



**WEB NESNELERİ TEMELLİ AĞ MİMARİSİ
TASARIMI VE UYGULAMASI**

MAHMUT DURGUN

DOKTORA TEZİ

**MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
Dr. Öğr. Üyesi LEVENT GÖKREM
Mart - 2019
Her hakkı saklıdır**

T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

WEB NESNELERİ TEMELLİ AĞ MİMARİSİ TASARIMI VE
UYGULAMASI

MAHMUT DURGUN

TOKAT
Mart - 2019

Her hakkı saklıdır

Mahmut DURGUN tarafından hazırlanan "Web Nesneleri Temelli Ağ Mimarisi Tasarımı ve Uygulaması" adlı tez çalışmasının savunma sınavı 29 MART 2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği / Oy Çokluğu ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

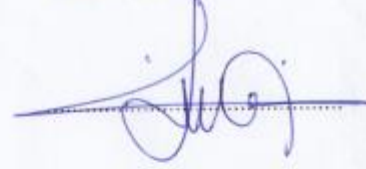
Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Levent GÖKREM

Üye
Dr. Öğr. Üyesi Bülent TURAN
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Üye
Dr. Öğr. Üyesi M. Serhat CAN
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Üye
Dr. Öğr. Üyesi Canan ORAL
Amasya Üniversitesi

Üye
Dr. Öğr. Üyesi İsmail İŞERİ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi



ONAY

Prof. Dr. Cetin ÇEKİCİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

MAHMUT DURGUN

29 Mart 2019

ÖZET

DOKTORA TEZİ

WEB NESNELERİ TEMELLİ AĞ MİMARİSİ TASARIMI VE UYGULAMASI

MAHMUT DURGUN

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI:DR. ÖĞR. ÜYESİ LEVENT GÖKREM)

Bilişim teknolojileri ve endüstriyel faaliyetlerin birlikte kullanılması ile Endüstri 4.0 olarak adlandırılan yeni bir devrim ortaya çıkmıştır. Endüstri 4.0 sayesinde; bağımsız çalışabilme, büyük verilerle işlemler, yüksek bilişim teknolojileri, simülasyon, daha az maliyet, daha kısıtlı alan, minimum enerji tüketimi, yüksek hızlı üretim, güvenlik, hataları minimize etme, otonom robotların kullanılması, takip ve analiz yapılabilme, anlık hata bildirim ve nesnelere arası iletişim sağlanacaktır.

Bu çalışmada geliştirilen mimari, Endüstri 4.0 yeniliklerinin ve teknolojilerinin tarım alanındaki uygulamasına yöneliktir. Bu çalışma kapsamında kablosuz aktuatör ve sensörlerin dinamik olarak birbirleri ve sunucu ile kolay bir şekilde entegre olup, bilgi paylaşımları yapılabilmesine olanak sağlayan, oluşabilecek büyük verilerin depolanmasına ve işletilebilmesine imkan verebilen bir web nesnelere mimarisi tasarlanmıştır. Bu mimariyi kullanarak tarımsal alanda sulama yapabilen bir prototip geliştirilmiştir. Prototip son kullanıcı için cihaz/işletim sistemi bağımsızlığına sahip, kullanıcı dostu ve ekonomik bir arayüz sunmaktadır. Arayüz, tarımsal sulamaya yönelik olarak emek, zaman ve enerji masrafı, yağış belirsizliği, genel alanın izlenme zorunluluğu, su israfı, bilinçsiz sulama problemlerine çözüm sağlayabilecek ve sulama verimliliğini artıracak mühendislik hizmetleri sunmaktadır. Tez kapsamında kablosuz sensörler, kablosuz aktuatörler, nesnelere interneti ve bulut bilişim konseptine sahip bir sistemin dizaynı, yazılımları ve test sonuçları hakkında bilgi verilmiş, sistemin çalışması beş aylık deneme sürecinde test edilmiştir.

Yapılan araştırma sonucunda web nesnelere mimarisinin genel hatları ile uygulanabilirliği görülmüş, yerli imkanlarla geliştirilmiş donanım, yazılım, sunucu ve veritabanı ile bağımsız bir sistem oluşturulmuştur. Oluşturulan sistem sulama sisteminde test edilmiş, etkinliği ve sağladığı faydalar gösterilmiştir.

2019, 93 SAYFA

ANAHTAR KELİMELER : Endüstri 4.0, Tarım 4.0, Web Nesnelere Mimarisi, Nesnelere İnterneti

ABSTRACT

DOCTORATE THESIS

DESIGN AND APPLICATION OF NETWORK ARCHITECTURE BASED ON WEB OF THINGS

MAHMUT DURGUN

**TOKAT GAZIOSMANPASA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

DEPARTMENT OF MECHATRONICS ENGINEERING

(SUPERVISOR:)ASST. PROF. DR. LEVENT GÖKREM

With the use of information technologies and industrial activities, a new revolution called Industry 4.0 has emerged. Thanks to Industry 4.0; independent operation, large data processing, high information technologies, simulation, less cost, more limited space, minimum energy consumption, high speed production, security, minimization of errors, use of autonomous robots, tracking and analysis, instant error reporting and inter-object communication will be provided.

The architecture developed in this study focuses on the application of Industry 4.0 innovations and technologies in the field of agriculture. Within the scope of this study, a web objects architecture has been designed which allows the wireless actuators and sensors to be dynamically integrated with each other and easily with the server, allowing the sharing of information and enabling the storage and operation of big data. Using this architecture, a prototype has been developed for irrigation in the agricultural area. The prototype offers a user-friendly and economical interface with device / operating system independence for the end user. The interface provides labor, time and energy costs for agricultural irrigation, rainfall uncertainty, general area requirements, water wastage, engineering services that can solve unconscious irrigation problems and increase irrigation efficiency. Within the scope of the thesis, information was given about the design, software and test results of a system with wireless sensors, wireless actuators, Internet of Things and cloud computing concept, and the operation of the system was tested during the five month trial period.

As a result of the research, it has been seen that the application of web of things architecture has been applied, and an independent system has been created with local hardware, software, server and database. The generated system has been tested in the irrigation system and its efficiency and benefits have been shown.

2019, 93 PAGE

KEYWORDS: Industry 4.0, Agriculture 4.0, Web of Things, Internet of Things

ÖNSÖZ

Endüstri 4.0, birbirleriyle haberleşen cihazların, sensörlerle duyargalara sahip olması ve elde edilen verileri analiz yaparak ihtiyaçları fark ederek otonom biçimde çalışabilen; planlı, daha kaliteli, daha ucuz, daha hızlı ve daha az israf yapan sistemlerin oluşturulmasını amaçlamaktadır. Web Nesneleri (WoT) Mimari'si Endüstri 4.0 devrimine uğramış bir dünyada veri depolamaktan ziyade, bu verileri hızlı aksiyonlar için gerçek zamanlı yönetebilmeyi de sağlayacaktır. Tez çalışmam boyunca her türlü bilgi ve desteğini esirgemeyen, yardımları ile çalışmalarımı yönlendiren ve tezime danışmanlık yapan sevgili hocam Dr. Öğr. Üyesi Levent GÖKREM'e, ayrıca çalışmalarım sırasında her zaman yanımda ve destekçim olan sevgili eşim Yeliz DURGUN'a, biricik kızım Nehir'e ve maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her şeyin üzerinde tuttuğum değerli aileme en içten dileklerimle teşekkürlerimi sunarım.

MAHMUT DURGUN

29 Mart 2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	I
ABSTRACT	II
ÖNSÖZ	III
İÇİNDEKİLER	IV
SİMGELER VE KISALTMALAR	VI
ŞEKİL LİSTESİ	VII
TABLO LİSTESİ	X
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 Endüstri 4.0	3
2.2 Endüstri 4.0 Temel Kavramları	4
2.2.1 Simülasyon (Simulation).....	5
2.2.2 Otonom robotlar (Autonomous Robots)	5
2.2.3 Katmanlı üretim (Additive Manufacturing).....	6
2.2.4 Artırılmış gerçeklik (Augmented Reality)	7
2.2.5 Bulut bilişim (Cloud Computing)	7
2.2.6 Büyük veri (Big Data).....	9
2.2.7 Yatay ve dikey sistem entegrasyonu (Horizontal And Vertical System Integration).....	9
2.2.8 Siber güvenlik (Cyber Security).....	10
2.2.9 Nesnelerin interneti (Internet of Things).....	10
2.3 Tarım 4.0	21
2.4 Sulama 4.0	24
3. MATERYAL VE YÖNTEM	28
3.1 Tarımsal Alan	28
3.2 Sulama 4.0 Bileşenleri	31
3.2.1 Elektronik bileşenleri	31
3.2.2 WoT-TR mimarisi	39
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	56
4.1 Elektronik Devreler	56

4.1.1	Aktuatör / Sensör nesnesi.....	56
4.1.2	WMU nesnesi.....	58
4.1.3	WPU nesnesi	59
4.2	WoT-TR Veritabanı	60
4.3	WoT-TR Arayüzü	62
4.4	WoT-TR Verileri.....	72
4.5	Sulama 4.0'ın Diğer Sulama Sistemleri ile Karşılaştırılması.....	76
5.	SONUÇ	81
5.1	Sonuçlar	81
5.2	Öneriler.....	82
6.	KAYNAKLAR.....	84
7.	ÖZGEÇMİŞ	90

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

kW	Kilowatt
kW/h	Kilowatt saat
m	Metre
sn	Saniye
t	Zaman

Açıklama

Kısaltmalar

6LowPAN	IP versiyon 6 düşük enerjili kablosuz yerel alan ağı - IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks
AC	Alternatif Akım - Alternating current
ADSL	Asimetrik Sayısal Abone Hattı - Asymmetric Digital Subscriber Line
API	Uygulama Programlama Arayüzü - Application Programming Interface
BM	Birleşmiş Milletler - United Nations
CoAP	Sınırlı Uygulama Protokolü - Constrained Application Protocol
CRON	Zamanlanmış Görev
dBm	Desibel
DC	Doğru Akım - Direct current
DHCP	Dinamik Ana Bilgisayar Yapılandırma Protokolü - Dynamic Host Configuration Protocol
ECC	Hata Doğrulama Kodu - Error Correction Code
EDGE	Sınır Bilişim
EEPROM	Elektriksel Silinebilir ve Programlanabilir ROM Bellek - Electronically Erasable Programmable Read-Only Memory
FAO	Gıda ve Tarım Organizasyonu - Food and Agriculture Organization
FOG	Sis Bilişim
GB	Gigabayt
GHZ	Gigahertz
GPS	Küresel Konumlandırma Sistemi - Global Positioning System
GNU	GNU Linux Değildir - GNU's Not UNIX
GSM	Mobil İletişim için Küresel Sistem - Global System for Mobile Communications
HTTP	Hiper Metin Transferi Protokolü - Hyper Text Transfer Protocol
HZ	Hertz
IoT	Nesnelerin İnterneti - Internet of Things

IP	İnternet Protocol Adresi - Internet Protocol Address
IPv6	İnternet Protocolü Versiyon 6 - Internet Protocol Version 6
JSON	Javascript Nesne Notasyonu - JavaScript Object Notation
KB	Kilobayt
KHz	Kilohertz
LAN	Yerel Alan Ağı - Local Area Network
LTE	Uzun vadeli evrim - Long-Term Evolution
M2M	Makineden Makineye - Machine to Machine
MB	Megabayt
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü - Meteorological Service
MHZ	Megahertz
MQTT	Mesaj Kuyruğu Telemetri Taşımacılığı - Message Queuing Telemetry Transport
NFC	Yakın Alan İletişimi - Near Field Communication
PDA	Kişisel Dijital Asistan - Personal Digital Assistant
RDF	Kaynak Detay Mimarisi - Resource Description Framework
REST	Temsili Durum Transferi - Representational State Transfer
RF	Radyo Frekansı - Radio Frequency
RFID	Radyo Frekans Tanımlama Sistemleri - Radio Frequency Identification
SMA	Alt Konnektör A - SubMiniature version A
SFP	Takılabilir Küçük Form - Small Form Pluggable
SSD	Katı Hal Sürücü - Solid State Drive
SOA	Servis Odaklı Mimari - Service Oriented Architecture
SRAM	Durağan Rastgele Erişimli Bellek - Static Random Access Memory
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu - Turkish Statistical Institute
USB	Evrensel Seri Yol - Universal Serial Bus
URL	Tekdüzen Kaynak Bulucu - Uniform Resource Locator
VPN	Sanal Özel Ağ - Virtual Private Network
Wan	Geniş Alan Ağı - Wide Area Network
Wi-Fi	Kablosuz Bağlantı Alanı - Wireless Fidelity
WLAN	Kablosuz Yerel Alan Ağı - Wireless Local Area Network
WMax	Birlikte Çalışabilirlik için Mikrodalga Erişimi - Interoperability for Microwave Access
WoT	Web Nesneleri - Web of Things

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Endüstri 4.0'ın tarihsel gelişimi	3
Şekil 2.2. Cambridge üniversitesinde gerçekleştirilen ilk 10t örneği	12
Şekil 2.3. Web nesnelere temelli network mimarisi katmanları	18
Şekil 2.4. Tarım 4.0 teknolojileri	22
Şekil 3.1. Tarımsal alanın uydu görüntüsü	28
Şekil 3.2. Tarımsal alanın dikey görünümü	29
Şekil 3.3. Tarımsal alanın yatay görünümü	30
Şekil 3.4. Tarımsal alanın grafiksel tasviri	30
Şekil 3.5. Sulama 4.0 ait bileşenler	31
Şekil 3.6. Mikrodenetleyici devresi ve programlama bağlantısı	32
Şekil 3.7. WTM Programlama bağlantısı	33
Şekil 3.8. WTM için ESPlorer programlama arayüzü	33
Şekil 3.9. Kablosuz derin kuyu dalgıç su pompası ünitesi	34
Şekil 3.10. Solid state röle bağlantısı örneği	35
Şekil 3.11. WSVAU uygulaması	36
Şekil 3.12. WSVAU ünitesi devresi	36
Şekil 3.13. Kablosuz havuz ünitesi tasarımı	37
Şekil 3.14. Havuz ünitesi bileşenleri ve ünite bağlantısı	38
Şekil 3.15. 433 MHz alıcı ve verici	38
Şekil 3.16. Kablosuz erişim noktası	39
Şekil 3.17. WoT-TR mimarisi	40
Şekil 3.18. WTM gönderilen mesaj içeriği	41
Şekil 3.19. WPU mikrodenetleyici algoritması	41
Şekil 3.20. Aktuatör yazılımı mesaj tipleri	43
Şekil 3.21. WAU nesnesi mikrokontrolöre ait algoritma	44
Şekil 3.22. WAU/WSU nesnelere için wtm'e ait algoritma	45
Şekil 3.23. WTM için aktuatör/sensör yazılım örneği	46
Şekil 3.24. Kablosuz bağlantı yazılımı	47
Şekil 3.25. Meteoroloji istasyonuna ait yakalanan sinyal	48

Şekil 3.26. Sinyalin incelenmesi.....	48
Şekil 4.1. Aktuatör / Sensör nesnesi için oluşturulan devre	56
Şekil 4.2. Aktuatör / Sensör devresi pcb şematığı	57
Şekil 4.3. WAU ünitesi uygulaması.....	57
Şekil 4.4. Meteoroloji istasyonu	58
Şekil 4.5. WMU ünitesi	58
Şekil 4.6. WMU ünitesinin yerleştirilmesi	59
Şekil 4.7. WPU nesnesi.....	59
Şekil 4.8. Ultrasonik mesafe sensörü yerleştirilmesi.....	60
Şekil 4.9. WoT-TR veritabanı.....	61
Şekil 4.10. Arayüz kullanıcı girişi	63
Şekil 4.11. WoT-TR arayüzü.....	63
Şekil 4.12. WoT-TR’de havuz bilgileri gösterimi	64
Şekil 4.13. WoT-TR’de ağaç bilgileri gösterimi	65
Şekil 4.14. WoT-TR’de sensör bilgileri gösterimi	65
Şekil 4.15. Zaman sorgulama çubuğu.....	66
Şekil 4.16. Rüzgar gülü haritası.....	66
Şekil 4.17. Veri sorgulama tablosu	67
Şekil 4.18. Yazılımın oluşturduğu pdf rapor	68
Şekil 4.19. Dün'e ait sıcaklık nem özet araç çubuğu	68
Şekil 4.20. Meteoroloji genel müdürlüğü turhal için hava tahmini sayfası.....	69
Şekil 4.21. Hava tahminleme araç çubuğu	69
Şekil 4.22. Sulama verileri veritabanı.....	70
Şekil 4.23. Sistemin paylaştığı tweeter mesajları	71
Şekil 4.24. Rüzgar verileri tablosu.....	72
Şekil 4.25. Sıcaklık-Nem sensörüne ait tablo	73
Şekil 4.26. Yağış sensörüne ait tablo	74
Şekil 4.27. Havuz verilerinin tutulduğu tablo.....	75
Şekil 4.28. Vahşi sulama örneği	76
Şekil 4.29. Klasik damlama sulama örneği.....	77
Şekil 4.30. Damlama sulama sistemi	77

TABLO LİSTESİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 3.1. Mikrokontrolör konfigrasyonuna göre enerji tüketim değerleri.....	42
Tablo 3.2. Meteoroloji istasyonu sensörlerinin paket içeriği.....	49
Tablo 4.1. Vahşi sulama, klasik damlama sulama ve sulama 4.0 karşılaştırması	80



1. GİRİŞ

Son yıllarda, uzaktan izlenebilir ve yönetilebilir sistemleri kullanarak oluşturulan cihazlar; kişisel kullanım, tarım, sağlık, enerji ve sanayi sektörü, robotik gibi alanlarda kullanımı giderek artmaktadır. Kendi kendilerine karar vererek çalışabilen bu cihazlar akıllı sistemler olarak tanımlanmaktadır (Baek ve ark., 2012; Li ve ark., 2014; H. H. Wu ve Chuang, 2017). Akıllı sistemler çevresiyle iletişim kurabilmesi için cihazlara, şartlara ve ek değişkenlere bağlı olarak duyulan ihtiyaç sonucunda cihazlar arası iletişim (M2M) denilen kavram ortaya çıkmıştır (Cao ve ark., 2016). Bu kavramla cihazlar kendi başına değil birkaç cihaz ile birlikte çalışabilmektedir. Fakat böyle bir durumda protokol ve iletişim altyapısında eksikliklerin olması sıkıntılarla karşılaşılmasına sebep olmaktadır. Bunlardan en bilinenleri cihazların haberleşme protokollerinin aynı olmaması ve farklı üreticiler tarafından üretilmesi sayılabilir. Bu tür sıkıntılara çözüm olarak cihazların internet üzerinden izlenmesi ve kontrollerine imkân sağlanması internet tabanlı sistemlerin geliştirilmesine başlanmıştır. Böylece cihazlar ve sistemler internet üzerinden büyük bir ağın parçası haline gelmeye başlamış ve uzaktaki bir sunucu tarafından yönetilebilen cihaz ve servisler gibi bulut sistemleri oluşmuştur. Bulut sistemlerle; cihazların, insanların, servislerin ve hizmetlerin internet üzerinden haberleşmesine olanak sağlayacak gelişmeler olmuştur. Protokollerin oluşmasıyla da nesnelerin interneti kavramı ortaya çıkmıştır. Nesnelerin interneti gelişmekte olan bir kavram olmasına rağmen, henüz temel olarak kabul edilebilen bir mimari yapıya sahip değildir. Fakat Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin dışa bağımlılığının azaltabilmesi için, iyi bir alt yapıya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu konuda çalışmaların yapılması bilimsel ve teknolojik olarak gelişmemizin yanısıra ihracat için büyük bir potansiyeli vardır.

Bu tez çalışmasıyla ülkemiz için yazılımıyla, donanımıyla ve arayüzü ile nesnelerin interneti için bir altyapı tasarlanmıştır. Bu altyapının oluşturulmasıyla herhangi bir işletim sistemi, herhangi bir cihaz kullanılmadan, kurulum problemleri yaşamadan, kendini sürekli güncelleyebilen ve düşük kapasiteli sistemlerde çalışabilen bir Web Mimarisinin (Web of Things-TR) geliştirilmesi benimsenmiştir. Bu kavram kısaca WoT-TR olarak adlandırılacaktır. WoT-TR kullanılarak geliştirilecek aktuatör, sensör ve hibrit nesnelere Nesnelerin interneti konseptine uygun olarak oluşturulmuştur. Cihazların haberleşmesi kablolu ve kablosuz olarak tasarlanmıştır. Geliştirilmiş sistem ve nesnelerin akıllı şehirler, yenilenebilir enerji, temiz teknolojiler, robotik, sanal / artırılmış gerçeklik,

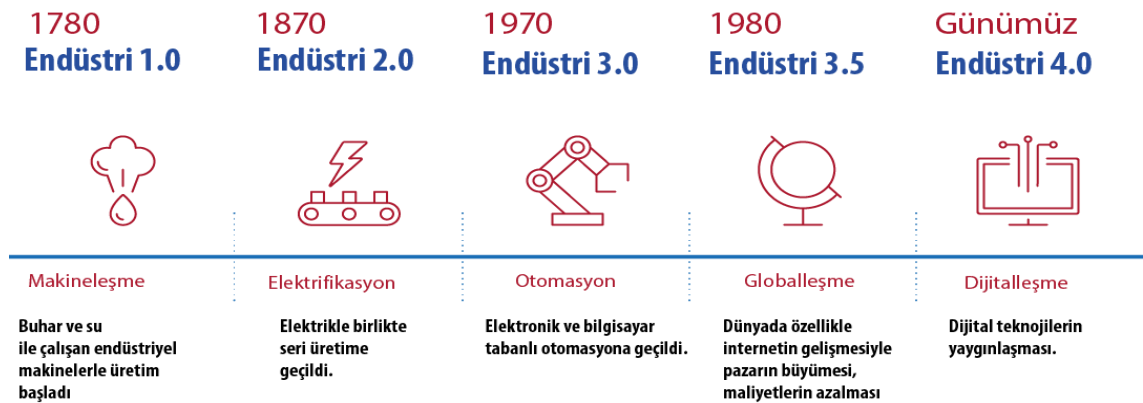
biyoteknoloji ve tarımsal yenilik (Farming 4.0) gibi alanlarda kullanılması planlanmaktadır. Bu çalışmanın amacı dördüncü sanayi devrimi niteliğindeki nesnelerin interneti kavramı baz alınarak seçilen tarımdaki uygulama ve etkinliği göstermektir. Bildiği gibi insanoğlu var olduğundan beri tarım hayatımızın hep içinde yer almıştır. Günümüz tarımında teknolojiye birçok noktada ihtiyaç duyulmaktadır. Sulama tarımın en önemli araştırma konularından birisidir. Çünkü günümüz tarımında, temiz su kaynaklarını optimum kullanarak, en yüksek rekolteye ulaşması en önemli amaçlardan birisidir. Bu amaçla tarımda nesnelerin interneti kavramıyla Web yeteneklerini kullanarak geliştirdiğimiz mimarinin oluşturulması ve örnek uygulaması anlatılacaktır. WoT-TR ekosistemi oluşturularak birden çok teknolojinin birbiri ile haberleşmesi, mevcut tüm verilerin bir arada değerlendirilmesi, böylelikle benzer uygulamalara kıyasla yüksek başarılı sonuçlar elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu nedenle çalışmamızda mevcut sulama sistemlerini yüksek teknolojik ürün sınıfına atlayacak sulamada konfor, yenilik, inovasyon, ekonomi ve yapay zekâ yetenekleri kazandırmak için Tokat-Turhal mevkiinde bir tarımsal alan içerisinde Nesnelerin İnternetiyle WoT ekosistemi oluşturulmuştur. Bu ekosistem içerisinde tarımsal alanın sulamasında aktuatörler, sensörler, servisler, veriler ve sosyal medya dâhil edilerek Sulama 4.0 (Irrigation 4.0) adlı sistem oluşturulmuştur. Oluşturulan ekosistem Wi-Fi teknolojisi kullanan erişim noktaları, kablosuz ve kablolu sensörler, su kaynağı için kablosuz kontrol edilebilen derin su kuyu pompası, suyun depolanabilmesi için oluşturulan havuz, seçici sulamayı gerçekleştiren Wi-Fi modüllü selenoid valf ve web üzerinde çalışan arayüzden oluşmaktadır. Bu durum nesnelerin web’le birleştirmesine olanak sağlayacaktır. Böylece kapalı, pahalı, mülkiyet merkezli hizmetlerin kullanmasını durduracaktır. Bildiğimiz Web’i fiziksel ve gerçek zamanlı olarak dünyaya taşıyacaktır. Merkezden bağımsız uygulamalar hızlı ve daha kolay oluşturulacaktır.

