Use. Proceedings 2nd International Conference on Irrigation and Drainage, Phoenix, AZ, May 12-15, 2003, 665-674.
- [6] Kırnak, H., Automatic Irrigation Based on Soil Moisture for Nursery Crops. GAP V. Engineering Congress, Harran University. Engineering Department, 26-28 April, Şanlıurfa, 2006, 1540-1547.
- [7] Millaa, K., Kishb, S., A Low-cost Microprocessor and Infrared Sensor System for Automating Water In Infiltration Measurements. Computers and Electronics in Agriculture, 53, 2006, 122-129.
- [8] Inan, S. A., Meyve Fidanı Çoğaltılmasında Kullanılan Köklendirme Seralarının Otomasyonu. MSc Thesis, SDU, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Isparta, 2002.
- [9] Shivaprasad, B., Ravishankara, M., Shoba, B. N., Design and Implementation of Seeding and Fertilizing Agriculture Robot. International Journal of Application or Innovation in Engineering and Management, Volume 3, Issue 6, 2014.
- [10] Taştan, M., Nesnelerin İnterneti Tabanlı Akıllı Sulama ve Uzaktan İzleme Sistemi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (15), 2019, 229-236.

- [11] Xiao, K., Xiao, D., Luo, X., Smart water saving irrigation system in precision agriculture based on wireless sensor network. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 26(11), 2010, 170-175.
- [12] Majsztrik, J. C., Price, E. W., King, D. M., Environmental benefits of wireless sensor based irrigation networks: Case study projections and potential adoption rates. *HortTechnology*, 23(6), 2013, 783-793.
- [13] Parameswaran, G., Sivaprasath, K., Arduino Based Smart Drip Irrigation System Using Internet of Things. *Int. J. Eng. Sci.*, 5518, 2016.
- [14] Ishak, A., Hajjaj, S., Gsangaya, K., Hameed Sultan, M. T., Mail, M., Lee, S. H., Autonomous fertilizer mixer through the Internet of Things (IoT). *Materials Today: Proceedings*. 10.1016/j.matpr.2021.03.194, 2021.
- [15] Adeloye, A. J., Rustum, R., & Kariyama, I. D. Neural computing modeling of the reference crop evapotranspiration. *Environmental Modelling & Software*, 29(1), 2012, 61-73.
- [16] Kamienski, C., Soininen, J. P., Taumberger, M., Dantas, R., Toscano, A., Salmon Cinotti, T., ... & Torre Neto, A. Smart Water Management Platform: IoT-Based Precision Irrigation for Agriculture. *Sensors*, 19(2), 2019, 276.
- [17] Lichtenberg, E., Majsztrik, J., & Saavoss, M. Profitability of sensor-based irrigation in greenhouse and nursery crops. *HortTechnology*, 23(6), 2013, 770-774.
- [18] Soulis, K. X., Elmaloglou, S., & Dercas, N. Investigating the effects of soil moisture sensors positioning and accuracy on soil moisture based drip irrigation scheduling systems. *Agricultural Water Management*, 148, 2015, 258-268.
- [19] Mesas-Carrascosa, F., Verdu, D., Merono, J., Sanchez de la Orden, M., A. 2015 *Biosystems Engineering*. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511015001208>, Erişim tarihi: 12 Kasım 2021.
- [20] Arduino UNO R3 Datasheet.
- [21] <https://docs.arduino.cc/static/dd40bcbb5f5ac04b6315a92e4e45d0f0/A000066-datasheet.pdf>,
- [22] Erişim tarihi: 12 Kasım 2021.
- [23] Arduino WiFi Shield Datasheet.
- [24] <https://docs.arduino.cc/retired/shields/arduino-wifi-shield>,
- [25] Erişim tarihi: 12 Kasım 2021.
- [26] LM35 Sıcaklık sensörü, <https://www.direnc.net/lm35dz-hassas-sicaklik-sensoru-entegresi-to-92>, Son erişim tarihi: 12 Kasım 2021
- [27] LM393 Yangın algılama kartı, <https://www.sunrom.com/p/fire-flame-sensor-module>, Erişim tarihi: 12 Kasım 2021
- [28] Barman, G., Görme Engellilere Yardımcı Ultrasonik Cihaz. Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tasarım Projesi, 2014.
- [29] Çamoğlu, G., Kızıl, Ü., Demirel, K., Aksu, S., Nar, H. & Genç, L., Bazı Ekonomik Toprak Nem Sensörlerinin Hassasiyetlerinin Belirlenmesi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 7 (2), 2021, 247-254. DOI: 10.24180/ijaws.846464
- [30] Heaney, M. B. "Electrical Conductivity and Resistivity." *Electrical Measurement, Signal Processing, and Displays*. Ed. John G. Webster. CRC Press, 2003. 7-1.
- [31] Atlas Scientific: Environmental Robotics. EZO-EC. Revised: 9/2020,
- [32] https://atlas-scientific.com/files/EC_EZO_Datasheet.pdf
- [33] Erişim tarihi: 12 Kasım 2021.
- [34] Londo, J., Kushla, D., Carter, C., Soil pH and Tree Species Suitability in the South Andrew, Jacksonville State University, 2010.
- [35] Atlas Scientific: Environmental Robotics. EZO-pH. Revised: 1/2021,
- [36] https://www.atlas-scientific.com/files/pH_EZO_Datasheet.pdf
- [37] Erişim tarihi: 12 Kasım 2021.
- [38] South Dakota Soil Health Coalition. Soil Electrical Conductivity. <https://www.sdsoilhealthcoalition.org/technical-resources/chemical-properties/soil-electrical-conductivity>, Erişim tarihi: 12 Kasım 2021.