Son olarak uygulama sonuçlarının etkinliği ve değerlendirmesi yapılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Endüstri 4.0

Modern sanayinin oluşması için üç büyük endüstri devrimi ortaya çıkmıştır. Endüstriyel anlamda Birinci Endüstri Devrimi (Endüstri 1.0) mekanik dokuma tezgâhının 1784 yılında icat edilmesi ile başlamıştır. El emeği ile üretimin yerini makine üretimleri almış ve daha büyük ölçekte üretim yapılabilen fabrika sistemine yönelik atölyeler geliştirilmiştir. 20. yüzyılın başlarında, seri üretimde elektrik enerjisinden faydalanarak daha kolay, hızlı ve ekonomik üretim başlamıştır. Bu gelişmeler İkinci Endüstri Devrimini (Endüstri 2.0) ortaya çıkarmıştır. Elektriğin endüstride daha çok kullanılmasıyla birlikte ikinci devrim, montaj hattı ve seri üretim gibi büyük endüstriyel kavramların gelişmelerini sağlamıştır. Bu sayede üretim hacmi ve verimlilik artmıştır. Üretim sistemlerinin analog olmaktan çıktığı ve dijital sistemlerin sanayide yer aldığı gelişmeler Üçüncü Endüstri Devrimi (Endüstri 3.0) olarak adlandırılır (Rojko, 2017). 70'lerden başlayarak elektroniğin ve bilgisayar teknolojilerinin hızlı bir şekilde benimsenmesi, fabrikalarda üretimin daha da otomatikleşmesini sağlamıştır. Bu devrim bilgisayar ve otomasyon sistemleri üzerinde de yaşanmıştır. Üretimde birçok süreç otomatize edilmiş ve bu sayede ürün kalitesinin artırılması amaçlanmıştır. Böylece ilk üç sanayi devrimi üretimde mekanizasyon, elektrik ve bilgi teknolojisi (IT) kavramlarını kazandırmıştır. İnternetin hayatımıza girmesiyle birlikte üretim bölgesellikten küreselleşmeye yönelmiştir. Teknoloji pazarının her geçen gün katlanarak büyümesi, iletişim olanaklarının artması ile yeni birçok teknoloji hayatımıza girmektedir. Bu teknoloji devrimi ise Endüstri 3.5 olarak adlandırılmaktadır (Chien ve ark., 2017).



Şekil 2.1. Endüstri 4.0'ın tarihsel gelişimi

Günümüzde insanoğlu Endüstri 4.0 olarak adlandırılmakta olan dördüncü sanayi devrimi ile karşı karşıyadır. Hızla gelişen teknoloji, haberleşme sistemlerinin ihtiyacını artırmıştır. 21. yüzyılda insanların, cihazların, servislerin, sosyal medyanın, makinelerin ve verilerin iletişim ve internete bağlanma gereksinimi Endüstri 4.0 kuramının oluşmasına sebep olmuştur(Şekil 2.1). Endüstri 4.0 kuramı, Almanya'da gerçekleştirilen 2012 Hannover Fuarı'nda ve Almanya'nın Yüksek Teknoloji Stratejisi 2020 belgesinde gerçekleşmesi beklenen "Gelecek Projeler" başlığında sunulmuştur (Kinzel, 2016; Pfeiffer ve ark., 2016). Başlangıçta Endüstri 4.0, üretimdeki teknolojik değişiklikleri tanımlamak ve Alman endüstrisinin küresel rekabetçiliğini korumak için tanıtılmıştır. Fakat sonradan 4.0 başlığı, endüstrinin önceki üç devriminin mantıksal bir devamı olan dördüncü endüstri devrimi olarak kabul edilmiştir (Lele, 2019).

2.2 Endüstri 4.0 Temel Kavramları

Dördüncü sanayi devriminin başlamasına ve gelişmesine neden olan dokuz teknoloji kavramı bulunmaktadır. Bu kavramlar şu şekilde sıralanabilir(Rüßmann ve ark., 2015);

1. Simülasyon (Simulation)
2. Otonom robotlar (Autonomous Robots)
3. Katmanlı üretim (Additive Manufacturing)
4. Artırılmış gerçeklik (Augmented Reality)
5. Bulut Bilişim (Cloud Computing)
6. Büyük Veri (Big Data)
7. Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu (Horizontal and Vertical System Integration)
8. Siber Güvenlik (Cyber Security)
9. Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)

Bu kavramların oluşturduğu teknolojik devrimin başlıca amaçları ise üretimin bağımsızlaştırılması, otomatize edilmesi, birçok farklı teknolojinin birbirine entegrasyonunun sağlanması, endüstriyel üretimin optimize edilerek daha verimli hale getirilmesidir (Leitão ve ark., 2016).

2.2.1 Simülasyon (Simulation)

Simülasyon sistemlerin davranışlarını tanımlayan, sistemin alternatif matematiksel ve mantıksal modelinin bilgisayarla yapılmasına olanak veren, sayısal bir analiz yöntemidir (Yavuz, 2014). Teknolojinin gelişmesiyle bu tanım; “ gerçek dünyada var olan bir fiziksel sisteme ait verilerin sanal bir ortama taşınmasıyla gerçek sisteme ait özelliklerin izlenmesine altyapı oluşturan bir modelleme tekniğidir.” şeklinde geliştirilmiştir (Çelen, 2017).

Simülasyon işlemi, fiziksel dünyada gerçekleşen süreçleri bir sanal (dijital) ortamda görmemizi ve süreç sonuçlarını elde etmemizi sağlamaktadır (Shukla ve ark., 2003). Simülasyon işlemi ile fiziksel sistemlerin gerçekleşmesi ve tasarlanan sistemin sonuç verilerinin matematiksel modellemeleri ile sanal olarak analiz edilmesi mümkündür. Simülasyon sayesinde tasarlanan sistemlerin farklı parametreler ile çalıştırılması sonucunda elde edilen veri analiz edilebilir ve optimum sistemin bulunması sağlanır. Böylelikle işgücü, zaman ve maddi kayıplar önlenerek, güvenilirlik ve sürdürülebilirlik kazanılır.

Endüstri 4.0 kuramında fiziksel sistemler simüle edilerek hataların önceden tesbitini, uygulamaya geçişte iyi bir ön hazırlık ve daha az aksama süresi sağlayacaktır. Endüstrinin uzak bir konumdan tamamen sanal olarak görselleştirilmesine, izlenmesine ve yönetilmesine olanak sağlayarak, üretim sürecinde yeni bir boyut kazandırılacaktır. Örneğin gerçek zamanlı geri bildirim sağlayan tam entegre akıllı fabrikalar, birebirleriyle haberleşen ekipman ve insanlardan oluşacaktır. Bu işlemler gerçek olarak değil de simüle edilerek izlenmesi ve kontrolü için her bir bileşenden sürekli veri toplar. Her bir işlem için durumları yönetir. Problem ve üretim ön görümleri yapar. Performanslar sürekli olarak tahmin edilir, ölçülür geliştirilir ve uyarlanır. Sonuçta fabrika kendi kendisi dönüştürebilecek, programlayabilecek ve geliştirebilecek dinamik bir yapıya kavuşur (Schluse ve ark., 2018).

2.2.2 Otonom robotlar (Autonomous Robots)

Otonom, kelime anlamı ile “Kendi iradesi ile hareket eden” manasına gelmektedir. Fakat irade insana özgü bir kavram olduğundan makineler için bu kavram yapay zeka olarak tanımlanmaktadır. Yapay zeka insana ait bilgi edinme süreçlerinin makinelerde bilgisayar

sistemleri vasıtasıyla gerçekleşmesi olarak tanımlanabilir. Otonom olarak düşünebilen robotlar, otomatik olarak iş yapan robotlar değil, belli bir yapay zekaya sahip robotik sistemlerdir (Bahrin ve ark., 2016).

Robotlar ilk zamanlarda ağır, kirli, uzun süreli ve tehlikeli işler için kullanılmışlardır. Ama günümüzde sağlıkta, tarımda endüstride birçok otonom uygulamalar gözümüze çarpmaktadır. Hatta artık akıllı temizlik robotları birçoğumuzun evinde bulunmakta, insansız hava araçları ile kargolar evlere teslim edilmekte veya otonom araçlar yollarda kendi kendilerine gidebilmektedir.

Endüstride insanların ve robotların birbirleri ile işbirliği içerisinde çalışması gerektiği düşünülmektedir. Endüstri 4.0 ile otonom robotlar, insanlar ve değişkenlerle (çevre, ham madde, siparişler, enerji durumu vb.) daha etkili ve işbirlikçi olabilmeleri için tasarlanmaktadır. Bununla birlikte otonom robotlar sorunları tespit ve tahmin edebilecek; bunun sonucunda sorunu çözmek için sisteme müdahale edebilecektir (Agolla, 2018).

2.2.3 Katmanlı üretim (Additive Manufacturing)

Katmanlı üretim, üretim aşamasında bir ürün oluşturmak için hammaddeyi eksiltmek yerine; hammaddenin üst üste eklenmesiyle yapılan üretim biçimidir. Bu sayede israf engellenmekte, hatasız ürün ortaya çıkmakta ve zaman kaybı olmamaktadır. Bu teknoloji günümüzde üç boyutlu yazıcıların önem kazanmasına sebep olmuştur. Üç boyutlu yazıcılar 1980 ortalarında geliştirilmiş, hızlı prototipleme amacıyla kullanılmıştır (Cassen, 1987).

Günümüzde bilgisayar kullanarak elektronik ortamda tasarlanan nesne, bir dosya ile 3D yazıcıya aktarılmakta ve ürünün üretilmesi sağlanmaktadır (Gibson ve ark., 2010). Katmanlı üretim ilk olarak plastik parçalarla başlasa da, günümüzde erimiş metal ile uçak motorunun üretilmesi, kan hücreleri kullanılarak yapay doku veya organ üretimi, inşaat sektörü için sıvı betonla evlerin üretimi veya gıda sektörü için farklı gıda hammadde kullanarak yaş pastaların üretimlerinin yapabilmeleri söz konusudur (Cotteleer, 2014). Bununla birlikte uzaktan dosya bilgilerinin aktarımı ve kontrollüde kullanılarak üretim çok farklı boyutlar kazanmıştır. Böylelikle uzaktan ürün göndermek yerine, yerinde üretmek gibi çözümler oluşmaktadır.

2.2.4 Artırılmış gerçeklik (Augmented Reality)

Artırılmış gerçeklik, fiziksel dünyadaki nesne ve mekânların sanal ögeler kullanılarak zenginleştirilmesidir (Krevelen ve Poelman, 2010). Bu sistemlerde gerçek ve sanal birleştirilerek; gerçek zamanlı etkileşim ve üç boyutlu görüntüleme sağlanmaktadır (Azuma, 1997). Özellikle internetin gelişmesi, mobil teknolojilerin ilerlemesi, mobil sensörlerin artması ve uygulamaların gelişmiş özellikler kazanmasıyla daha farklı varyasyonlar ortaya çıkmıştır.

Artırılmış gerçeklik uygulamalarının başlangıcı birçok teknolojiye olduğu gibi askeri amaçlar doğrultusunda olmuştur. Buna örnek olarak verilen ilk uygulama, HUD (Head-up display) uygulamasıdır. Bu uygulama, savaş uçağı pilotlarının kokpit ekranındaki görüntülerinin, piyadelerin kullandığı kasklara entegre edilmesidir (Foyle ve ark., 2005). Böylelikle gerçek zamanlı paylaşım ve görselleştirme yapılmıştır. Kavramsal olarak artırılmış gerçeklik, 1992’de Airbus’ların kablolarının yerleştirilmesi için kullanılan cihazın adlandırılmasıyla ortaya atılmıştır (Frigo ve ark., 2016).

Bu teknolojinin bugün günlük yaşamda kullanımı çok yaygın olmasada, yakın bir zaman içerisinde hem markalar hem de insanlar tarafından günlük hayatın bir parçası haline geleceği öngörülmektedir (Carmigniani ve ark., 2011). Artırılmış gerçeklik ile insanlık yüksek teknolojiler ile daha da bütünleşecek, hatta tüm olası uygulama alanlarının yanı sıra normal fiziksel kanunlara tabi, ama sadece sanal olarak var olan elektronik aletler bile üretilerek herkes tarafından kullanılabilir olacaktır.

2.2.5 Bulut bilişim (Cloud Computing)

Son yıllarda büyük miktarlardaki verilerin saklanması ve üzerinde analizler yapılarak değerlendirmelerde bulunulması daha kolay hale gelmiştir. Veri artış hızına paralel olarak, veri üreten cihazların fazlalığı ile verilerin analizi, sorgulaması, saklanması üzerine birçok teknolojik gelişmeler yaşanmıştır. Bu gelişmeler verilerin disk sunucularında saklanması, buluttan okumada parçalara bölerek eşzamanlı yazma ve sorgulamaların yapılması, her bir farklı amaçla sanal sunucuların oluşturulması gibi yenilikleri hayatımıza getirmektedir (Gheisari ve ark., 2017).

Uzaktaki sunuculara internet üzerinden erişilerek; verilerin saklanması, işlenmesi ve kullanılması bulut bilişim olarak tanımlanmaktadır. Bulut bilişim mevcut bilgi işlem teknolojilerinin imkânlarını kullanarak sunulan yeni bir bilişim hizmet modelidir. Bulut bilişim kullanıcılara, daha düşük maliyette büyük veriler üzerinde daha yüksek işlem yapabilme imkanı sunar. Ayrıca yatırım, bakım, enerji ve personel maliyetlerini azaltma, bilgi işlem kapasitesini artırma, ölçeklenebilirlik ve esneklik gibi avantajları vardır. Bulut bilişim ile herkesin, her yerden, istediği her bilgiye, yüksek bilgi işlem gücünde erişebilmesi amaçlanmaktadır (Kalapatapu ve Sarkar, 2017).

Bulut bilişim hizmet dağıtımı SaaS, PaaS ve IaaS olmak üzere üç temel hizmet modelinden oluşmaktadır (Mell, 2011). Servis olarak yazılım SaaS, bulut sunucu üzerinde bulundurulmuş yazılım uygulamasının birden fazla kişi veya kuruluşa kullanıma sunulmasıdır. Bu hizmetle kullanıcılar lisanslama ve yazılım maliyetlerinden kurtularak daha ucuza aynı kullanım şekliyle kullandıkları kadar ücret ödeyerek sahip olmaktadır. Kullanıcı kurma, bakım, güncelleme, lisans gibi sorunlarla uğraşmamakta ve bu işler için kaybedilen zaman ve maliyet oluşmamaktadır.

Servis olarak platform PaaS, servis sağlayıcı bulut sunucuda müşteriye kendi uygulamasını geliştirebileceği, çalıştırabileceği bir platform, bileşenler, servisleri ve gerekli teknolojik altyapının hizmet olarak sunulmasıdır (Kavis, 2014). Kullanıcının kendi geliştirdiği uygulama dışında, platformda bulunan bileşenler üzerinde herhangi bir kontrolü ve yönetim imkânı yoktur. Bu hizmetlerin yönetimi, kontrolü, güvenliği ve güncellemesi servis sağlayıcılar tarafından sağlanmaktadır.

Servis olarak altyapı IaaS, kullanıcının isteğine göre sunucu kaynaklarının (işlemci, depolama, ağ kaynağı vb.) yapılandırabilmesi ve sunucu üzerine ihtiyacı olan işletim sistemi ve uygulamaları uzaktan kurabilmesidir (Kavis, 2014). Müşterinin donanım alt yapısını hizmet sağlayıcının sağladığı kadar yönetimi ve kontrolü bulunmakta, fiziksel olarak öde ve artır şeklinde çalışmaktadır. Bununla birlikte işletim sistemi seviyesinde sisteme tam bir hâkimiyeti bulunmaktadır. Tek bir komut ile işletim sistemleri kurulmakta ve çalıştırılmaktadır.

2.2.6 Büyük veri (Big Data)

Veri üreten siber sistemler yaygınlaştıkça, verilerin boyutu ve miktarı artmakta, farklı türdeki (ses, görüntü, sayısal v.b.) verilerin beraber işlenmesi kolaylaşmakta, verilerin değerlendirilmesi değişmekte ve yeni çözümler geliştirilmektedir. Büyük miktardaki verilerin yönetimi, saklanması, işlenmesi veya aktarılması kadar, verilerden değer elde etmek, verileri anlama ve değere dönüştürmek, bunun ekonomisini oluşturmak, günümüzde daha fazla odaklanılmış konulardır. Veriler artık basit bir şekilde kayıt olmaktan çıkarak veri işleme yöntemleriyle daha fazla katma değer üretecek bilgiye dönüşmektedir. Verilerin bilgiye, bilginin anlamlandırılmış bilgiye, anlamlandırılmış bilginin kararlara dönüşümü ise bu kavramın en önemli adımlarıdır (Chen ve ark., 2014).

Endüstri 4.0'ın asıl hammaddesi veridir. Verileri anlamak ve bunların günümüzün en önemli varlıkları olduğunu bilmek öngörüler ve akıllandırma için önemlidir(Lu, 2017). Günümüze kadar sistemler veya cihazlar için veri, “sayısal ortamlarda bulunan, işlenen veya taşınan sinyaller”, “veri bitleri, paketleri, dosyaları” veya “bağımsız kullanılan ve ilişkilendirilmemiş bilinenler” olarak tanımlanabilir. Örneğin bilgisayarda kullanılan farenin konumu sinyale, sonrasında konum bilgisine, işletim sistemi ile de imleç ve tıklama amacı ile kullanılmaktaydı; fakat günümüzde bu konum bilgisi web sayfası üzerindeki bir kod parçacığı ile sürekli takip edilerek web sitesinde kullanıcının en çok hangi noktalarda sayfayı incelediği, konumlandığı gibi bilgiler kayıt altına alınmaktadır. Hatta bu sayfayı ziyaret eden milyonlarca kişinin verisi bu şekilde analiz edilmekte; sonucunda en uygun reklam alanı, dikkat çekecek kısım, kullanıcı davranışları gibi çıkarımlar yapılmaktadır (R. Wu ve ark., 2016).

2.2.7 Yatay ve dikey sistem entegrasyonu (Horizontal And Vertical System Integration)

Bu katmanda, işletmeler arası etkileşim yani entegrasyon esas alınmaktadır. Çünkü bütün kurumlar sürdürülebilirliğini, büyümeyi ve piyasa değerlerini artırmayı amaçlamaktadırlar. Günümüzde işletmeler, tedarikçiler ve müşteriler arasındaki ilişki gerek teknolojik gerekse örgütsel nedenlerle düşük seviyededir. Buna çözüm olarak, tedarik, mühendislik, üretim, satış, satış sonrası gibi tüm aşamalarda teknoloji ile birlikte sistem entegrasyonu sağlanmaktadır (The Boston Consulting Group (BCG), 2015).

Yatay entegrasyon; değer yaratan ağlar yaratmak için bilişim teknolojilerinden faydalanarak şirket içi ve şirket dışındaki sistemin bir bütün davranmasıdır (Stock ve Seliger, 2016). Yani şirket içerisinde bir üretim yapıldığında; uzakta bulunan pazarlamacının anında bilişim altyapısı ile bilgilendirilmesi; gerektiğinde ürünü müşteriye yönlendirebilmesi gibi tam entegre altyapıya sahip olmasıdır. Dikey entegrasyon ise otomasyon altyapısı işletme, müşteri, tedarikçi vb. altyapılarının çeşitli düzeyde birbirlerine bağlanmasıdır (Stock ve Seliger, 2016). Dikey entegrasyon belirli protokoller, sistemler ve altyapılarla internet üzerinden işletme dışı tüm bileşenlerle bütünlük sağlamasını amaçlamaktadır (Michels, 2017).

Yatay ve dikey entegrasyonun sağlandıkça müşteri ilişkileri artacak, istekler hızlı değerlendirilebilecek ve sonuçlandırılacak, kişiselleştirilmiş üretim ve verim artacaktır. Bu sayede işletmeler esnek bir sisteme entegre olacaktır.

2.2.8 Siber güvenlik (Cyber Security)

Siber güvenlik, tanım olarak bilgi ve bilgi işlem teknolojilerinin güvenliği anlamına gelmektedir. Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU)'ne göre siber ekosistem, altyapı ve kullanıcı varlıklarını koruyan bileşenler, protokoller, güvenlik kavramları, önlemler, ilkeler, risk yönetimi, eylemler, eğitim, uygulamalar, güvenceler ve teknolojilerin toplamını ifade etmektedir. Siber güvenliğin genel amaçları; kullanılabilirlik, güvenilirlik, tanınmazlığı içeren bütünlük ve gizlilik (International Telecommunication Union, 2012).

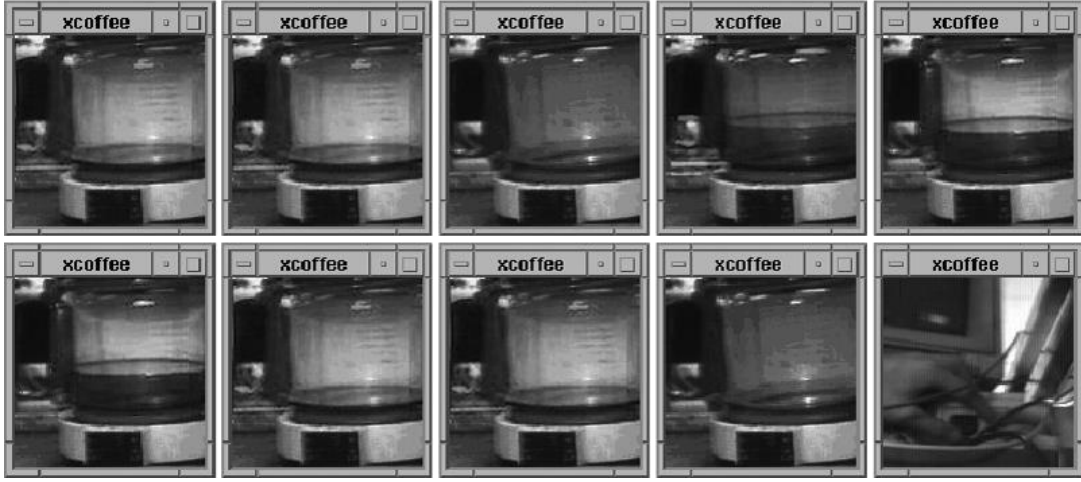
Endüstri 4.0 ile gelen tam dijitalleşme, verilerin korunmasının zorluğunu ve veri güvenliğinin önemini artırmıştır. Tüm bu gerekçeler nedeni ile dördüncü sanayi devrimi siber risk tehdidi ile gelmektedir. Günümüzde bu alanda şirketler, araştırmacılar ve bilim adamları riskleri kaldırmak adına çözümler sunmaktadır.

2.2.9 Nesnelerin interneti (Internet of Things)

İnternet teknolojilerindeki köklü değişimleri ve gelişmeleri 5 aşamada değerlendirebiliriz. İlk aşama 1973-1980 yılları arasındaki araştırma dönemidir. Bu dönem içerisinde IPv1 ve IPv4'ü kapsayacak şekilde TCP/IP protokolünün geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması söz konusudur. Takip eden aşamada şirketler web sayfaları

üzerinden ürün ve hizmet tanıtımlarını yapmaya başlamışlardır. Üçüncü aşama ise internet üzerinde etkileşimli hizmetlerin kullanımı ile gerçekleşmiştir. Bu dönem ürün ve servislerin gerçek zamanlı olarak yapıldığı, altyapının artırıldığı dönemdir. İnternet üzerinden hizmet veren şirketler bu dönem içerisinde kurulmaya ve hizmet vermeye başlamıştır. Dördüncü aşama sosyal medya olarak adlandırılan ortamın meydana çıktığı dönemdir. İnsanların sosyal medya üzerinden yazı, fotoğraf ve video paylaşımı giderek yaygınlaşmıştır. Beşinci aşamada ise Nesnelerin İnterneti (IoT) olarak özetlenen, her zaman, her yerde, her şeyin interneti kavramı ortaya atılmış ve canlı cansız tüm nesnelerin internete bağlanabilmesi amaçlanmıştır. Nesnelerin interneti, hayatımızı daha güvenli, akıllı ve üretken hale getirerek yaşama ve çalışma biçimimizi değiştirecek bir teknolojidir. Kavram olarak nesnelerin interneti, fiziksel nesnelere ile sanal şeylerin bir arada ekosistem oluşturduğu küresel bir altyapıdır. Nesnelerin İnterneti, benzersiz bir şekilde adreslenebilir şeylerin/nesnelerin kendi aralarında oluşturduğu, dünya çapında yaygın bir ağ ve bu ağdaki nesnelerin belirli bir protokol ile birbirleriyle iletişim içinde olmalarını sağlar (Lee, Kao ve Yang, 2014). Otomobillerden, mutfak aletlerine hatta kalp monitörlerine kadar bir çok cihaz nesnelerin interneti aracılığıyla birbirlerine bağlanabilir. Günümüzde cihazların çoğu akıllı olmaya başladığı için çok kısa süre içerisinde daha fazla cihaz bu listeye eklenecektir.

Nesnelerin interneti ile ilgili ilk uygulamayı ise 1991 yılında İngiltere’de Cambridge Üniversitesi’nde laboratuvarında çalışan bazı mühendisler kahve ihtiyaçlarını giderebilmek için geliştirilmiştir. Çalışanlar laboratuvar dışında yer alan bir alana kahvelerini alabilmek için gidiyor ancak her gidişlerinde elleri dolu dönemiyorlardı. Bu duruma çözüm olarak kahve makinasının ön tarafına bir kamera yerleştirmeye karar verilir. Tek bir bilgisayara bağlanan bu kahve makinasının görüntüsü bilgisayar ekranına gönderilir ve kahvenin dolup dolmadığına karar verilir. Bu sayede kahvenin her zaman izlenmesi ve taze tüketilmesi sağlanır (Şekil 2.2). Bu uygulama çevrimiçi ve gerçek zamanlı haberleşme özellikleriyle gerçekleştirildiği için Nesnelerin İnterneti ilk uygulaması olarak kabul edilmektedir (Guardian, 2001).



Şekil 2.2. Cambridge üniversitesinde gerçekleştirilen ilk IoT örneği

Nesnelerin interneti kavramı ilk olarak 1999 yılında Kevin Ashton tarafından ortaya atılmıştır. Procter & Gamble (P&G) şirketinin tedarik zincirinde RFID (Radio-frequency identification), yani radyo frekans tanımlama teknolojisinin mağaza içerisinde biten rujların takibinde şirkete getireceği faydaları yaptığı sunumunda Internet of Things kavramını nesnelerin daha büyük bir ağa bağlı olduğunu ve bağımsız olarak işlev gördüğü anlatan bir cümle olarak kullanmıştır (Kevin, 2009).

Makineler arası haberleşme (M2M: Machine to Machine); iki ya da daha fazla bilgi ve iletişim teknolojileri bileşeni arasında önceden belirlenmiş kurallar ve protokoller ışığında gerçekleştirilen ve kablolu ya da kablosuz bir elektronik haberleşme şebekesi üzerinden sağlanan haberleşmedir. Nesnelerin interneti ile Makineler Arası İletişimin karıştırılmaması gerekmektedir. Çünkü nesnelerin internetinde yalnızca makineden makineye şeklinde kapalı bir sistem yerine her şeyin internet üzerinden birbirine bağlı olması durumu söz konusudur. Nesnelerin interneti, M2M teknolojisinden daha geniş kapsamlı bir teknolojidir (Alam ve ark., 2013).

Nesnelerin interneti birçok kolaylığın yanı sıra birçok problemi ve ihtiyacı da beraberinde getirmiştir. Bunlar iletişim altyapısı, hız, kapasite, tahminleme, enerji tüketimi gibi kavramlardır. Nesnelerin birbirleri ile iletişim kurmak amacıyla kablolu veya kablosuz iletişim teknolojileri geliştirilme ihtiyacı doğmuştur. Tahmin ettiğimiz çok ötesinde cihazın internete bağlanması ile IPv4 kavramından IPv6 kavramına geçiş yapılmıştır. Cihazların internete erişim hızları ve kullandıkları bant genişlikleri bize daha hızlı ve kapasiteli internet teknolojilerinin geliştirilmesine yol açmıştır. Yapılan araştırmalara göre bugün internete 25 milyar cihazın bağlı olduğu tahmin edilmekte ve bu rakamın,

2020 yılına gelindiğinde, 50 milyar cihaz seviyesine çıkması öngörülmektedir. Aynı araştırmalara göre; 2003 yılında dünyada kişi başına düşen, birbirleriyle bağlantılı cihazların oranı 0,08 iken bu oranın 2020 yılında 6,48 olması beklenmektedir. Ayrıca 2020 yılında, 20 adet tipik ev cihazının üreteceği bilgi trafiğinin, 2008 yılında üretilen tüm internet trafiğinden daha fazla olacağı tahmin edilmektedir (Evans, 2011).

Nesnelerin İnternetinde, nesne kavramı geniş bir anlama sahiptir. Her türlü izleme cihazları, canlılar, robotlar, sensörler, servisler, veriler, biochipler veya erişim düzenekleri nesne olarak nitelendirilmektedir. Fiziksel ortamlardan algılanan sensör verileri (data), yapılan değerlendirmelerin ardından anlamlandırılarak operatörlere veya ilgili kişilere iletilmesi ya da verinin sistemler tarafından icra edilmesi sağlanmaktadır.

Nesnelerin interneti uygulamalarında haberleşme için (IPv6, 6LowPAN, XBee, Bluetooth, RFID, NFC, 4.5G, Wi-Fi, GSM, 4G/LTE, Wimax, LoRaWan vb.) birçok birbirine bağlı teknolojiyi içeren internet tabanlı bir paradigmadır. Nesnelerin İnterneti uygulamalarında hangi nesneden nasıl veri işlemleri yapılacağı, hangi geçit (gateway) üzerinden merkezi sunuculara iletişim sağlayacağı, veri iletişim protokolleri, karar mekanizmaları üzerinde günümüzde birçok çalışma yapılmaktadır (Madakam ve ark., 2015) (Whitmore ve ark., 2015).

Nesnelerin interneti ile ilgili terimler ve temel tanımlar

Nesnelerin İnterneti Ekosistemi: Kuruluşların, hükümetlerin ve tüketicilerin, nesnelere, elektronik cihazlar, panolar, ağlar, ağ geçitleri, yazılımları, veri tabanlarını ve güvenlik dahil olmak üzere bağlanmalarını sağlayan tüm bileşenlerdir (Mazhelis ve ark., 2012).

Nesne / Nesnelerin interneti aygıtı : Uzaktan izlenebilen ve/veya uzaktaki bir yerden kontrol edilebilen, bağımsız bir internet üzerinden haberleşme sağlayan aygıttır. Bunlar Algılayıcı, Aktüatörler ve Hibrit aygıtlardır (Al-Fuqaha ve ark., 2015). Bu cihazlar internet bağlantısına sahip olan birer nesne adayıdır. Çünkü her internete bağlı cihaz ekosistem içerisinde yer almadıkça nesnelerin interneti için nesne olamayacaktır.

Algılayıcı (Sensor) : Fiziksel ortam (sıcaklık, nem, rüzgâr hızı, uzaklık vb.) değişikliklerini algılayan elektronik cihazlara “sensör” denir. Bir diğer adı da algılayıcılar yani duyargalardır (Gubbi ve ark., 2013).

Aktüatör (Uygulayıcı) : Aktüatör, bir mekanizmayı, sistemi kontrol eden, hareket ettiren, bildirim yapabilen, değişim gösterebilen bir tür elektronik cihazdır. Buna elektrik motoru, alarm cihazı, hidrolik kol gibi bileşenler örnek gösterilebilir(Gubbi ve ark., 2013).

Hibrit Aygıt : İçerisinde sensör ve uygulayıcı katmanı bulunan elektronik cihazlardır. Örneğin bir doğal gaz kombisi hibrit bir cihazdır. Çünkü su sıcaklığı ölçümü için sıcaklık sensörü, ve su transferini sağlayan motoru bulunmaktadır(Djamaa ve ark., 2017).

Fiziksel Katman: sensörler, aktuatörler, hibrit cihazlar ve ağ teçhizatı dahil olmak üzere nesnelerin interneti aygıtı donanımlarıdır.

Ağ Katmanı: Fiziksel tabaka arası verilerin farklı aygıtlara iletilmesinden sorumlu olduğu katmandır. Bu kısım kablolu ve kablosuz haberleşme olarak iki sınıfa ayrılmaktadır.

Bulut: İnternet üzerinde erişilebilir bulunan sunucu hizmeti, analiz ve veri depolama imkanı sağlayan bileşendir. Bu bileşen akıllı olmayan nesnelere için gerekli yazılımsal kaynakları oluşturabilir.

Uygulama Katmanı: Nesnelerin birbirlerini tanımlamak ve birbirleriyle etkileşimde bulunmak için kullandığı protokolleri, arayüzler ve arabirimleri içerir.

Mobil Aygıtlar: Günümüzde hepimizin sahip olduğu akıllı telefonlar, kişisel bilgisayarlar, tabletler, akıllı saatler ve akıllı bileklikler olarak tanımlanmaktadır.

Kontrol Paneli: Kullanıcılara Nesnelerin interneti ekosistemi hakkındaki bilgileri gösterir ve ekosistemini kontrol etmemizi sağlar. Genellikle bulut üzerinde bulunur.

Analitik: Üretilen verileri analiz eden yazılım öbekleri, sistemlerdir. Analiz, geleceğin tahmini, öngörüm, bakım gibi çeşitli senaryolar için kullanılabilir.

Servisler: Çevremizdeki cihazlar gibi birçok dışardan aldığımız servis hizmeti de gelecekte bizim nesnelerin interneti kavramı içerisine girecektir. Örneğin hava durumu servisleri, TV aboneliği servisleri, Piyasa servisleri, v.b. gibi servisler bu katmana örnek gösterilebilir.

Sosyal Ağlar: Gelecekte sosyal medya, web geçmişimiz, web sayfaları nesnelere için veri kaynağı olacaktır. Gelecekte bizim sosyal medya durumumuz, konularımız veya

web'deki araştırmalarımıza göre nesnellerimiz çalışabileceklerdir. Bu kavram günümüzde nesnelerin interneti için sosyal network kavramı olarak ortaya çıkmıştır.

Sis Bilişim (Fog Computing) : Bu akış/iletişim süresince çok büyük yapıların kritik bilgilerinin acil olarak iletilmesi ya da işlenmesi gerektiği noktalarda verinin kat ettiği uzun yollar ve bir çok nesneden aktarılan verilerin oluşturduğu ağ trafiği bir çok sorun meydana getirmektedir. Bununla birlikte nesnelerin interneti aygıtlarının yaygınlaşması ile birlikte elde edilen verilerin analizlerinin, doğru veri ile doğru lokasyonda ve tam zamanda yapılma ihtiyaı daha da artmıştır. Bu ihtiyaçlar ve sorunlar doğrultusunda verinin hiç bir zaman tek bir yerde bütün olarak bulunması mümkün değildir. Bilginin öncesinde en yakın erişilebilecek lokasyonda tutulması ve işlenmesi gerekmektedir. Gerektiğinde internet ortamına gönderilerek bant genişliğinin yüksek miktarda kullanılmaması amacı ile Sis Bilişim geliştirilmiştir(Yi ve ark., 2015). Sis teknolojisinin bu ortamda sunduğu hizmetler ise şunlardır:

- Verinin buluta gönderilip işlenmesi ve depolanması esnasında maliyeti düşürmek,
- Verinin oluşturulduğu kaynağı ya da ortamı terk etmemesi istendiğinde, veri güvenliğini sağlayarak bulut iletişimini minimize etmek,
- Gerçek zamanlı analizlerde ve karar aşamalarında hız sağlamak,
- Çok kritik görülen bazı durumlarda olası bulut iletişiminin sağlanamamasından kaynaklanacak riski minimize etmektir.

Sınır Bilişim (Edge Computing) : Bilgi işlem gücü için ise Sınır Bilişim adı verilen bir sistem kullanılmaya başlanmıştır. Sınır Bilişimde veriler kullanıcılardan alınır, bulut sunucuda depolanacak olan verinin bulut sunucu üzerinde işlenmemesi yani u noktalarda oluşturulacak edge noktalarında işlenmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemde, sensörler tarafından toplanan verilerin işlenmesi yine sensörlerde yapılmaktadır (Shi ve ark., 2016). Örneğin bir trafik ışığından gelen verinin analizi, ağ yapısında trafik ışığına çok yakın bir yerde yapılmaktadır.

Bu yöntem bir çok avantajı da beraberinde getirmektedir. Öncelikle ağdaki u noktalarla veri merkezi arasındaki bant genişliği, analiz u noktada yapıldığı için daha az kullanılmaktadır. Ayrıca bu yöntem sayesinde, elde edilen verilere bakılarak daha hızlı

cevap verilmesi mümkündür. Sınır bilişimde verilerin toplandığı uçlarda işlenerek bulut sunucuların sürekli olarak işlem altında çalışması önlenmektedir. Bu sayede veri analiz işlemi verinin üretildiği noktaya yaklaştırılacaktır (Shi ve ark., 2016). Bu da kritik kararların çok daha hızlı alınabilmesini sağlayacaktır. Bu sistem ayrıca veri trafiğini de azaltarak maliyetleri aşağı çekmesini sağlayacaktır.

Sınır bilişimle sis bilişim arasındaki temel fark, tam olarak veri aktarımı ve hesaplama gücünün yerleştirildiği yerlerdir. Sis bilişimde, veri algılama ağ mimarisinin yerel alan ağı (LAN) seviyesine indirir, sınır bilişim ise veriyi nesnelere en yakın bir düğümde veya nesnelere interneti ağ geçidinde işleyebilir. Sınır bilişimde nesnenin ağa (veya veri merkezine) sürekli olarak bağlanması gerekmemektedir. İletişime geçildikten sonra bu cihazların ürettikleri verilerden ve işlemlerden algılama, sonuca varma gibi kavramlara imkan sağlamaktadır. Sis bilişim ise nesnelere ile bulut bilgi işlem veri merkezleri arasında bilgi işlem, depolama ve ağ hizmetlerinin çalışmasını kolaylaştırmaktadır. Verimlilik, analiz, işleme ve depolama için bulutta taşınmayı gerektiren en önemli işleme işlemiyle artırılır ve azaltılır. Verimlilik, en önemli sis hesaplama hedefi ile güçlendirilir ve depolama, işleme ve analiz için bulutta taşınması gereken veri miktarını azaltır (Mao ve ark., 2017).

Yeşil (Green) Nesnelere İnterneti : Çok fazla aygıtın internete bağlanması, bu aygıtların çeşitli bileşenlere sahip olması ve sürekli çalışması enerji tüketiminde tasarruf yapma ihtiyacını doğurmuştur. Bu ihtiyaç Nesnelere internetinde Yeşil nesnelere interneti kavramının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Yeşil nesnelere interneti enerji verimli prosedürler, donanımlar, yazılımlar, hizmetler ve sistemlerin sera etkisini azaltmak ve çevreyi korumak amacıyla optimize edilmesidir. Ayrıca tüm yaşam döngüsü yeşil tasarım, yeşil üretim, yeşil kullanım ve nihayet yeşil bertaraf / geri dönüşüm üzerine odaklanmaktadır (Zhu ve ark., 2015).

Yukardaki terimler ve temel tanımlar için günümüzde akademik ve ticari alanda birçok çalışma yapılmış parçalar halinde nesnelere interneti kavramının bir puzzle gibi tamamlanmasını sağlamaktadır.

Web nesneleri network mimarisi (Web of Things)

Web nesneleri network mimarisi (Web of Things) kısaca WoT olarak adlandırılmaktadır. WoT gerçek dünyadaki nesneleri internet üzerinde web ortamı (www) ile iletişimi sağlamak olarak ifade edilmektedir. WoT web standartlarını kullanarak nesneleri birbirine bağlamaktadır. Çünkü web standartlarını kullanarak aygıtları internete bağlamak, sistemler ve uygulamalar arasındaki entegrasyonu sağlamak kolaydır. Endüstri 4.0 kuramında IoT ve WoT arasındaki fark diğer kavramlarla karşılaştırıldığında açık ve nettir. Çünkü IoT kavramı, WoT kavramını içerisine almaktadır. Nesnelerin interneti konsepti ile geliştirilmiş bir aygıt HTTP protokolü ile nesnelere arasındaki haberleşme veya nesnelere bulut ile olan etkileşimleri sağlanmış olmaktadır. nesnelere web'e bağlayacak teknolojiler ve standartlar, aygıtları tek bir ortak ağda nesnelere Web'inde birleştirmektedir. WoT ile birlikte gizli, pahalı, mülkiyet merkezli hizmetleri kullanmak zorunda kalınmayacaktır. Aygıtları fiziksel ve gerçek zamanlı olarak web'e taşıyacaktır. Bu sayede bağımsız işletim sistemli, sistem bağımsızlığına sahip, kurulum gerektirmeyen, kolay erişilebilir, daha hızlı ve kolay arayüz oluşmaktadır. Nesnelere kurulumu ve ölçeklendirilmesi daha ekonomik hale gelmektedir.

Web nesneleri network mimarisinin tarihi

Nesnelere Web'e bağlanmasıyla alakalı ilk çalışma CoolTown modeli projesi ile başlamıştır. Bu projede CoolTown'un web kaynaklarını fiziksel nesnelere ve yerlere nasıl bağladığı ve kullanıcıların barkod okuyucudan aldıkları resim bilgisinin nasıl web kullanarak çözüldüğü açıklanmaktadır (John Barton ve Kindberg, 2000). Cooltown projesinin ilk kullanıcı çalışmaları ve etkileri HP Labs'ta yapılan platformdan alınmıştır (J Barton ve Kindberg, 2001). Bu çalışmalarda URL ve HTTP protokolü kullanarak iletişim sağlanmaktaydı. PDA (Personal Digital Assistant) üzerinde hazırlanmış sayfadan okunan barkod resmi dosyası web http post yöntemi ile gönderiliyor ve sayfada sonucu gösteriliyordu (Zapata, 2007).

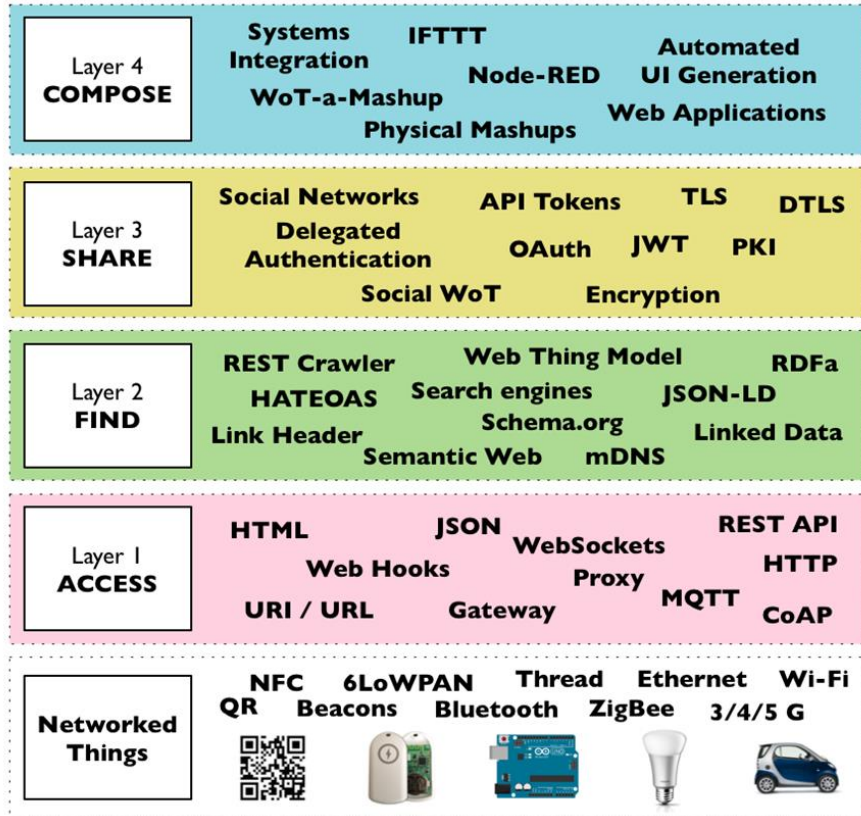
Erik Wilde nesnelere web sayfası üzerinden değil de Web standartlarını kullanarak iletişim kurma fikrini savunmuştur. Bu amaçla http post ve Semantik web özelliklerinden faydalanmak istemiştir. Sensör, aktuatör ve konum bildirimlerinin web'de paylaşılabilmesini, bunun için REST (Representational State Transfer) protokolünden yararlandığı görüşünü savunmuştur. Ayrıca ilk WoT terimini ortaya atmıştır (Wilde,

2007). Kablosuz sensör ağları için web protokolü kullanarak bilgi paylaşımı yapılabileceği ve uygulanabilirliği gösterilmiştir (Hui ve Culler, 2008; Yazar ve Dunkels, 2009). Bu uygulama REST işlemci-sunucu iletişimiyle ilgili bir mimaridir. 2010 yılında RESTfull mimarisi fikrini ortaya atılmıştır (Guinard ve ark., 2010a). REST mimarisini kullanan servislere genel olarak RESTful servis denilmektedir. Ana fikir aslında işlemci-sunucu arasındaki veri alışverişini HTTP protokolü üzerinden sağlamaktır.

2011 yılında Dominique Guinard ve VLad M. Trifa ETH Zürich üniversitesinde yapmış olduğu doktora çalışmasında web nesnelere temelli network mimarisini tanımlamıştır (Guinard, 2011; Guinard ve Trifa, 2016).

Web nesnelere temelli network mimarisinin katmanları

Bu alanda standartlaşma çalışmaları devam etmektedir. Web nesnelere için aslında mimari en iyi yöntemlerin bir kümesidir. Mimari içeriğindeki farklı şablonları ve protokolleri bulunduran dört farklı katmandan oluşur (Şekil 2.3). Bu katmanlar erişebilirlik katmanı, bulunabilirlik katmanı, paylaşım katmanı ve birleştirme katmanı.



Şekil 2.3. Web nesnelere temelli network mimarisinin katmanları

Şekil 3’de Guinard ve Trifa’ya göre web nesnelere temelli network mimarisi için tanımlanmış katmanlar görülmektedir (Guinard ve ark., 2010b). Sol tarafta mimarinin katmanları, sağ tarafta ise uygulamalar ve prototipler bulunmaktadır.

Erişebilirlik katmanı (Access Layer): Nesnelere internet'e erişebilmesini sağlar. Nesnelere web uygulamaları üzerinden geniş ağlara açabilmelerini sağlamakla ilişkilidir. Bu katman Web nesnelere network mimarisinin çekirdeğidir. Web uygulamalarına erişen nesnelere yönetebilir ve izlenebilir nesnelere çevirmeye çalışır.

Bulunabilirlik katmanı (Find Layer): Bu katmanın amacı Web'e erişmiş nesnelere bulup konumlandırmaktır. Bundan dolayı semantik Web'ten yararlanmaktadır. Katman nesnelere ve onların servislerini tanımlamak için semantik Web standartlarını kullanır. Günümüzde bu katman HTML5 Microdata entegrasyonu, RDF / RDFa, JSON-LD ve EXI gibi protokollerle çalışılmaktadır. Bu sayede nesnelere arama motorları ve Web üzerindeki diğer nesnelere tarafından keşfedilmesini sağlar. Böylelikle iyi tanımlanmış biçim ve standartlar ile makinalar arası etkileşime olanak verir.

Paylaşım katmanı (Share Layer): Bu katman nesnelere ürettiği verilerin etkili ve güvenilir biçimde paylaşılmasını sağlar. Nesnelere üretmiş oldukları verilerden yararlanabilen cihazlar ve yetkinlikleri artacaktır. Örneğin dış ortam verileri ve evimizdeki verilerin değerlendirmesini yapabilen ısı kontrol sistemleri gibi. Bu gibi uygulamalar internet ortamında bulunan servisler arasında veriler eğer efektif bir şekilde paylaşılırsa etkinlik katlanarak artabilir. Örneğin bu ısı sistemine meteorolojik tahmin verileri eklenerek sistemin geleceğe yönelik planlamasını yapması sağlanabilir.

Birleştirme katmanı (Compose Layer): Bu katman nesnelere servis ve verilerini bir araya getirerek Web uygulaması olması için arayüz oluşturulmasını sağlar. Birleştirme katmanında Web'e ait uygulama geliştirme araçlarından yararlanır. Örneğin JavaScript kütüphaneleri yüksek seviyeli soyutlama sağlarlar. Bu sayede etkileşimli, programlanabilir, sanallaştırılmış kontrol ya da gösterge panellerine ve fiziksel arayüzlerine sahip olurlar. Arayüz klasik Web ile WoT'in birleştirildiği bir bakış sunar. Kullanıcılar programlama kabiliyeti gerektirmeden WoT servislerini kullanabilirler ve uygulama geliştirebilirler.

Neden web nesnelere network mimarisi

Web nesnelere network mimarisinin neden seçildiğini şu başlıklarla açıklanabilir.

Her cihazda: Günümüzde IoT nesnelere uzaktan izleme, kontrol etme veya programlama gibi işlemleri yapabileceğimiz aygıtlar bulunmaktadır. Bunlar, Bilgisayarlar, Akıllı Telefonlar, Tabletler, İş istasyonları v.b. gibi cihazlardan oluşmaktadır. Her bir aygıtta özgü yazılım yapmak yerine web arayüzünü kullanmak cihaz bağımsızlığını sağlayacaktır.

İşletim sistemi bağımsızlığı: Günümüzde kullandığımız cihazlar farklı işletim sistemlerine sahiptir. Bunlar Windows, Linux, Mac OS, Android, Sybmbian v.b. gibi işletim sistemleridir. Tüm işletim sistemlerinin bir web erişimi ve web tarayıcısı olduğundan web arayüzünü kullanmak işletim sistemine bağımsızlığını sağlayacaktır.

Her içerik için: Aygıtların ürettikleri veya kullandıkları veriler yazısal, rakamsal, resim, video, ses gibi içeriklerdir. Web arayüzü bütün içerikleri desteklemektedir.

Her yerde: Kullanıcılar bugün her noktadan sistemlere erişmek, izlemek ve kontrol etmek isteyecektir. Evde, okulda, il dışı, ülke dışı yani mesafe sınırı olmadan sisteme erişmek için yalnızca web adresi ve şifrelerin yazılması yeterlidir.

Her serviste: İnternet üzerinde bulunan herhangi bir kurum veya kuruluşa ait bir servis web den erişilerek web arayüzü ile kullanılabilir.

Herkes için: Kullanıcı sınırlaması veya sayısı olmaksızın izinlere göre istenilen kadar kullanıcı istenilen kısımlarında çalışabilmektedir.

Veri ortamları ile entegre olabilmesi: Kullanıcıların istekleri doğrultusunda değişik veri kaynakları veya veri ortamları ile entegre olabilmektedir.

Her Zaman: Nesnelere internet erişimine sahip ise her zaman erişim sağlanacaktır. Eğer bağlantıda bir sıkıntı var ise anında bildirimlerde bulunulabilmektedir. Çünkü bulut sunucu tarafından nesnelere bağlantıları kontrol edilmektedir.

2.3 Tarım 4.0

Tarım, her topluluk için hayati öneme sahip ve üzerinde en çok durulan konulardan birisidir. Teknoloji de bu önemli sektörün entegre bir parçası olmaya devam etmektedir. Ayrıca doğal kaynaklar optimum düzeyde kullanıldığında sürdürülebilirlik sağlanmış olacaktır. Geleceğin tarımında Endüstri 4.0'la birlikte kolaylık, maliyetleri düşürmek ve yeni teknolojiler geliştirmekle verimlilik, kazanç, hız ve kaliteyi artırmak çok daha önemli hale gelecektir. Endüstri 4.0'ın etkisiyle tarımsal araziden çiftliklere, traktörlerden, ekin aletlerine kadar hemen hemen tüm tarım sensörlerle donatılmaktadır. Nesnelerin internetinin tarım sektöründe yaygınlaşmasıyla tüm süreçlerin birbirleriyle iletişim halinde olması sağlanmaktadır. Birbirleriyle konuşan ve senkronize çalışan cihazlar sayesinde tarım akıllanmakta ve otomatize olmaktadır. Bu sistemlerle üretim için gerekli olan tüm faktörler analiz edilmekte, uygulanmakta ve üreticiye eş zamanlı bildirimlerde bulunmaktadır.

Son araştırmalarda, diğer sektörlerle kıyasla tarım sektörünün en düşük dijital penetrasyon oranına sahip olduğunu gösterilmektedir (Bauer ve ark., 2016; McKinsey & Company ve ark., 2017). Verimliliğin artması ve yeni hizmetlerin eklenmesinde tarım sektörü çok geride kalsa da vakit kaybetmeden tarımda dijital dönüşümü hızlandırmak gerektirmektedir (Shepherd ve ark., 2018). Tarım endüstrisi önümüzdeki birkaç on yıl içinde daha da önemli hale gelecektir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün 2017 yılındaki raporuna göre 2050'de artan dünya nüfusunun gıda ihtiyacını karşılamak için 2006'dan bu yana %70 daha fazla yiyecek üretmek zorunda olduğunu belirtmektedir (FAO, 2017). Bu talebin karşılanabilmesi için başta nesnelerin interneti olmak üzere Endüstri 4.0'ın çözümlerine yönelim zorunluluk haline gelmektedir.



Şekil 2.4. Tarım 4.0 teknolojileri

Şekil 2.4’de gösterildiği gibi Tarım 4.0 içerisinde birçok yeniliği ve teknolojiyi beraberinde getirmektedir. Meteorolojik verileri ve geleceğe yönelik tahminlemeler yapabilen Meteoroloji 4.0; bu sistemde farklı hava koşullarını göz önüne alarak izleme, tahminleme ve yapay zeka kullanarak hava durumu modelleme yaparak tarımsal aktiviteler yönetilmektedir (Pooja ve ark., 2018). Tarımsal alanı ve araçları sanal gerçeklikten faydalanarak kontrol etme ve izleme imkân veren tarımsal sanal gerçeklik; tarımsal alan içerisinde sanal gerçeklikten sayesinde çiftçi yönlendirilerek tarımsal faaliyetlerde bulunması uygulanabilir ve kullanışlı olduğu görülmektedir (Fernández ve ark., 2010). Tarımsal robotlar; tarımda insan gücüne dayalı işlemlerin robotlar aracılığı ile sürekli olarak yapılmasını sağlar. Birçok tarımsal arazinin problemi olan yabancı ot ile mücadele için Xiong ve ark geliştirdiği ekili alan içerisindeki görüntü tanıma ve lazer kullanarak yabancı otların temizlenmesini sağlayan robotize sistem buna örnektir (Xiong ve ark., 2017). Depolama ve lojistik kontrolü; geçmiş sistemlerde depolama ve lojistik

aşamaları çoğunlukla güvene dayalı veya kurumsal işletmelerde bazı raporla yazılımları, data kayıt cihazları, uzaktan izlenebilir sistemler v.b. sayesinde kontrol edilmekte idi. Tarım 4.0 ile birlikte ürün çiftlikten sofraya kadar tüm aşamaları takip edildiği endüstriyel sistemler günümüzde yerini almaktadır (Fan, 2013). Enerji ve Geri Dönüşüm; dünya nüfusunun artması ve tüketim alışkanlıklarının değişmesi nedeni ile doğal kaynaklarımız her geçen gün azalmaktadır. Bunların tekrar dönüştürülerek kullanılması veya enerjiye dönüştürülmesi sağlanmalıdır. Örneğin kümes hayvanlarının atıkları ile ilk önce biyogaz elde edilmekte; sonrasında seralara gübre olarak kullanılan bir ağ içerisinde çalışan sistemler dizayn edilmektedir. Sonuçta tarımsal atıklara işlevsellik kazandırılarak ve ortamlar arasındaki atık bağımlılığı geleceğin tarımı ile sağlanacaktır (Arun Gnanaraj ve Gnana Jayanthi, 2017). Hayvancılık 4.0; çiftçiler akıllı telefonlarını, bitkilerini ve canlı hayvanlarını uzaktan izlemek için kullanabilir ve aynı zamanda hayvanlarını besleme ve üretme konusunda istatistikleri derleyerek gelecek tahmininde bulunabilir. Süt işletmeciliği yönetimi için beklenmeyen hava koşullarına bağlı anormallikleri, süt sığırı sağlığını ve acil durumları kontrol etmeyi ve daha iyi planlayabilmeleri sağlar (Ilapakurti ve Vuppalapati, 2015). Uzaktan Mahsül izleme; kalite ve güvenliği sağlamak için geliştirilmiştir. Çünkü yenilebilir duruma gelmiş mahsüllerin ürün haline gelme aşamaları uzundur, ancak işlenmemiş ürünler ayrıştırmaya yatkınlığı, endüstriyel olarak işlenebilmesi ve takibi yapıldığından izlenebilirliği mümkündür. Buna rağmen tarımsal ürünlerin fide aşamasından nihai ürün olma aşamasına kadar izlenebilirliği çok önemlidir (Gonzalez ve ark., 2018). Uzaktan alan izleme; Günümüzde tarımsal alanlar yalnızca gözlem veya sensörlerle değilde insansız hava araçları ve uydu görüntülerinin işlenmesi sonucunda mahsül analizi, ürün tahmini, kuraklık gibi faktörlerin tahminleri yapabilmek için kullanılmaktadır. Hassas Tarım; çiftçiler, günlük işlerinin verimliliğini artırmak için bazı yüksek teknoloji tarım teknikleri ve teknolojileri kullanmaya başlamıştır. Örneğin; tarım alanlarına yerleştirilen sensörler, çiftçilerin bölgedeki topografya ve kaynakların yanı sıra toprak asitliği ve sıcaklık gibi değişkenleri ayrıntılı bir şekilde elde etmelerini sağlamaktadır.

Otonom Makineler; somut bir örnek olarak, John Deere firması traktörlerinin internete bağlamasını, görüntü işlemlerini ve yapay zeka karar verebilmesini sağlayarak akıllı traktör devrini başlatmıştır (Brewster ve ark., 2017). Akıllı arabalara benzer şekilde, kendi kendine çalışan otonom traktörlere çiftlik içerisinde görevleri yerine getirmekte ve verimliliği artırmaktadır.

2.4 Sulama 4.0

Bitkiler normal gelişmelerini sürdürebilmeleri için gereksinim duydukları su miktarının doğal yağışlarla karşılanamayan kısmını sulama ile kökleri aracılığıyla topraktan almaktadır. Sulama ile kök ortamında bulunan besin maddeleri bitkinin en uç noktalarına kadar ulaştırılmaktadır. Döngünün sürekliliği suyun bitki yapraklarından terleme ile atılmasıyla sağlandığından bitkinin kök bölgesinde yeterli nem düzeyinin sürekli sağlanması gerekmektedir. Sulamanın yetersizliği ya da veriliş biçimindeki yanlışlıklar nedeniyle verim ve kalitede kayıplar meydana gelmektedir. Dünyada nüfus artışına paralel olarak artan gıda ihtiyacı ile birlikte tarımsal su ihtiyacının arttığı, kullanılabilir su kaynaklarının da sınırlı olduğu ve sulamada gereğinden fazla su kullanıldığı bilindiğinden su kaynaklarının etkin kullanılması gerekmektedir (Çakmak ve ark., 2008),(Yıldırım, 2008).

Kişi başına düşen yıllık su miktarı 1.519 m^3 civarında olan Türkiye su zengini olarak bilinen ülkelerden biri değildir (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 2017). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2040 yılı için Türkiye nüfusunun 100 milyon olacağını öngörmüştür (TUİK, 2018). Bu durumda Türkiye’de 2040 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının $1.120 \text{ m}^3/\text{yıl}$ civarında olacağı tahmin edilmektedir. Mevcut büyüme hızı, su tüketim alışkanlıklarının değişmesi gibi faktörlerin etkisi de su kaynakları üzerine olabilecek baskıları artıracaktır. Ayrıca bütün bu tahminler mevcut kaynakların 20 yıl sonrasına hiç tahrip edilmeden aktarılması durumunda söz konusu olabilecektir. Bu sebeple Türkiye’nin gelecek nesillere sağlıklı ve yeterli su bırakabilmesi için kaynakların çok iyi korunup, akılcı kullanılması gerekmektedir (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 2017). Türkiye su potansiyelinin %16’sı içme ve kullanmada, %12’si sanayide ve %72’si ise tarımsal sulamada tüketilmektedir (Çakmak ve ark., 2008).

18. yüzyılın sonundan itibaren tarıma dayalı geleneksel toplum yapısının hızla sanayi toplumuna dönüşmesi, çiftçilikle uğraşan kırsal kesimin şehirleşmesi, hızlı nüfus artışı, tarım alanlarının daralması, tarımda makineleşme ve bu büyük dönüşümün çevre üzerinde yarattığı etkiler, tarımı da büyük bir değişim süreci ile karşı karşıya bırakmıştır. Günümüze damgasını vuran “Endüstri 4.0” kavramı da tarım üzerindeki etkisini günden güne daha fazla hissettirmektedir. Tarımsal amaçlı sulamada kullanılan su miktarını azaltmak, tarımsal sulama sistemlerini verimli ve etkin bir şekilde kullanmak, bu

sistemlerde en son teknolojiyi benimsemek ve bu teknolojiyle pek çok probleme çözüm sağlamak önemli bir konu haline gelmiştir. Tarımsal sulamada su kullanım verimliliğinin artırılması, tarımın sürdürülebilirliğinin sağlanmasında büyük önem arz etmektedir (Wang ve ark., 2017).

Sulama sırasında ne kadar suyun uygulanacağını belirlenmesi, tarımsal su yönetiminin en önemli konularından biridir. Çoğu çiftçi daha fazla su uygulanarak yüksek verim elde edildiğine inanır ve su miktarını belirlemek için sezgisel davranır (McCown ve ark., 2012). En uygun seviyelerin ötesinde su ekleyerek, su kaybedebilir veya verimi azaltabilirler. Ayrıca hangi bitkiye ne kadar suyun uygulanacağı da önem arz etmektedir. Bitki yetiştiriciliğinde sulama sıklığı ortamın sıcaklığı, nemi ve topoğrafyası gibi birçok faktörden etkilenmektedir (Bradford ve ark., 2017). Bu faktörler için ideal değerler elde etmek ve bunların sonuçlarını optimize etmek, ekili ürünlerin türüne bağlıdır. Örneğin, üzüm olgunlaşması sürecinde, üzüm içerisinde depolanan şekeri üreten foto-sentezden etkilenir. Üzümlerden üretilen şarabın kalitesinin belirlenmesinde, şeker, asit, pH ve potasyum arasındaki denge esastır. Bu denge büyük ölçüde ekili alanların sulama sıklığına bağlıdır (Nikolidakis ve ark., 2015). Uzman tarım mühendisleri, su kullanım verimliliğinin artırılmasında, bitkilerin sulama gereksinimlerini doğru bir şekilde yönetebilmek için çeşitli kaynaklardan (toprak, bitki ve atmosfer) gelen bilgilere güvenmektedir (Thomidis ve ark., 2016). Tarımsal sulamadaki mevcut problemler; pratik sulama metotlarının yokluğu, emek, zaman ve enerji masrafı, yağış belirsizliği, genel alanın izlenme zorunluluğu, su israfı ve bilinçsiz sulama şeklinde sıralanabilir.

Yağış durumlarında gereksiz sulamayı önlemek amacıyla sulama kararı vermek için hava durumu tahminleri kullanılabilir (Gowing ve Ejieji, 2001; Lorite ve ark., 2015). Hava tahmini bilgileri birçok web sitesi tarafından sağlanabilmektedir. Türkiye'de hava durumu verileri (yağış miktarı, rüzgâr ölçęi, maksimum ve minimum hava sıcaklığı, nem değerleri ve aktüel hava basınç değerleri) meteoroloji genel müdürlüğü internet sitesi üzerinden sağlanabilmektedir. Bu veriler, 5 gün sonrasına kadar Türkiye'deki birçok şehir ve ilçe için günlük olarak sunulmaktadır ("T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü", 2018). Bu durum, hava tahminine dayalı gerçek zamanlı bir sulama için yeterlidir. Sadece iklim parametrelerine dayanan sulama modelleri açık çevrim yapısına dayanmaktadır. Bu, hâlihazırda yağmur yağarken ürünü sulanması gibi stokastik olaylara maruz kaldığı ve beklenmeyen bir hava olayının meydana gelmesi halinde

meydana gelebilecek yerel pertürbasyonları düzeltemeyeceği anlamına gelir (Dutta ve ark., 2014). Bu noktada bir ilçe içerisinde genel hava tahmini verileri kullanılacağı için, bu verilerin sulamayı başlatmadan önce karar aşamasında iken, hava tahmin değerleri ile tarımsal alan içerisindeki meteoroloji istasyonunun verilerinin karşılaştırmasının yapılması ve gerçek durumun belirlenmesi gerekmektedir.

Tarım, sensörlerin ve kablosuz ağlarının sayısız fayda sağlamak için başarıyla kullanıldığı alanlardan biridir (Aqeel-Ur-Rehman ve ark., 2014). Sensör tabanlı sulama sistemleri, sahaya özel sulama yönetimini destekleyen ve üreticilere su tasarrufu sağlayan potansiyel bir çözümdür (Mendez ve ark., 2012),(Kim ve Evans, 2009). Sensör tabanlı sulama sistemleri kuraklık stresine hızlı bir şekilde cevap verebilir (Dursun ve Ozden, 2011). Sulamayı başlatma kararı için, alandaki gerçek zamanlı sensör değerlerinin bilinmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir (Wang ve ark., 2017). Ancak, bu sistemler, yüksek başlangıç yatırım maliyeti gerektirir ve sulama aralıklarını hava durumu tahminlerine göre ayarlamak için tasarlanmamıştır. Bununla birlikte, dağıtılmış saha içi sensörlerin, yazılım tasarımı, veri arayüzü ve iletişimin entegrasyonu gibi zorlukları bulunmaktadır.

Uzaktan izleme; çiftçi için kullanım kolaylığı, daha az problem üretmesi, kolaylıkla konum değiştirme ve kurulum kolaylığı sağlamaktadır. Herhangi bir zamanda, hücresel ağ erişimi olan herhangi bir ortamda izleme ve müdahale yeteneğini sağlamak elzemdir. Bu amaçla Colorado Üniversitesindeki bazı araştırmacılar mobil uygulama ile izleme ve yönetmek için Water Irrigation Scheduling for Efficient Application (WISE) ara yüzünü geliştirmiştir (Bartlett ve ark., 2015). Fakat bu ve bunun gibi mobil uygulamaların dezavantajı, işletim sistemine bağımlı olarak çalışmasıdır.

Mobil cihazlar, gömülü sistemler, kablosuz sensörler ve aktüatör gibi nesnelerin tarımda kullanımı her geçen gün artmaktadır. Bununla birlikte, maksimum etkinliğe sahip bir altyapı oluşturmak için, sadece sensörlerden ve internet bağlantısından daha fazlasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu altyapı, üretilen büyük miktarda akıllı veriyi (büyük veri zorluğu) toplama, depolama, analiz etme, işleme ve güvenliğini sağlayabilme yeteneğine sahip bir sistem tarafından desteklenmelidir (Stergiou ve ark., 2018). Çiftçinin tarımsal alanlar aktiviteleri hakkında gerçek zamanlı bilgi sahibi olması, bilgilendirilmesi, senkronizasyon, veri depolama ve zamanında karar vermesini sağlamak için bulut tabanlı sistemler önerilmektedir. Bulut bilişim bu nesnelerin senkronize edilmesini ve birlikte

çalışabilmesini sağlar. Bulut bilişimin arkasındaki işlem g¼c¼, gelişmiş depolama ve bilgiye erişim yeteneği dağıtılmış nesnelere g¼c¼lendirir. Bu çerçeve, çoklu kullanıcılar arasında verimli ve gerçekte zamanlı bilgi paylaşımını kolaylaştıran sanallaştırılmış ara y¼z yaratır (Ojha ve ark., 2017).

Sosyal medya ilişki kurmanın, bilgiyi paylaşmanın ve gerçekte hayatta asla tanışamayacağınız insanların farklı dinleyicileriyle bağlantı kurmanın bir yoludur. Sosyal medya platformları topluluk geliştirmenize ve hikâyenizi şimdiye kadar mümkün olmayan bir şekilde paylaşmanıza izin vermektedir. Bazı çiftçiler hala modern tarım uygulamalarına ihtiyatlı yaklaşmaktadır. Ama sosyal medyanın tarımın gelişmesi için bir yol olduğunu kabul etmek gerekir (White ve Irlbeck, 2014). Nesnelere için sosyal medya kavramı ise günümüzün güncel konularından birisidir. Social IoT (SIOT), farklı nesnelere sosyal medya üzerinden birbirleriyle etkileşime girdiği ve ilişki kurduğu IoT'nin gelişmekte olan bir paradigmasıdır (Afzal ve ark., 2017). SIOT sayesinde nesnelere bir sosyal medya kullanıcısı gibi tarımsal alan içerisinde tüm bağlı cihazlarınızı kontrol etmenize ve izlemenize imkân sunar. SIOT bir metin veya bir tweet ile, bağımsız olarak size bu imkanı verir. Böylelikle nesnelere kendi sosyal ağlarında birbirleri bağlanabilecekleri platformlar oluşturur. SMS gibi ücretli hizmet alımlarına ihtiyacı kaldırmaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Nesnelerin interneti için web temelli platformlar bulunmaktadır. Bu platformlar alışveriş ve akıllı şehir uygulamalarında daha yaygın olmasına rağmen, hassas tarım uygulamalarında yaygın değildir. Ayrıca WoT için bir standardizasyon ve bir bütünlük sağlanabilmiş de değildir. Bu tez çalışmasıyla, kolay kullanılabilir, öğrenilebilir, ekonomik bir WoT mimarisi sunulmuş, tüm donanım ve yazılımlar bağımsız geliştirildiğinden dolayı WoT-TR olarak adlandırmıştır. WoT-TR mimarisi hassas tarım uygulamaları için Endüstri 4.0 kuramlarından bulut bilişim, otonom sistemler, yatay dikey entegrasyon, IoT ve simülasyon kuramlarını kullanmaktadır. WoT-TR mimarisi tarımsal sulamada test edildiğinden Sulama 4.0 olarak platformize edilmiştir. Sulama 4.0 sistemi adını verdiğimiz bu platform, sulama suyu yönetimi için geliştirilmiş web arayüzlü, bulut tabanlı bir platformdur.

3.1 Tarımsal Alan



Şekil 3.1. Tarımsal alanının uydu görüntüsü

Seçilen tarımsal alan Tokat-Turhal karayolu 35 km'sinde bulunan 3.688 metrekarelik, %25 lik bir eğime sahip yamaç bir arazide konumlanmış, vahşi sulama tekniği (salma

sulama) ile sulama yapılan bir alandır. Şekil 3.1’te seçilen tarımsal alanın uydu görüntüsü, Şekil 3.2’de dikey görüntüsü ve Şekil 3.3’de yatay görüntüsü verilmiştir.



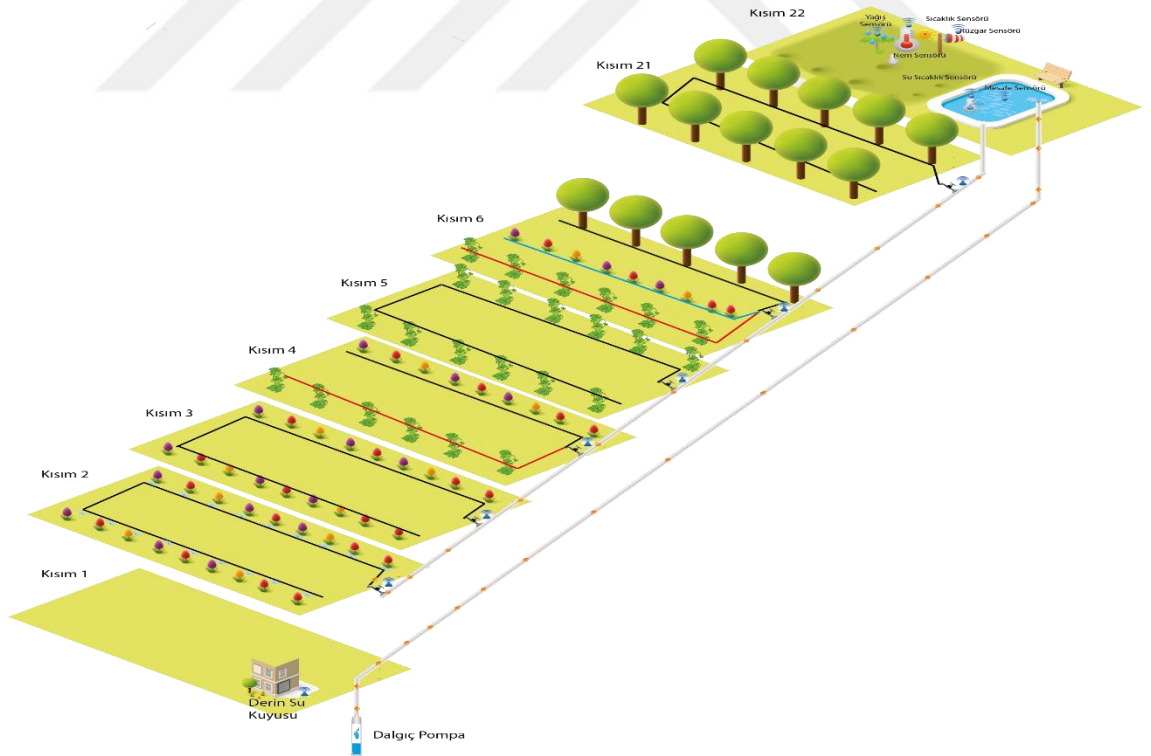
Şekil 3.2. Tarımsal alanın dikey görünümü

Tarımsal alan yamaca kurulu olduğu için 22 kısımdan oluşan, elma ve şeftali ağaçları, üzüm bağları, domates ve biber bitkileri bulunan bir tarım arazisidir. Seçilen bu tarımsal alanın en alttaki kısmına su ihtiyacını yeraltı su kaynağından sağlayacak 3kW 4Hp’lik su pompası, en üst kısmına ise (5x5x1.2) 40 ton kapasiteli su havuzu yaptırılmıştır. Daha sonra su pompasından 150 m mesafedeki havuza 63 mm’lik sulama borusu ile suyun akışı sağlanmıştır.



Şekil 3.3. Tarımsal alanın yatay görünümü

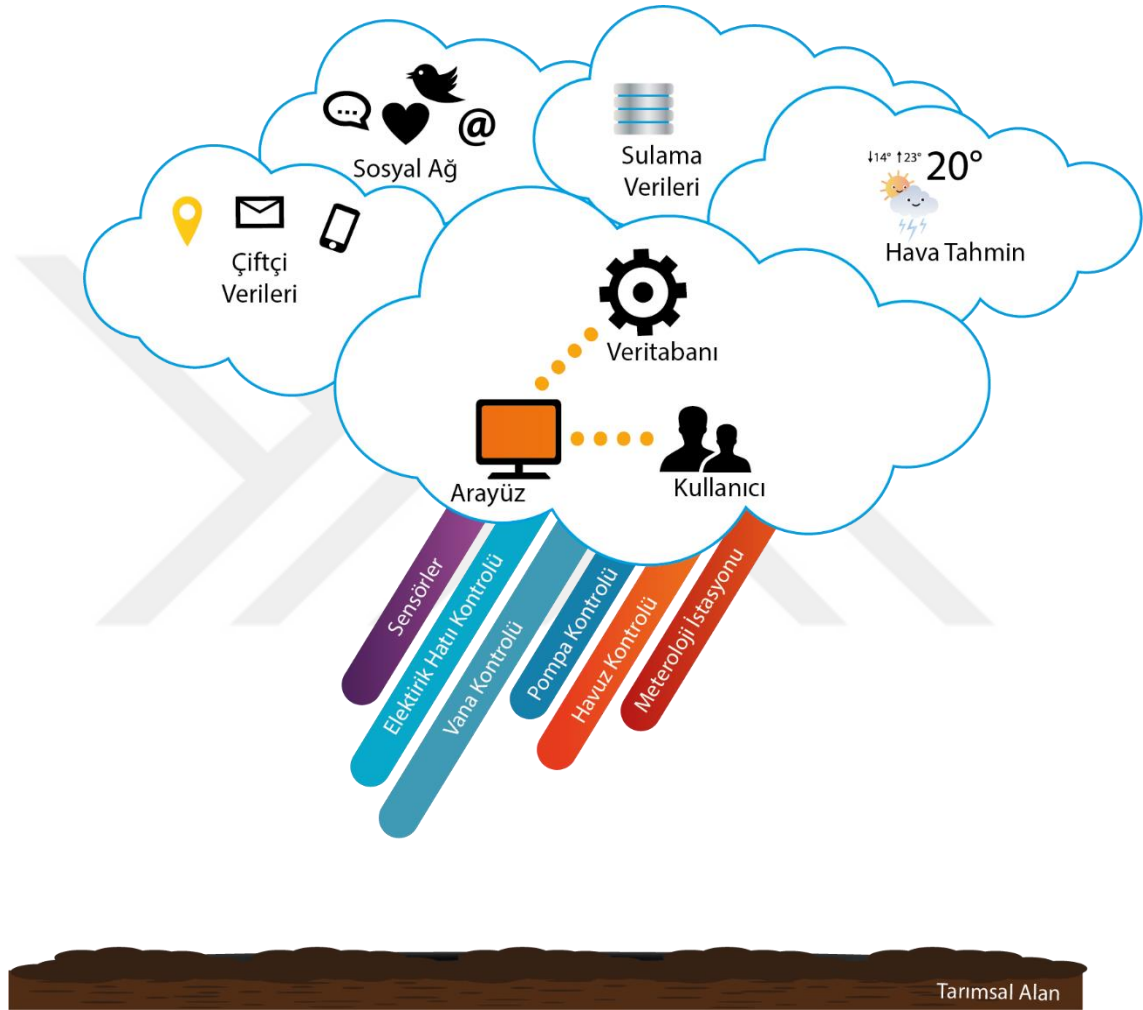
Havuza bağlanan 32’mmlik sulama borusu yardımıyla tarımsal alan içerisindeki 20 kısıma sulama hattının dağıtımı yapılmıştır. Bu alan Şekil 3.4.’de tasvir edilmiştir.



Şekil 3.4. Tarımsal alanın grafiksel tasviri

3.2 Sulama 4.0 Bileşenleri

Sulama 4.0 sistemi Şekil 3.5’da belirtilen bileşenlerden oluşmaktadır. Bu bileşenler sosyal ağ, çiftçi bilgileri veritabanı, hava tahmini sistemleri, sulama veritabanı ve WoT-TR mimarisi ve elektronik bileşenleridir. Bu bileşenler bu tez çalışmasında detaylı olarak açıklanmıştır.



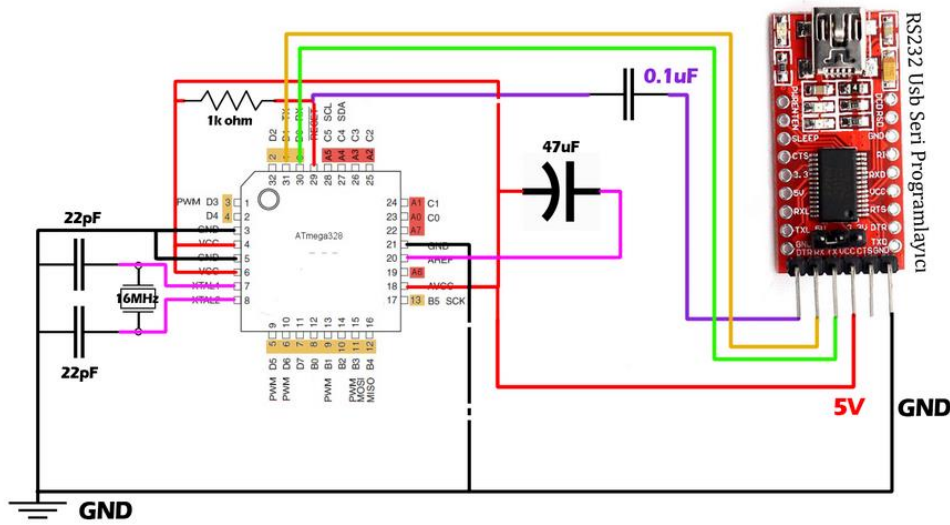
Şekil 3.5. Sulama 4.0 ait bileşenler

3.2.1 Elektronik bileşenleri

Geliştirilen tüm aktuatör ve sensör devrelerinde iki elektronik modül kullanılmıştır. Bunlar mikrokontrolör ve kablosuz iletişim modülüdür.

Mikrokontrolör modülü– ATMEGA328

Mikrokontrolör olarak Atmega328au kullanılmıştır. 14 adet dijital giriş/çıkış pini, 6 analog giriş/çıkış pini, 32 KB(Kilobyte) Flash hafıza, 0.5 KB bootloader için kullanılmakta, SRAM 2 KB, EEPROM 1 KB dır. 16 MHz kristal ile birlikte çalışmaktadır. Şekil 3.6’da verilen mikrokontrol devresine göre mikrokontrolör modülü dizayn edilmiştir.

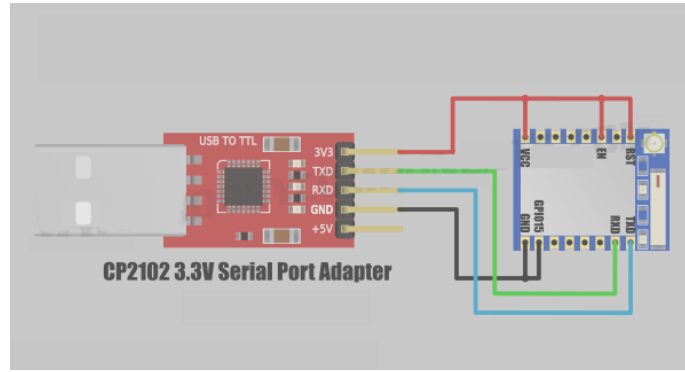


Şekil 3.6. Mikrodenetleyici devresi ve programlama bağlantısı

Uygulama geliştirmek, çeşitli sensör kullanabilmek, motor, röle kontrol edebilmek amacıyla açık kaynak kodlu Arduino Bootloader mikrodenetleyici üzerine yüklenmiştir. Mikrokontrolör yapısı ve yazılımı modül devresine eklenecek sensör veya aktuatör olma durumuna göre değişecektir.

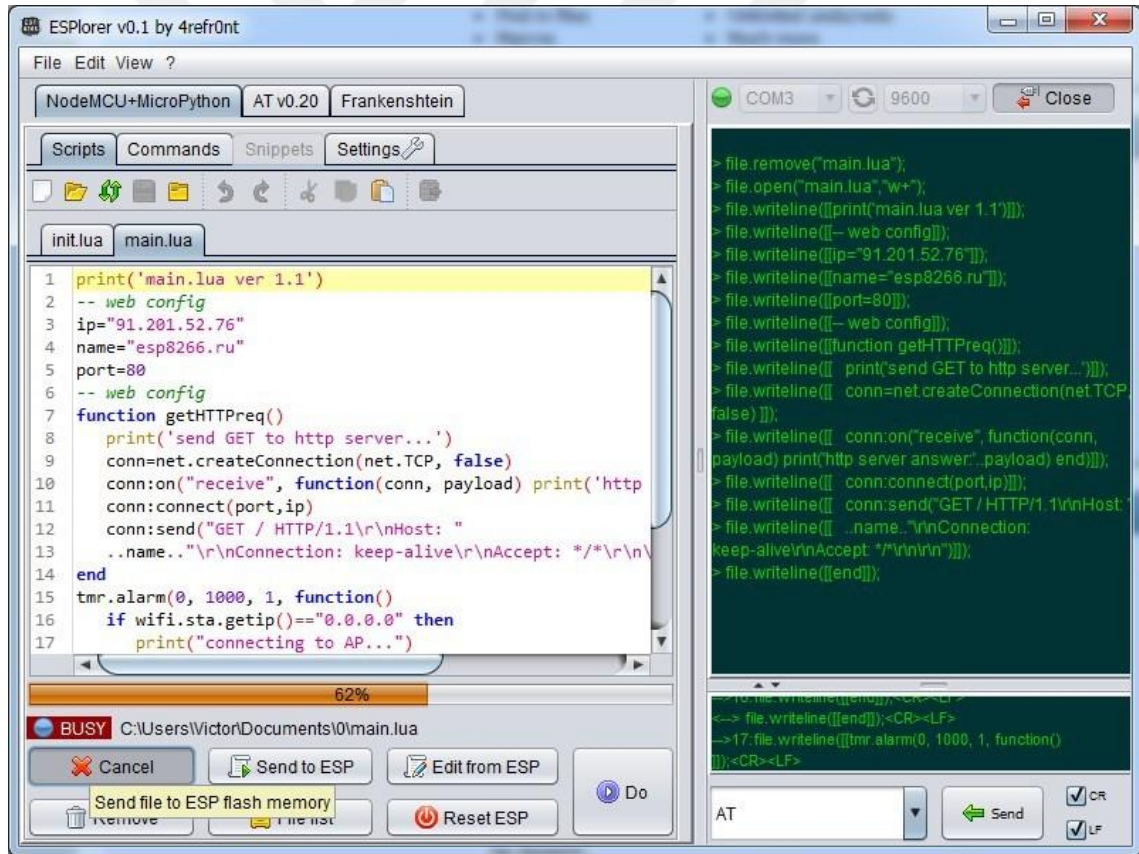
Kablosuz iletişim modülü – ESP8266

Kablosuz iletişim Modülü (Wireless Transceiver Module) olarak ESP8266 kullanılmıştır. Kısaca WTM olarak adlandırılacaktır. ESP8266 tabanlı açık kaynak donanımlı programlanabilir bir fiziksel platformdur. Bu platform nesnelerin interneti uygulamalarını düşük maliyet ile gerçekleştirebilmek için üretilmiştir ve Arduino platformuna benzeyen bir yapıya sahiptir. Giriş/Çıkış birimleri, PWM çıkışları ve seri arayüzünden haberleşme desteği sunmaktadır.



Şekil 3.7. WTM programlama bağlantısı

Haberleşme Wi-Fi(Kablosuz) bağlantısı ile sağlanmaktadır. WTM ile mikrokontrolör modül arasında, seri iletişim protokolü ile haberleşme ve programlama yapılmaktadır (Şekil 3.7). WTM programlanmasında “Lua” adı verilen bir programlama dili kullanılmıştır.



Şekil 3.8. WTM için ESPlorer programlama arayüzü

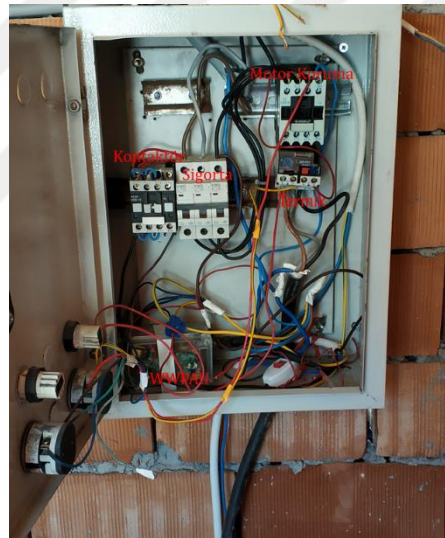
Yazılımlar Lua temelli programlama ile yapılarak ESPlorer programı yardımı ile derlenerek yüklenmiştir (Şekil 3.8).

Kablosuz aktuatör ünitesi (WAU)

Kablosuz Aktuatör Ünitesi (Wireless Actuator Unit) kısaca WAU olarak adlandırılacaktır. Mikrokontrolör modülü ve WTM kullanılarak oluşturulmuştur. Sulama 4.0 sisteminde 3 farklı WAU geliştirilmiştir. Bunlar; kablosuz derin kuyu su pompası ünitesi (WWPAU), kablosuz elektriksel hat kontrol ünitesi (WELAU) ve kablosuz selenoid vana kontrol ünite (WSVAU)'leridir.

Kablosuz derin kuyu dalgıç su pompası ünitesi (WWPAU)

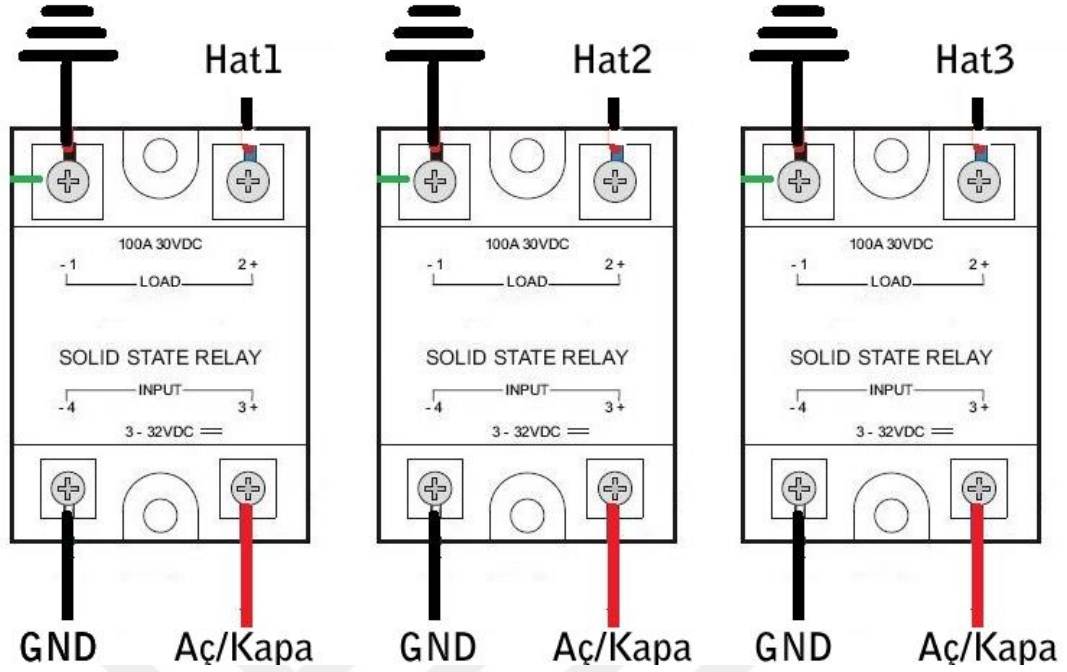
3 kW 4 HP derin su pompasının çalışmasını sağlayan elektrik panosunun kablosuz olarak kontrol edebilecek anahtarlama devresidir (Şekil 3.9). 3 fazlı kontaktör, motor koruma rölesi, termik röle, sigorta, anahtarlama rölesi ve WAU'dan oluşmaktadır.



Şekil 3.9. Kablosuz derin kuyu dalgıç su pompası ünitesi

Kablosuz elektriksel hat kontrol ünitesi (WELAU)

Tarımsal alan içerisinde bulunan selenoid vanaları, elektriksel cihazları veya elektrik hatlarındaki enerji akışını kontrol edebilmek için kullanılmıştır. Sistemin kullanılmadığı zamanlarda enerji tüketimini azaltmak ve oluşacak elektriksel problemleri önlemek amaçlanmıştır. Elektrik panosunun bulunduğu yere yerleştirilmiştir. Yüksek akımda çalışabilmesi ve çevresel şartlardan etkilenmemesi için katı hal röleler kullanılarak dizayn edilmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Solid state röle bağlantısı örneği

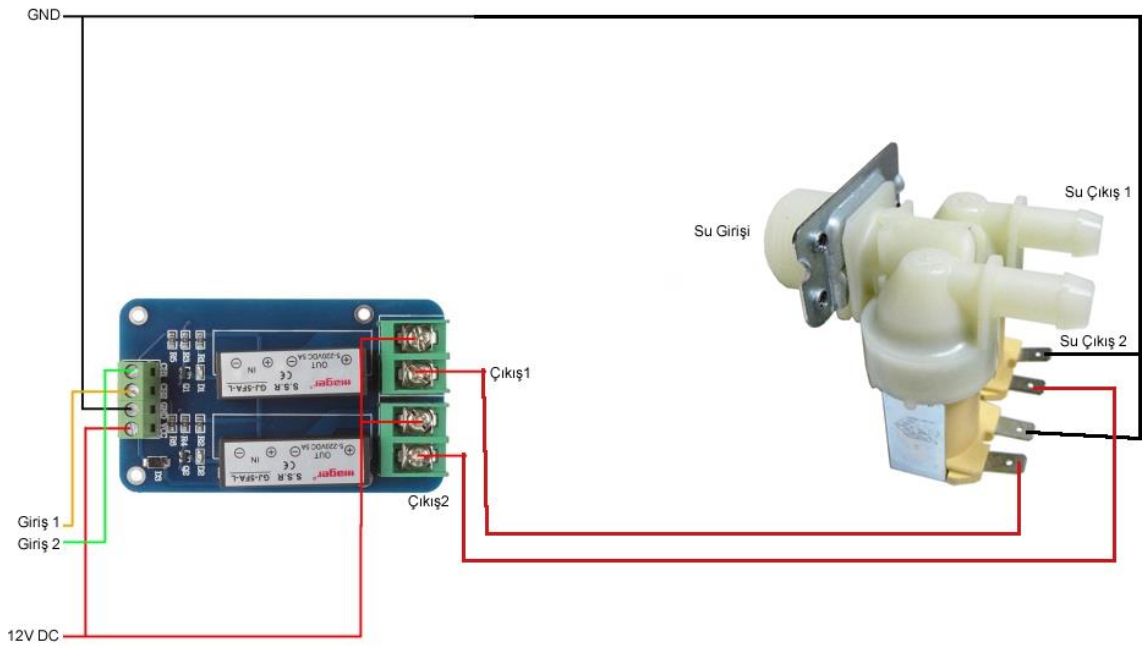
Kablosuz selenoid vana kontrol ünitesi (WSVAU)

Tarımsal alan içerisindeki yirmi kısmın su ihtiyacını karşılamak amacı ile kısım başlarına su hattı çekilmiştir. Su hattının ve kısım içerisindeki bitki çeşitliliğine göre su dağıtımını sağlamak amacı ile selenoid vanalar kullanılmıştır. Selenoid vanalar bir çıkışlı, iki çıkışlı ve üç çıkışlı olarak temin edilmiştir. Bir hatta yalnız bir tür ürün var ise tek çıkışlı, elma, sebze, üzüm gibi üç tür ürün var ise üç çıkışlı olması planlanmıştır. Şekil 3.11’te tarımsal alan içerisinde WSVAU uygulaması görülmektedir.



Şekil 3.11. WSVAU uygulaması

Selenoid vananın açma ve kapama işlemini uzaktan kumanda edilebilmesi için WSVAU devresi dizayn edilmiştir. WSVAU içerisinde WTM, mikrokontrolör ve mini solid state röleler bulunmaktadır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. WSVAU ünitesi devresi

Kablosuz sensör ünitesi (WSU)

Kablosuz Sensör Ünitesi WSU olarak adlandırılacaktır. WSU ortama ait sensör verilerini algılayabilen modüllerdir. Sulama 4.0 sisteminde, iki farklı WSU geliştirilmiştir. Bunlar; kablosuz havuz ünitesi (WPU) ve kablosuz hava istasyonu ünitesidir (WMU).

Kablosuz havuz ünitesi (WPU)

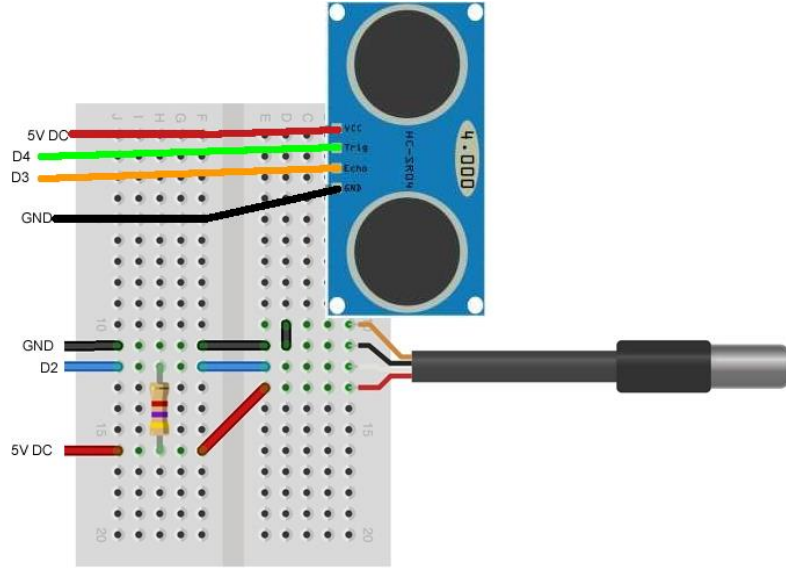
WPU; havuz içerisindeki su miktarını ve sulama suyu sıcaklığını ölçen ve kablosuz çalışan sensör ünitesidir. Ultrasonic mesafe sensörü ile havuz suyunun miktarı belirlenirken, su geçirmeyen sıcaklık sensörü ile havuz suyu sıcaklığı ölçümü yapılmaktadır (Şekil 3.13). Ultrasonic mesafe sensörü ve sıcaklık sensöründen oluşmaktadır(Şekil 3.14).



Şekil 3.13 Kablosuz havuz ünitesi tasarımı

WPU, havuz suyu sıcaklığını ölçebilmek için su geçirmez özellik kazandırılmış 2 metre kablo uzunluğuna sahip DS18B20 Sıcaklık Sensörü kullanılmıştır. Tek hat (One-Wire) veri aktarımı özelliğine sahiptir. -55 °C den + 125 °C'ye kadar olan sıcaklıkları 12-bit çözünürlükle ölçebilmektedir.

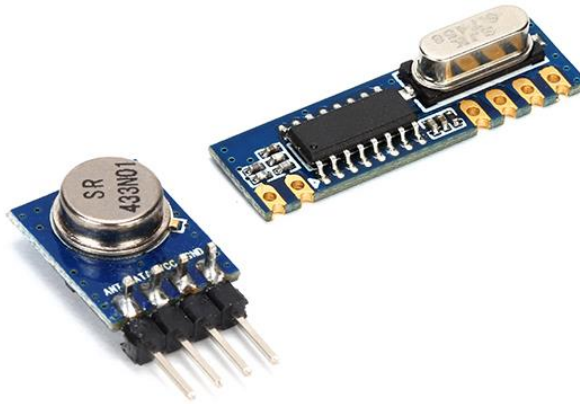
Ses dalgaları sınıflandırılmasında 20 KHz ile 1 GHz aralığındaki ses sinyallerine ultrasonik ses denilmektedir. Kullandığımız HC-SR04 sensörü 40 KHz frekansında ultrasonik ses üretmektedir. Ultrasonik ses sinyallerini insan kulağı algılayamaz. Sensör ultrasonik darbeyi iletir. Darbe su üzerinden yansır ve tekrar sensör tarafından alınır. Darbenin gidiş geliş zamanına göre havuz suyu mesafesi yazılımsal olarak belirlenir.



Şekil 3.14. Havuz ünitesi bileşenleri ve ünite bağlantısı

Kablosuz Hava İstasyonu Ünitesi (WMU).

Kablosuz hava istasyonu ünitesi (WMU); kablosuz rüzgar yön-hız sensörü, üç adet kablosuz sıcaklık-nem sensörü, kablosuz yağış sensöründen oluşmaktadır. OREGON WMR80 Meteoroloji istasyonu üzerine belirtilen sensörler monte edilmiştir. Meteoroloji istasyonunun herhangi bir internet bağlantısı bulunmamaktadır. Sensörler üzerinde ekran bulunan bir alıcı ile aralarında 433 MHz ile iletişim kurmaktadır. Kayıt veya analiz gibi herhangi bir işlemi bu alıcı yapamamaktadır. Bu nedenle öncelikle kablosuz olarak bu çalışan sensörlerin paketleri yakalanmış analiz edilmiş ve çözülmüştür. WMU oluşturabilmek için WTM, mikrokontrolör ve Dorji firmasına ait standart bir 433 MHz Radyo alıcı kullanılmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. 433 MHz alıcı ve verici

Kablosuz erişim noktası (WAP)

Kablosuz iletişime sahip elektronik komponentlerimizin bir ağa bağlanması ve internete erişebilmesi amacıyla WAP oluşturulmuştur. Kablosuz Router olarak 2.4 GHz’de yayın yapan 802.11 a/b/g/n/ac iletişim protokollerini destekleyen Mikrotik BaseBox 2 ürünü kullanılmıştır. Üzerinde 2 adet SMA anten girişi bulunmaktadır. Anten girişlerine yüksek verimli 2 adet 15 Dbi omni anten bağlanmıştır. Böylelikle alana kablosuz erişim sorunsuz biçimde aktarılmıştır. İnternet erişimini sağlayabilmek için Router’ın USB portu üzerinden Huawei 4G LTE E5573 modem bağlantısı yapılarak, 4.5G internet tarımsal alan içerisine aktarılmıştır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Kablosuz erişim noktası

3.2.2 WoT-TR mimarisi

Mimari; altı farklı katmandan oluşturulmuştur(Şekil 3.17). Bu katmanlar, aktuatör ve sensörlerin bulunduğu donanım katmanı, cihazların internete erişim sağladığı iletişim katmanı, veri gönderme/alma işlemlerinin yapıldığı transfer katmanı, sunucu katmanı, bulut veritabanı katmanı ve arayüz katmanıdır.



Şekil 3.17. WoT-TR mimarisi

Aktuatör / Sensör katmanı

Bu katman kendi içerisinde beş farklı yazılımdan oluşmaktadır. Mikrokontrolör için geliştirilmiş sensör ve aktuatör yazılımları, kablosuz iletişim modülü yazılımı, kablosuz bağlantı yazılımı ve meteoroloji istasyonu için geliştirilmiş yazılımlardır.

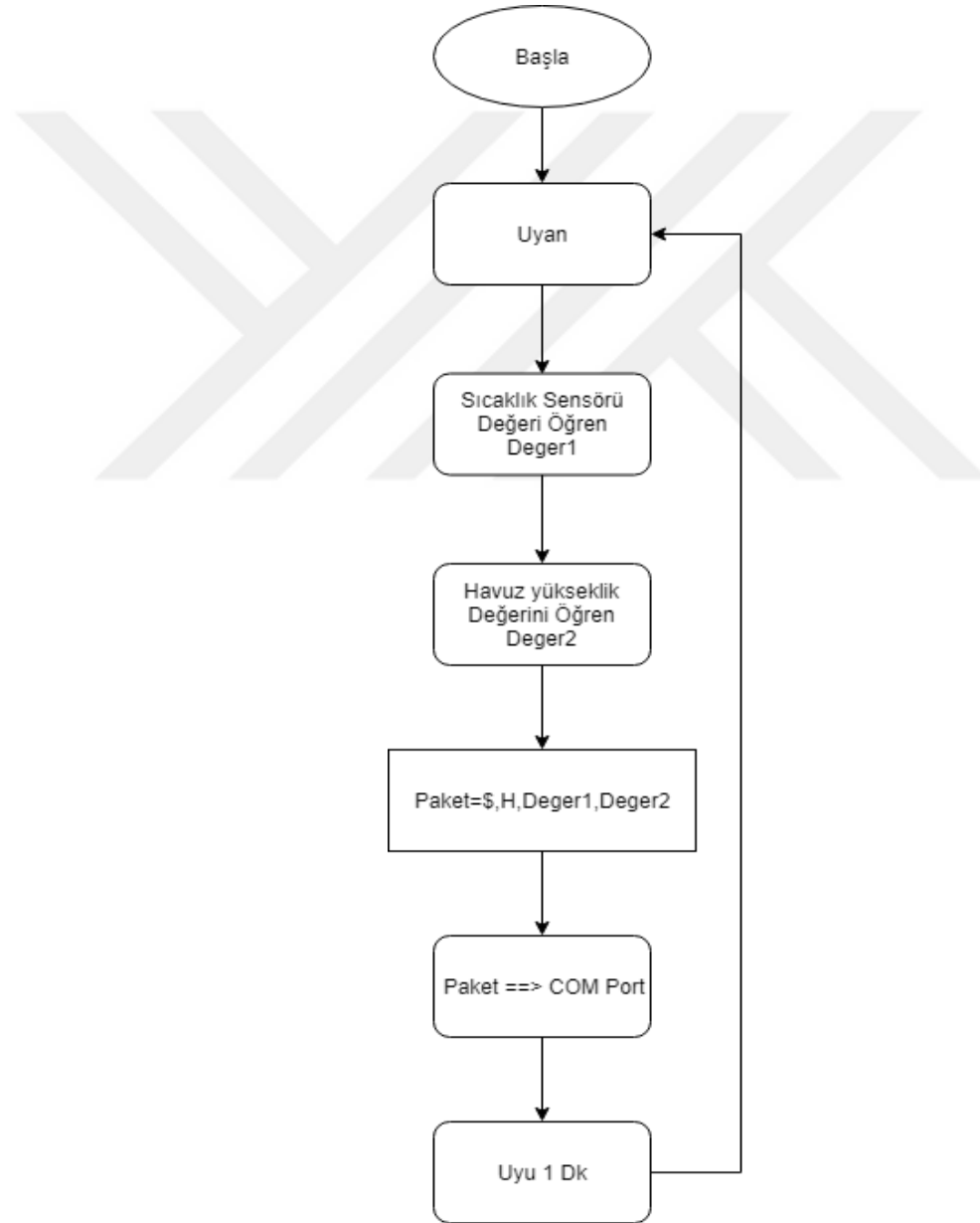
Mikrodenetleyici için sensör yazılımı

Mimaride sensör verileri skaler verilerdir. Tamsayı veya kayan nokta sayılar üzerinde işlem yapılır. İkinci değişken olarak ise verilerin üretim zamanları değişmektedir. Sensörler için genellikle veriler 5 saniye ile 1 saat aralığında üretilmekte veya erişilmektedir. Oluşturulan sensörler için herbirine özel iletişim yazılımı değilde tüm sensörlere bir yazılım ile işlem yapabilmek için özel bir bilgi paketi ayarlanmıştır.

İşlem	Cihaz Türü	Değer 1	Değer 2
\$,	H,	18,	33

Şekil 3.18. WTM gönderilen mesaj içeriği

Paket seri port'ta yazılacak Şekil 3.18'deki mesaj gibi olacaktır. Sensör verisinin gönderme olduğunun anlaşılması için \$ karakteri ile başlanılır. Hangi sensöre ait veri olduğunu belirtmek için cihaz belirten bir karakter kullanılır. Sensör değerleri sırası ile yazılır. Tüm bu bileşenleri ayırmak için aralarında virgül karakteri kullanılır.



Şekil 3.19. WPU mikrodenetleyici algoritması

Şekil 3.19.'de WPU mikrodenetleyici algoritması görülmektedir. Atmega328au mikrodentleyiciye Arduino arayüz yazılımı ile kod öbekçiği eklenmiştir. “Uyu” ve “uyan” komutları için Arduino LowPower kütüphanesi kullanılmıştır (Rocket Scream Electronics, 2019).

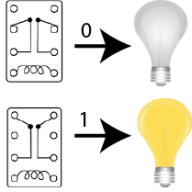
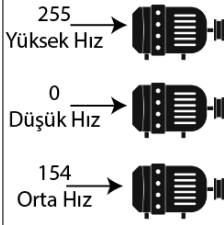

Tablo 3.1. Mikrokontrolör konfigrasyonuna göre enerji tüketim değerleri

Besleme Voltajı (V)	Kristal (MHz)	Uyanırken (mA)	Uyuyorken (uA)
5,00	16	13,92	6,2
5,00	8	9,03	6,2
3,30	16	6,48	4,3
3,30	8	3,87	4,3

Tablo 3.1’de 4 farklı mikrokontrolör konfigrasyonu için enerji tüketim değerleri verilmiştir. Bu çalışmada besleme voltajı 5V, kristal olarak 16 MHz olan dizayn seçilmiştir.

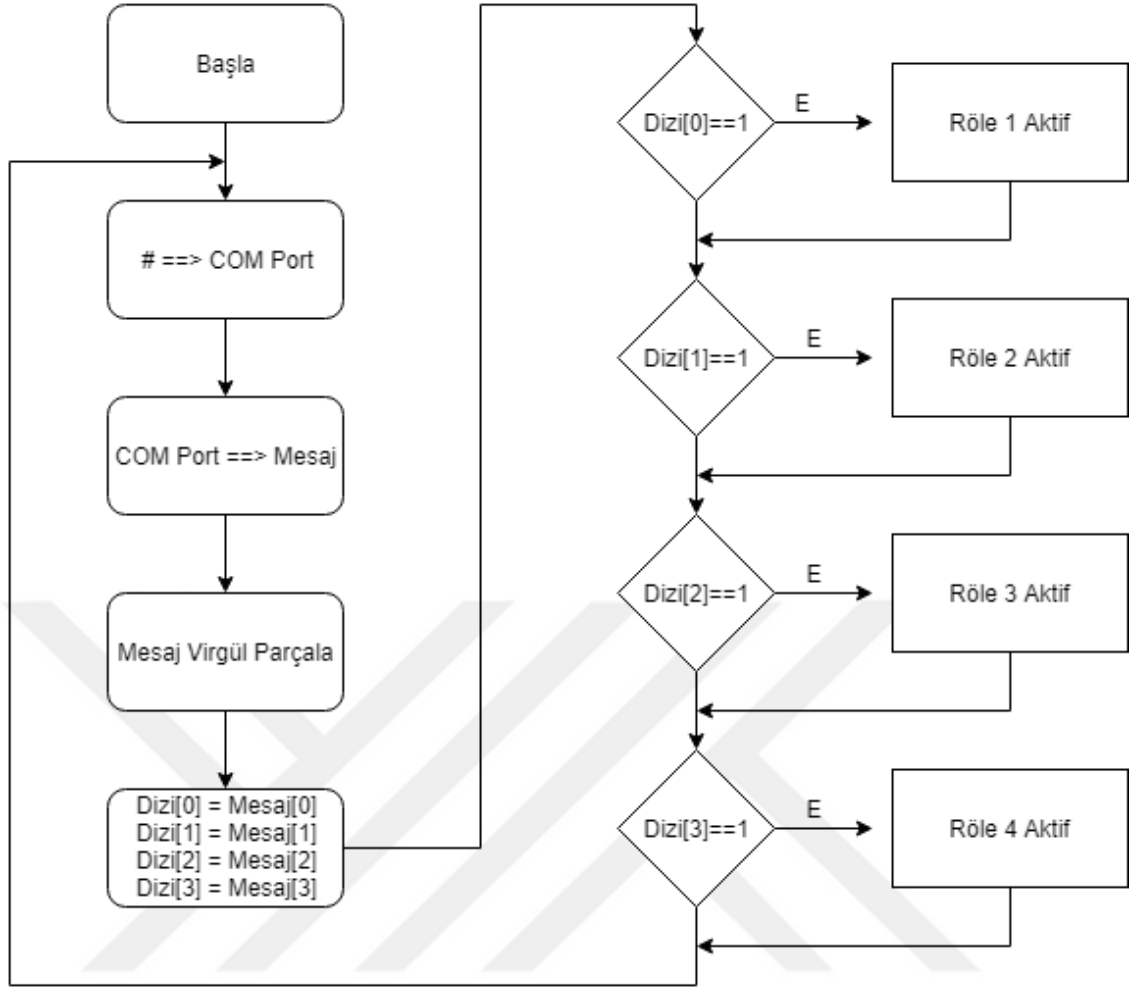
Mikrodenetleyici için aktuatör yazılımı

Mimaride aktuatör verileri bulut veritabanından tek boyutlu matris şeklinde okunmaktadır. Tamsayı karakter veya boolean işlem yapılır. Okuma zamanı tamamı ile mikrodenetleyicinin isteğine bağlıdır. Önce mikrodenetleyici aktuatöre ait verileri öğrenmek istediğinde, seri port yardımı ile kablosuz iletişim modülünden ister, daha sonra aynı port üzerinden cevap gelmesini bekler. Aktuatör mikrodenetleyici mimaride yalnızca # karakteri ile kablosuz iletişim modülüne mesaj gönderir. Şekil 3.20’de mesaj tiplerine göre örnek uygulama biçimleri gösterilmiştir.

Mesaj Tipi	
1,1,0,0	
255,0,154,154	
A,B,C,D	<p>Harici Ünite Mesajı</p> 

Şekil 3.20. Aktuatör yazılımı mesaj tipleri

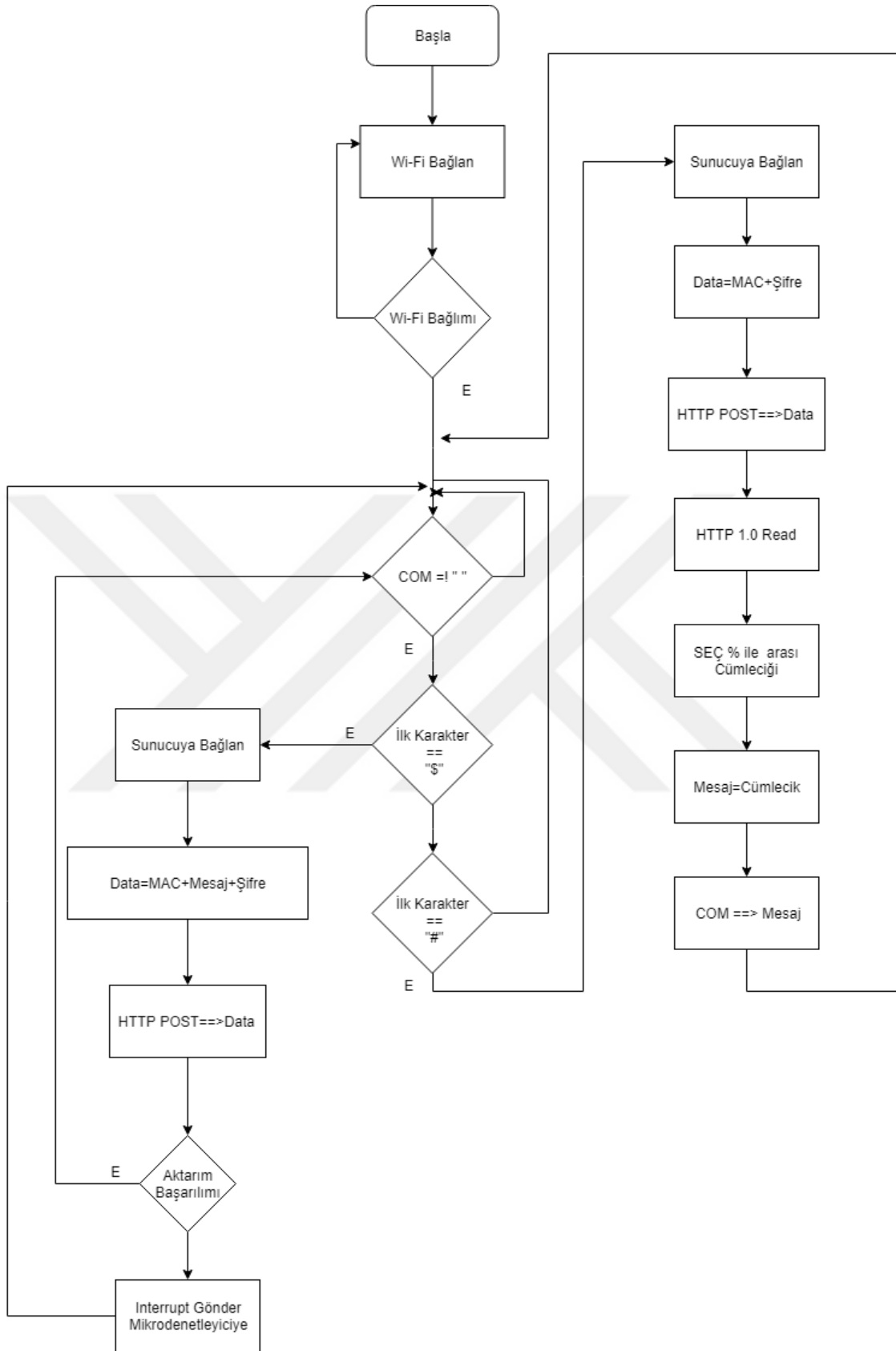
Örnek olarak 1 numaralı WSVAU ünitesinin kontrolü şu şekilde yapılmaktadır. Mikrokontrolör #1 bilgisini gönderir. Kablosuz iletişim modülü internete bağlanır. Veri tabanından 1 numaralı aktüatöre ait verileri okur. Mikrokontrolöre seri porttan “1,1,1,0” şeklinde mesaj olarak iletir. Mikrodenetleyici gelen mesajı virgülden ayrıştırma işlemine tabi tutar. Her bir değeri dizide bir değişkene atar. Daha sonra dizideki değerlere göre çıkışı lojik 1 veya lojik 0 a dönüştürerek valflerin kontrolünü sağlar (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. WAU nesnesi mikrokontrolöre ait algoritma

WSU/WAU kablosuz iletişim modülü yazılımı

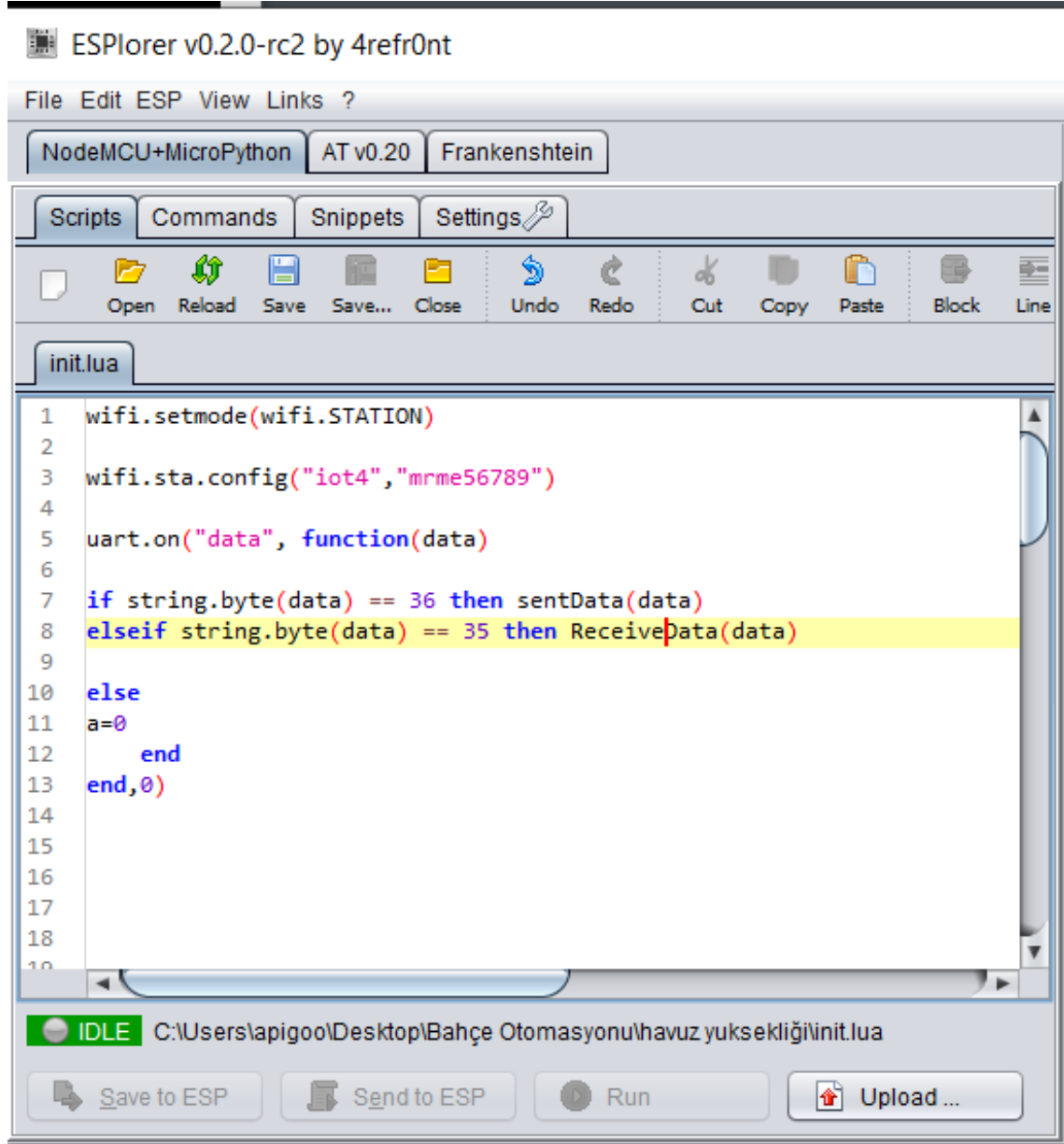
WSU ve WAU ünitelerinin internetle olan haberleşmelerini sağlayan yazılımdır. Oluşturulacak nesnelere internete taşımaktadır. ESP8266 kullanıldığı için benzersiz bir MAC adresi bulunmaktadır. Bu MAC adresi mimari üzerinde benzersiz anahtar ve cihaz tanıma işlemleri için kullanılacaktır. Şekil 3.22’de WSU ve WAU nesnelere için WTM’ye ait algoritma verilmiştir.



Şekil 3.22. WAU/WSU nesneleri için wtm'e ait algoritma

Kablosuz bağlantı yazılımı

Kablosuz iletişim modülüne programlama aşamasında geliştirilen yazılımda içerisine kaydedilen SSID ve şifre tanımlamaları kaydedilerek kullanılmaktadır.

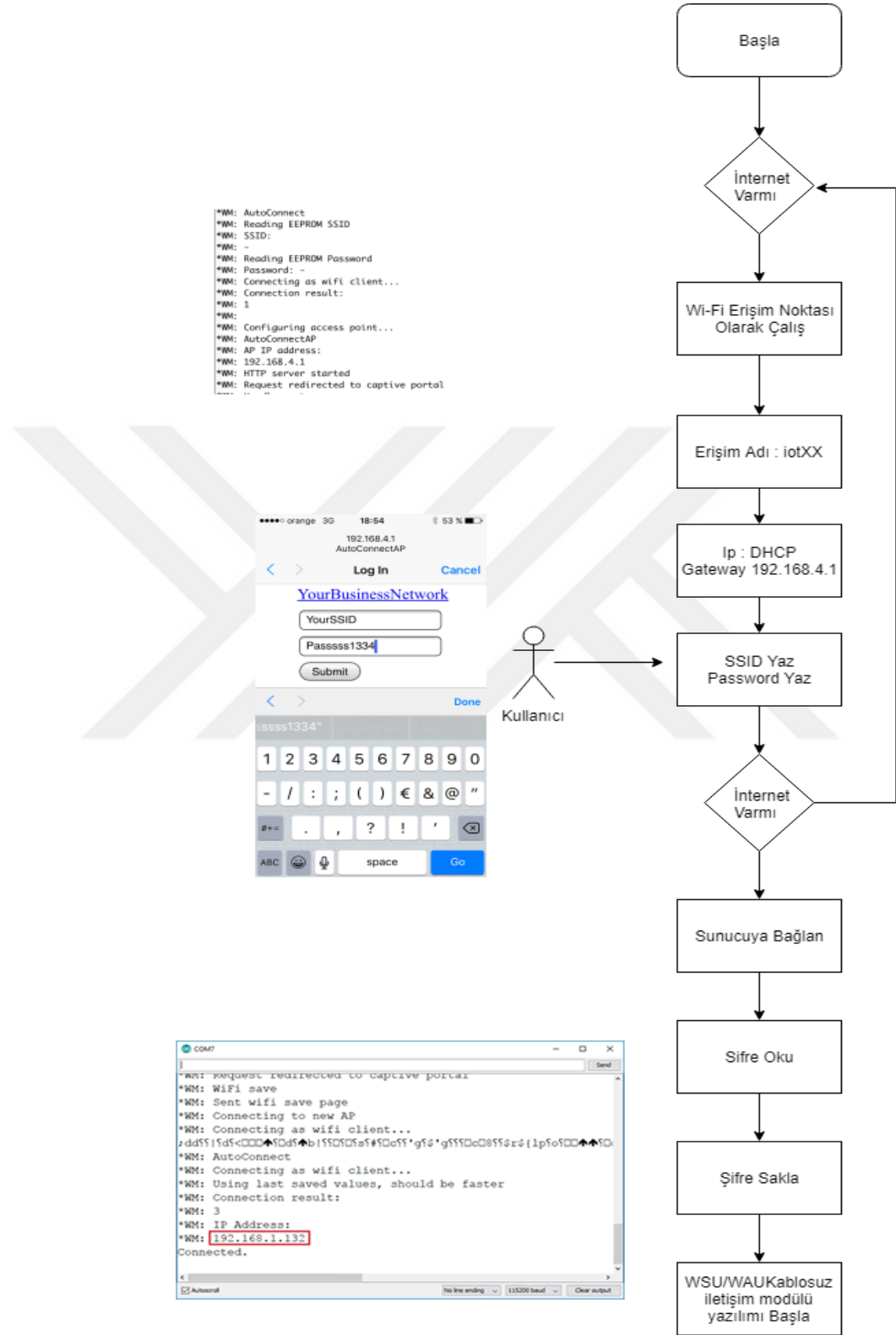


```
ESPlorer v0.2.0-rc2 by 4refr0nt
File Edit ESP View Links ?
NodeMCU+MicroPython AT v0.20 Frankenshtein
Scripts Commands Snippets Settings
Open Reload Save Save... Close Undo Redo Cut Copy Paste Block Line
init.lua
1 wifi.setmode(wifi.STATION)
2
3 wifi.sta.config("iot4","mrme56789")
4
5 uart.on("data", function(data)
6
7   if string.byte(data) == 36 then sendData(data)
8   elseif string.byte(data) == 35 then ReceiveData(data)
9
10  else
11    a=0
12    end
13  end,0)
14
15
16
17
18
19
20
IDLE C:\Users\lapigoo\Desktop\Bahçe Otomasyonu\havuz yuksekligi\init.lua
Save to ESP Send to ESP Run Upload ...
```

Şekil 3.23. WTM için aktuatör/sensör yazılım örneği

Şekil 3.23’de WAU/WSU nesnelere için WTM’e ait algoritmanın uygulanış biçimi görülmektedir. WTM ilk önce kablosuz erişim noktası olarak ayarlanır. İkinci olarak bağlanacağı Wi-Fi SSID ve şifresi kontrol edilerek bağlantı kurması sağlanır. Üçüncü adımda WSU/WAU ayrımı WTM yazılımında seri porta gelecek ilk byte kontrol edilerek yapılır. Fakat gelecekte herkesin programlama yeteneğine sahip olmaması,

programlayıcıların bulunmaması nedenleri ile nesnel oluşturulamayacaktır. Bu engelin aşılabilmesi amacı ile kablosuz bağlantı yazılımı geliştirilmiştir (Şekil 3.24).

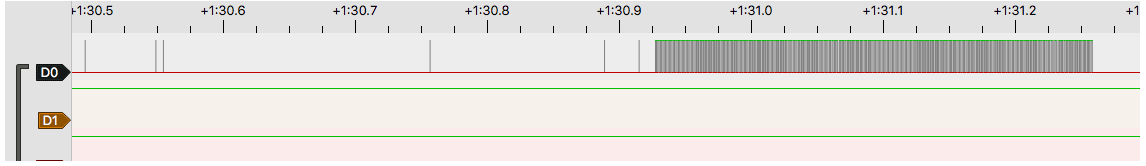


Şekil 3.24. Kablosuz bağlantı yazılımı

WMU yazılımı

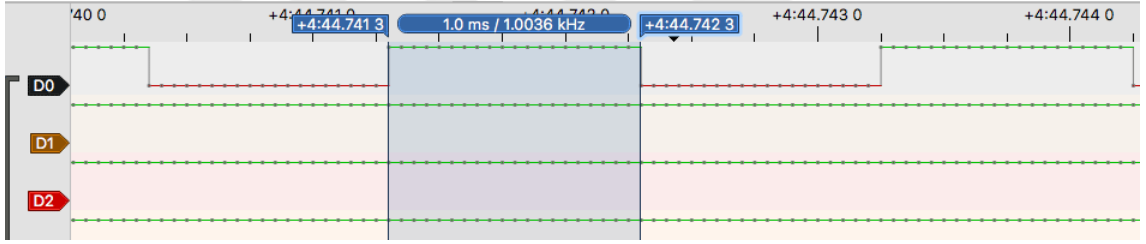
Meteoroloji ünitesi orjinalinde 433 MHz ile çalıştığı için geliştirdiğimiz yazılım 433 MHz de algılama yapacak paketleri anlamlandırarak ve Wi-Fi erişimi sağlayarak internete aktaracaktır. Bu nedenle sistem bir RF'den Wi-Fi'ye dönüştürücü görevi görecektir.

Bu amaçla önce meteoroloji istasyonuna ait sinyallerin yakalanması ve analiz edilmesi gerekmektedir. Öncelikle sinyal analizatör yardımı ile RF alıcıdan sinyallerin yakalanması sağlanmıştır. Bu amaçla PulseView programı kullanılmıştır.



Şekil 3.25. Meteoroloji istasyonuna ait yakalanan sinyal

Şekil 3.25'da görülen mesaj incelendiğinde Manchester kodlamalı bir sinyal olduğu belirlenmiştir. Ayrıca her bir sinyal belirli bir zaman aralıklarında gönderilmektedir.



Şekil 3.26. Sinyalin incelenmesi

Şekil 3.26'da görüldüğü gibi her 1 ms'deki örnekleme bize bir akışının anlamlandırılmasını sağlamaktadır. Daha sonra sinyaller yüksek veya düşük lojik sinyallerine göre sınıflandırılmış ve uzun-kısa olma durumları belirlenmiştir. Uzun darbeler 1 ms, kısa darbeler 0.5 ms civarındadır.

Program yardımıyla dönüştürülen veri sıcaklık sensörü için

“ACD39A718030C4670000” şeklinde gelmektedir. Paket bilgileri Tablo 3.2'deki gibidir.

Tablo 3.2. Meteoroloji istasyonu sensörlerinin paket içeriği

A	Her mesajı değiştiren Rolling Code, Alıcı ve verici arası senkronizasyonu sağlar.
CD3	Cihaz Kimliği
9-A-B	9- Kanal 1, A-Kanal 2, B-Kanal 3
A71	Batarya Durumu
803	Santigrad Cinsinden Sıcaklık 30.8 C
0	0 - Pozitif Sıcaklık, 1 Negatif Sıcaklık
C4	Sağlama Biti

Yakalanan veri virgüllü olarak seri ekranda yazdırılır. Kablosuz iletişim modülüne aktarılır. Böylelikle RF sinyalleri sensör verilerini internete yazmaktadır. Yukarıdaki tabloda sadece sıcaklık sensörüne ait paketler gösterilmiştir. Yağış sensörü ve rüzgar sensörlerine ait paketlerde benzer şekilde dönüştürülmüştür.

İletişim katmanı

İletişim katmanı iki farklı elektronik bileşenden oluşmaktadır. Birisi geniş alan ağna erişim sağlayan 4.5G modem, diğeri ise yerel alan ağna dağıtım yapabilen Mikrotik firmasına ait programlanabilir Wi-Fi Routerdir. Router Ipv4 ve Ipv6 temelli tüm networklerde kullanılabilir. Kullanım amaçları ihtiyaca göre değişse de genelde Firewall, DNS Server, VPN Server, Hotspot Gateway, AP gibi spesifik ağ görevlerini yerine getirmektedir. Böylelikle oluşturulacak nesnelere, gelişmiş network cihazlarının kullandığı tüm teknolojik yeniliklere sahip olunabilecektir.

Programlanabilir router sayesinde web nesnelерinin kazanacağı özellikler aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

Router olarak kullanılabilir: aynı ortamda bulunan, aynı türdeki farklı networklerin birbirleri ile haberleşmesi sağlanabilir. İhtiyaca göre interface bazında olabileceği gibi VLAN bazında da iletişimleri mümkündür. Böylelikle nesnelere için 4.5G, Edge, Fiber, Adsl, v.b. networklerle haberleşme sağlanabilecektir.

Firewall olarak kullanılabilir: İleri seviye güvenlik duvarına alternatif olarak temel işlemleri yapmak için yeterli olacaktır. Giren veya çıkan trafik üzerinde protokol ve port

bazında ağınızı kontrol edebilmektedir. Belirlediğiniz protokolleri veya portları tutabilir veya kabul edebilir. Protokol ve port bazlı saldırıları kural yazarak engelleyebilmektedir.

Hotspot Gateway olarak kullanılabilir: Kimlik doğrulmalı Wi-Fi paylaşımı yapmak mümkündür. Hotspot üzerine kendi web apinizi yükleyerek global internetten önce ağ üzerinden yalnızca nesnelere değerlerine göre erişimi sağlanabilmektedir.

Bant genişliği kontrolü yapabilmektedir : Ağınızdaki internet kullanımını sayısal değerlerle kısıtlayabilirsiniz. Örnek olarak 10 nesne için 10 Mbit değerindeki bant genişliğini her nesneye maksimum 1 Mbit düşecek şekilde ayarlayabilmektedir.

DHCP sunucu olarak kullanılabilir: Ağda nesnelere için DHCP kullanmak istenirse ortamda bulunan programlanabilir router üzerinde IP dağıtılmasını sağlayabilir. İhtiyaca göre atanan IP adreslerini sabitleyebilir yada IP adresini değiştirebilir.

VPN Server ya da VPN Client olarak kullanılabilir: Farklı lokasyonları olan nesnelere network trafiğini birleştirebilir. Lokasyonların networklerini birleştirip gerekli kuralları yazdığınızda tüm ağ aynı noktada gibi çalışabilir. Aradaki veri aktarımı ve veri iletişimi çok yüksek seviyede şifrenenerek dışardan ağa bağlantı engellenebilir.

Kablosuz erişim noktası olarak kullanılabilir : WLAN kablosuz erişim noktası olarak yapılandırılabilir. Normal kablosuz erişim noktalarından performanslı çözümler üretebilir. Çünkü içerisinde daha yüksek kapasiteli işlemci ve bellek bulunmaktadır. Birçok nesneye düzgün ve kesintisiz erişim sağlar.

Kablosuz tekrarlayıcı olarak kullanılabilir : Mevcut kablosuz ağınızın alanını genişleterek kablosuz tekrarlayıcı olarak ayarlanabilir ve sinyali güçlendirebilir.

Kablosuz iletişimi kablolu iletişime dönüştürür: Ortamda bulunan Wi-Fi yayını alıp kablolu iletişime dönüştürebilir.

Kablosuz Mesh yapı kullanabilir : Birden fazla programlanabilir router ile Mesh topolojisini uygulayabilir. Bu sayede kablosuz networkü genişletebilir ve sürekliliği sağlayabilir.

SMB sunucusu olarak kullanabilirsiniz : Cihaz üzerindeki klasörleri paylaşıma açabilir ve kullanıcılara yetki vererek ağda kullanmalarını sağlayabilir. USB ve SD kart girişi olan

modellerde depolama birimi takip networke paylaşım açabilir istediğiniz kullanıcılara yetki verebilir.

Loglama cihazı (Traffic Monitor) olarak kullanabilir : İnternet trafik logu, DHCP logu gibi logları yazacağımız kurallar ile izleyebilir, log server üzerine yönlendirebilir yada kendi üzerindeki depolama biriminde saklayabilir.

Transfer Katmanı

Transfer katmanı nesnelere ile bulut sunucu arasında yazma ve okuma işlemlerini tanımlamaktadır. Bu işlemler http istekleri ile yapılmaktadır. RESTful mimarisi olarak adlandırılmaktadır. Okuma ve yazma işlemleri için aşağıdaki gibi URL formatları oluşturulmuştur. Okuma formatı aktuatörler tarafından kullanılırken, yazma işlemleri sensörler tarafından kullanılmaktadır.

Okuma için nesne aşağıda belirtilen URL'ye erişim sağlar. IP; sunucunun adresidir, wkey; her bir aktuatör için atanan erişim şifresidir. Identificationid ise durumu öğrenilmek istenilen aktuatör nesnesinde bulunan wireless transceiverin MAC adresidir. Burada web sunucu sorgulamaları yapar.

http: // [IP] /aktuator.php?wkey = password & identificationid = val1

Böylece istenilen nesnenin durumuna ait bilgiler aktuator.php sayfasında gösterilmektedir. Bu sayfa açıldığında içerik olarak yalnızca ekrana "%1,0,1,1_" bilgisinin yazdığı bir sayfa çıkmaktadır. Burada alanlar "başlangıç karakteri, status 1, status 2, status 3, status 4, bitiş karakteri" ne karşılık gelmektedir. WTU tarafından öncelikle % ve _ işaretleri arasındaki bilgi örneği kesilir ve mikrodenetleyiciye bu bilgi aktarılır. Mikrodenetleyici seri port üzerinden gelen "1,0,1,1" bilgisini virgüllerine göre ayırır. Değerleri değişkenlere atar. Örneğin bu nesnenin WELAU olduğunu düşünecek olursak, status1 e karşılık gelen pompaya giden enerji kısmında "1" yazdığı için röleyi açık duruma geçirecek; buna karşılık status 2 alanında yazan "0" değeri için ise selenoid valflere giden elektrik hattına röle vasıtası ile kapalı yaparak enerji aktarımını sağlayacaktır. Kullanılmayan değerler için atamalarda ise, donanımda karşılığı yoksa herhangi bir işlem yapılmamaktadır. Şu anda aktuatörler, bilgiyi GET veya POST yöntemiyle iletebilen tek bir URL'de en fazla 4 status alanına izin verecek şekilde yapılandırılmıştır.

Yazma için sensörler, aşağıdaki biçimde bir URL oluşturarak iletileri HTTP isteği olarak iletir. IP; sunucunun adresidir, wkey; her bir sensor için atanan erişim şifresidir.

http: // [IP] /sensor.php?wkey = password & id = val0 & field1 = val1 & field2 = val2

Identificationid ise durumu öğrenilmek istenilen sensor nesnesinde bulunan wireless transceiverin MAC adresidir. Sensörlere ait ölçüm değerlerinin scalar olarak yazılmış değerleri field1,field2 alanlarıdır. Fakat virgüllü değerlerde sıkıntı oluşturduğundan, ilk önce değerler virgülden sonraki basamaklardan kurtarılır. Tam sayı halinde sunucuya gönderilir. Sunucu tekrar virgüllü sayıya dönüştürür. Böylelikle web sunucu veri kayıtlarını yapar.

Bu bilgilerin POST veya GET yöntemleri ile iletilmesiyle, sunucu tarafında bir return değeri oluşturulur ve kaydın başarı ile yapıldığı sensöre iletilir. Kayıt yapılırken sunucuya ait tarih ve zaman damgaları öğrenilerek kayıt edilecek veri öbeğine eklenilir. Şu anda platform, bilgiyi GET veya POST yöntemiyle iletebilen tek bir URL'de en fazla 4 ölçüm alanına izin verecek şekilde yapılandırılmıştır.

Sunucu katmanı

Bu tez çalışmasında fiziksel sunucu yerine sanallaştırılmış bir sunucu kiralanarak maliyet, etkinlik, çalışabilirlik, güncelleme, bakım v.b. etkenlerden kazanç elde edilmiştir. Çoğu web sitesi ve web siteleri için gerçekleştirilen teknoloji Web mimarisi ile doğal olarak tam uyumlu olarak çalışmaktadır. Ekstradan yeni teknolojiler gerçekleştirmeye ihtiyaç kalınmamaktadır.

İnternet dünyasında en çok tercih edilen web sunucuları Linux tabanlı sunuculardır. Bunun nedeni Linux işletim sistemlerinin hem diğer sistemlere göre daha güvenli ve sürdürülebilir olması hem de kullanıcılarına sunduğu esnek özelleştirilebilir seçenekleridir. Linux Server işletim sistemi olarak en çok tercih edilen işletim sistemleri; CentOS, Ubuntu Server, Gentoo, Debian ve Slackware'dir.

Linux'un internet sunucularında büyük oranda kabul görmesinin bir diğer nedeni de Linux işletim sistemlerinin çalışmak için herhangi bir grafik kullanıcı arayüzüne (GUI) gereksinim duymamasıdır. Uzaktan yönetim şekliyle de yalnızca komut satırı kullanarak Linux tabanına sahip bir işletim sistemi kolayca kullanılabilir. Bu tez çalışmasında sunucu

için 4 vCpu Intel Xeon E5 2.6GHz/3.3GHz, 120 GB SSD, 8 GB ECC RAM ve sınırsız bantgenişliğine sahip bir sanal sunucu kiralanmıştır. Üzerine Ubuntu 16.04 LTS kurulumu yapılmıştır. Statik IP adresi hizmetide satın alınarak sunucuya erişim sağlanmıştır.

Bulut katmanı

Bulut katmanı Linux sunucu üzerine kurulan yazılımsal modüllerden oluşmaktadır. Bu tez çalışmasında apache web sunucusu, mysql veritabanı ve php dinamik web programlama dili kullanılarak bulut katmanı oluşturulmuştur.

Apache web sunucusu

Apache, dünyadaki web sitelerinin %46'sına gücünü veren açık kaynak kodlu, ücretsiz bir web sunucusu yazılımıdır. Resmi ismi Apache HTTP Server'dır ve Apache Software Foundation tarafından geliştirilmiştir. Apache'ye web sunucusu desek de, fiziksel bir sunucu değildir sadece sunucuda çalışan bir yazılımdır. Görevi ise sunucu ile web sitesi kullanıcıları (Firefox, Chrome, Safari, vs) arasında bir köprü oluşturarak dosyaları ileri geri taşır. Apache çarpraz platform bir yazılımdır. Apache oldukça özelleştirilebilir bir yapıya sahiptir çünkü modül tabanlı bir yapısı vardır. Bu modüller sunucu yöneticilerine bazı farklı işlevleri kapatıp açma şansı tanır. Apache'nin güvenlik, önbellek, URL yazma, şifre yetkilendirme gibi modülleri bulunur.

MYSQL veritabanı

Bugün web geliştiricileri tarafından kullanılan en popüler veritabanı sistemi MySQL'dir. MYSQL açık kaynak kodludur. Hem depolama ve hem de erişim sistemine sahiptir. Sistem sorgularını hızlandırmak ve giriş sınırlamak için izin anahtar endekslerin birlikte birincil anahtarları desteklemektedir.

PHP programlama dili

PHP Web Tabanlı, nesne yönelimli bir programlama dilidir. Eskiden Personal Home Page (PHP) yani 'Kişisel Anasayfa' iken şimdilerde PHP: Hypertext Preprocessor olarak kullanıma devam edilmektedir. PHP, dinamik, kendi kendine yönetilebilir web siteleri yapılmasını sağlar.

PHP'nin en güçlü ve en çok üstünde durulan özelliklerinden biri, sahip olduğu geniş ve gelişmiş veritabanı desteğidir. Veritabanlarına özgü eklentilerden birini (örn. mysql) kullanarak veya PDO gibi bir soyutlama katmanı kullanarak PHP ile veritabanı bağlantılı site sayfaları oluşturabiliriz. Ufak yönetilebilir web siteleri için ise en sağlıklı 'MYSQL' veritabanıdır. Bir kaç php komutu ve fonksiyonları ile hızlı bağlantı sağlanabilir. Database kurgusu ve yapısı doğru hazırlandığı sürece gayet hızlı, verimli sonuçlar verir. MySQL'de genel olarak yaptığımız işlemler bir tabloya veri eklemek, bu verileri çekmek, güncellemek ve silmektir.

Arayüz katmanı

Arayüz katmanı, nesnelerin anlamlandırılmasında, kontrol edilmesinde, izlenmesinde, simule edilmesinde ve verilerin analiz edilmesinde yazılımsal olarak oluşturulmuş arayüzdür. Bu arayüzü oluşturmak amacı ile bazı kütüphaneler eklenmiştir. Bunlar HTML dosyalar, CSS Stil dosyaları, JS Kütüphaneleri ve Bootstrap 4 Frameworküdür.

HTML dosyalar : HTML "Hyper Text Markup Language" kelimelerinin kısaltılmasından oluşur. Türkçe anlamı Zengin metin işaretleme dilidir. Web sitesi oluşturmak için kullanılan bir betik dilidir. Uzantısı .html veya .htm şeklinde tanımlanır. HTML dili tag (etiket) yapısından oluşur. Genel olarak <etiket></etiket> şeklinde tanımlanmış alanlar arasında işlemler yapılır. HTML bir programlama dili olmadığı için derlenme gibi bir gereksinimi yoktur. Standart bir metin belgesinin uzantısını .html yapıp kaydetmemiz halinde dosyamızı direk tarayıcı üzerinde görüntüleyebilir ve değişiklikler yapabilir.

CSS Stil dosyaları: CSS, "Cascading Style Sheets" kelimelerinin kısaltılmasından oluşur ve Türkçe anlamı "Basamaklı Stil Şablonları" ya da "Basamaklı Biçim Sayfaları" şeklindedir. CSS en temel haliyle HTML etiketlerimizin görsel açıdan biçimlendirilmesini (Renk, yazı şekli, arka plan rengi, genişlik, yükseklik, pozisyon durumu vs) sağlar. CSS'i HTML ile oluşturduğumuz iskelet yapılarını görsel açıdan daha iyi hale getirmek için kullanılmaktadır.

JS Kütüphaneleri: Javascript'in kısaltması JS'dir. JS sayesinde oluşturulan websitelerine güçlü işlevler kazandırabilir veya tasarımlar geliştirebilir. JavaScript web sayfalarını interaktif hâle getirebilmek için geliştirilmiş bir betik dildir. Sunucu tabanlı değildir; kullanıcı tabanlıdır. Bu yüzden hosting hizmeti veren serverlar üzerinde çalışmaz. Bu tez

çalışması içerisinde JQuery (animasyonlar, slider efektleri ve gizleme), PNotify (Bildirim), D3.js (Büyük data Grafikleri), HighChart (Canlı, Belirli Zaman aralıklı grafikler), DataTable Js (Tablolar), jsPDF (PDF işlemleri) gibi JS kütüphaneleri kullanılmıştır.

Bootstrap Kütüphanesi : Telefonlar, tabletler ve masaüstü bilgisayarlar için farklı ve cihaz büyüklüğüne uygun şekilde sitenizin gözükmesini sağlar. Temalar/tasarımlar yapabilir. Form öğeleri, etiketler, tablolar, uyarı ve bilgi metinleri, navigasyon bar, sayfalandırma modülü, açılan menüler, farklı özellikte butonlar gibi bir çok tasarım öğesini içinde barındırır.

Tez çalışmasında yukardaki diller, kütüphaneler ve frameworkler harmanlanarak web tabanlı bir sistem oluşturulmuştur. Sistemin veritabanı ve sunucu ile ilgili işlemleri için PHP programlama dilinden faydalanılmıştır. Arayüz yazılımına herhangi bir standart web tarayıcısı kullanılarak erişilebilir. Dinamik içeriğe sahip bir web portalı gibi davranır. Arayüzde veri tabanındaki değerlere göre gösterim yapabilen grafikler dinamik olarak oluşturulmaktadır.

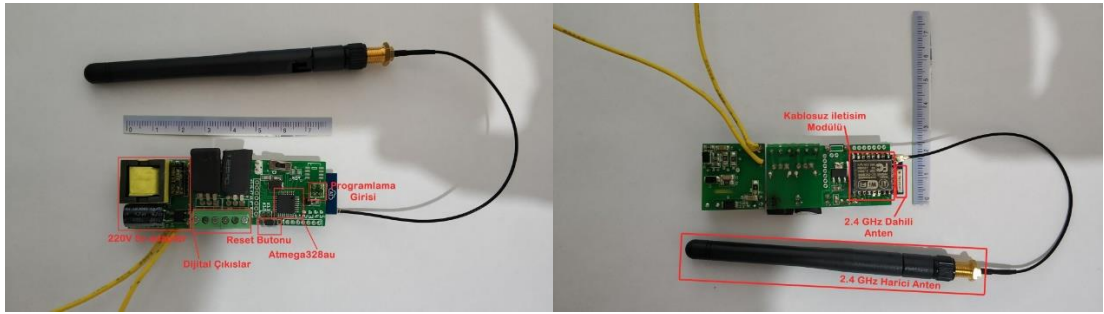
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölüm, daha önceki bölümlerde açıklanan mimarinin temel prensiplerine göre pratikte test edilmesini ele almaktadır. Test aşamaları elektronik devreler, yazılımsal ve verilerle ilgili sonuçlardan meydana gelmektedir. Bu kısımda her aşama tek tek incelenecektir.

4.1 Elektronik Devreler

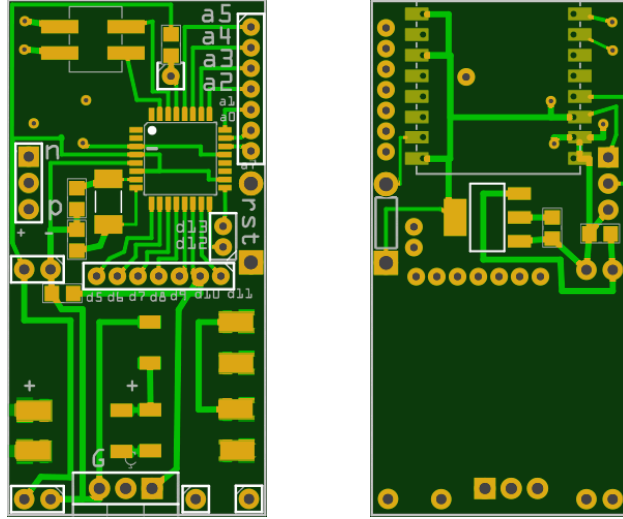
4.1.1 Aktuatör / Sensör nesnesi

Aktuatör / Sensör nesnesi olarak oluşturulan cihaz gelecekte bir çok farklı web nesnesine uygulanabileceği düşünülerek geliştirilmiştir. Devre üzerinde kablosuz iletişim modülü, programlama yapabileceği girişler, 220 Volt AC gerilimi 5V DC gerilime dönüştürebilen adaptör, dijital çıkışlar alabileceğimiz klemens uçları, analog/dijital giriş/çıkış yapabileceğimiz bağlantı noktaları, kablosuz iletişim modülünün tekrar sıfırlanarak kurulum yapmasını sağlayacak resetleme butonu, kısa mesafelerde kablosuz iletişim için dahili anten ve uzak mesafeler için harici anten bağlantısı bulunmaktadır. Gerçekleştirilen devre ile iletişim mesafesi yaklaşık 500 mt, sinyal gücü ise 80 dBm civarındadır.



Şekil 4.1. Aktuatör / Sensör nesnesi için oluşturulan devre

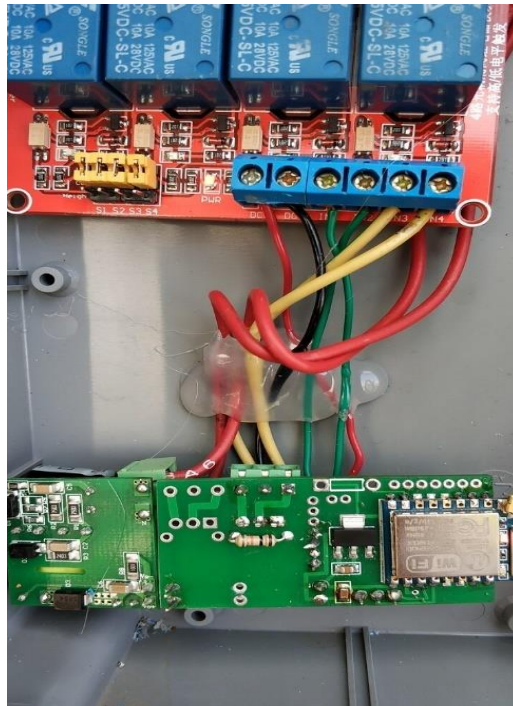
Şekil 4.1’de gerçek görselleri ile gösterildiği gibi elektronik devre boyutları 8.2 cm boy ile 2.5 cm genişliğe sahiptir.



Şekil 4.2. Aktuatör / Sensör devresi pcb şematığı

Devrenin önden ve arkadan PCB görüntüleri Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Elektronik olarak Fritzing programı yardımı ile çizilen devre elektronik kart üreticisi firma tarafından üretilmiştir. Aynı devre WMU ve WPU gibi nesnelerin üretilmesinde de temel devre olarak kullanılmaktadır.

Temel devreye opsiyonel olarak aktuatör üretmek için röle devresi modülü veya sensör ihtiyaç olduğunda sensör modülleri eklenebilir. Şekil 4.3’de aktuatör olarak kullanılan röle modüllü ünite görülmektedir.



Şekil 4.3. WAU ünitesi uygulaması

4.1.2 WMU nesnesi

Tez çalışmasında kullanılan meteoroloji istasyonu Oregon Scientific WMR80 Profesyonel Hava Tahmin İstasyonu hazır olarak alınmıştır. Şekil 4.4'te görüldüğü gibi içerisinde 4 farklı ünite bulunmaktadır.



Şekil 4.4. Meteoroloji istasyonu

Aktuatör/Sensör nesnesine 433 MHz alıcı eklenilerek WMU nesnemiz oluşturulmuştur. Şekil 4.5'de gerçek görselleri ile gösterildiği gibi elektronik devre boyutları 8.3 cm boy ile 2.7 cm genişliğe sahiptir.



Şekil 4.5. WMU ünitesi

Hava durumuna ait verilerin alınması için istasyon çevresi açık bir alanda yaklaşık yerden 2 mt yükseklikteki bir direğe yerleştirilmiştir (Şekil 4.6). Ayrıca 2 adet daha sıcaklık ve nem sensörü sisteme dahil edilerek ağaç içerisinde yaprakların arasında ve toprak üzerindeki sıcaklık farklılıkları farklı noktalardan ölçülmüştür.



Şekil 4.6. WMU ünitesinin yerleştirilmesi

4.1.3 WPU nesnesi

Kablosuz havuz nesnesi havuz içerisindeki suyun miktarını ve su sıcaklığını ölçmektedir. Ultrasonik sensör devre üzerine; sıcaklık sensörü ise kablo ile dijital 2 nolu pine bağlanmıştır. Devrenin çevresel şartlardan etkilenmemesi için boyutları 8.2 cm x 2.5 cm x 5 cm olan bir kutu içerisine yerleştirilmiştir. Yalnızca ultrasonik mesafe sensörü kutudan dışarı çıkarılmıştır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. WPU nesnesi

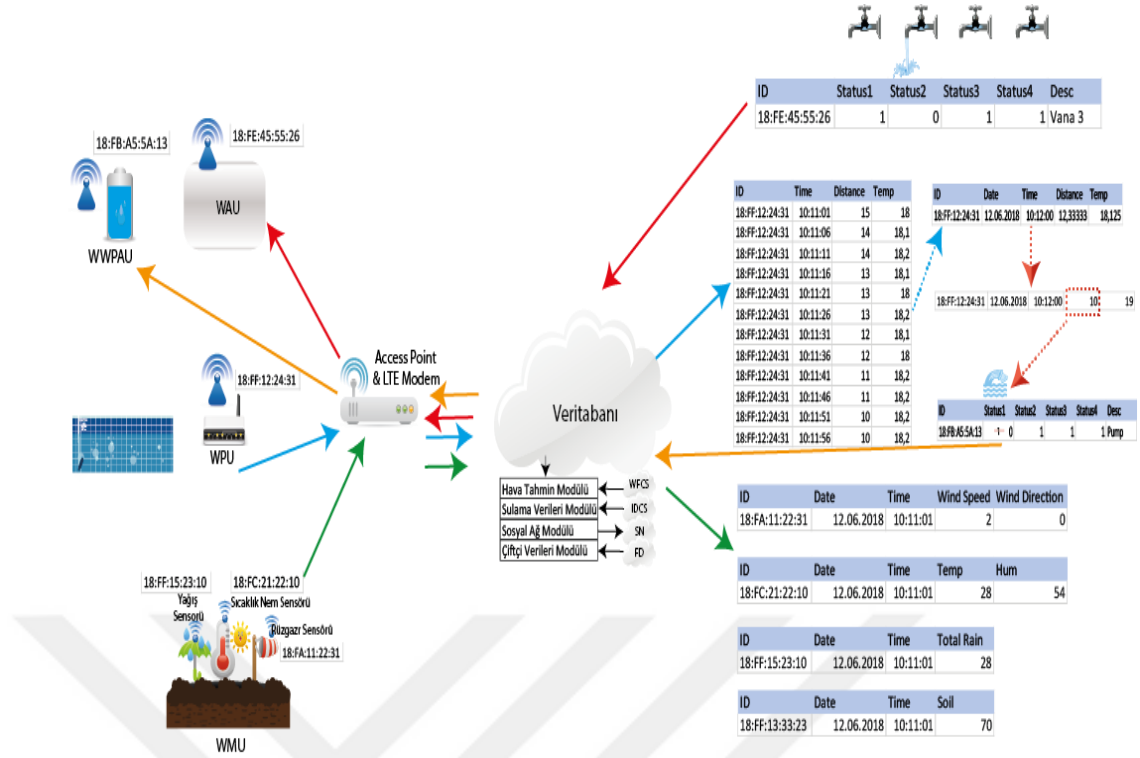
Ultrasonik mesafe sensörü havuz yüzeyinde sudan yaklaşık 30 cm yukarda konumlandırılmıştır. Havuz tam dolu olduğunda ultrasonik mesafe sensörü 30 cm değerini; havuz tamamen boşaldığı zaman ise 150 cm değerini göndermektedir. Sıcaklık sensörü havuzun tabanına yerleştirilmiştir(Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Ultrasonik mesafe sensörü yerleştirilmesi

4.2 WoT-TR Veritabanı

Veritabanı sunucusu olarak MYSQL veritabanı kullanılmıştır. Veritabanına CRUD (create/read/update/delete) ve sorgulama işlemleri SQL komutları kullanılarak yapılmıştır. Şekil 4.9’da veritabanı ile sistemin çalışmaları gösterilmektedir.



Şekil 4.9. WoT-TR veritabanı

Aktüatör kontrol tablosu; aktüatörlere ait veritabanında Identification data, status 1, status,2, status 3, status 4, açıklama bilgileri bulunmaktadır. Identification data olarak her bir WTM nin MAC adresi tanımlanmıştır. Status alanlarına integer bir değer yazılmaktadır. Örneğin röle için “1” değeri röle kapalı “0” değeri ise röle açık işlemlerini yapmaktadır. Aktüatör kontrol modülü veritabanında kayıtlı bulunan aktüatör identification data bilgisine göre sorgulama yapmaktadır. Sorgulama sonucundaki verileri web sitesi üzerinde değer olarak ekranda göstermektedir. Ekranda görüntülenen değerleri aktüatörlerde bulunan WTM okumakta ve mikrodenetleyiciye aktarmaktadır. Daha sonra mikrodenetleyici üzerinde çözümleyerek karar verme süreçlerini gerçekleştirmektedir.

Meteoroloji istasyonu tablosunda işlemler şu şekilde yürütülür. Veritabanında her bir sensör için birer tablo oluşturulmuştur. Tablolar rüzgâr, sıcaklık-nem, yağış miktarı ve toprak nemi tablolarıdır. Bu tablolarda her bir sensör devresi içerisinde sensör key değerinin doğruluğuna göre WTM MAC adresine kayıt altına alınmaktadır. Kayıt başarılı ise sayfa üzerinden return edilerek verinin başarı ile kaydedildiğini kablosuz sensör nesnelere iletmektedir.

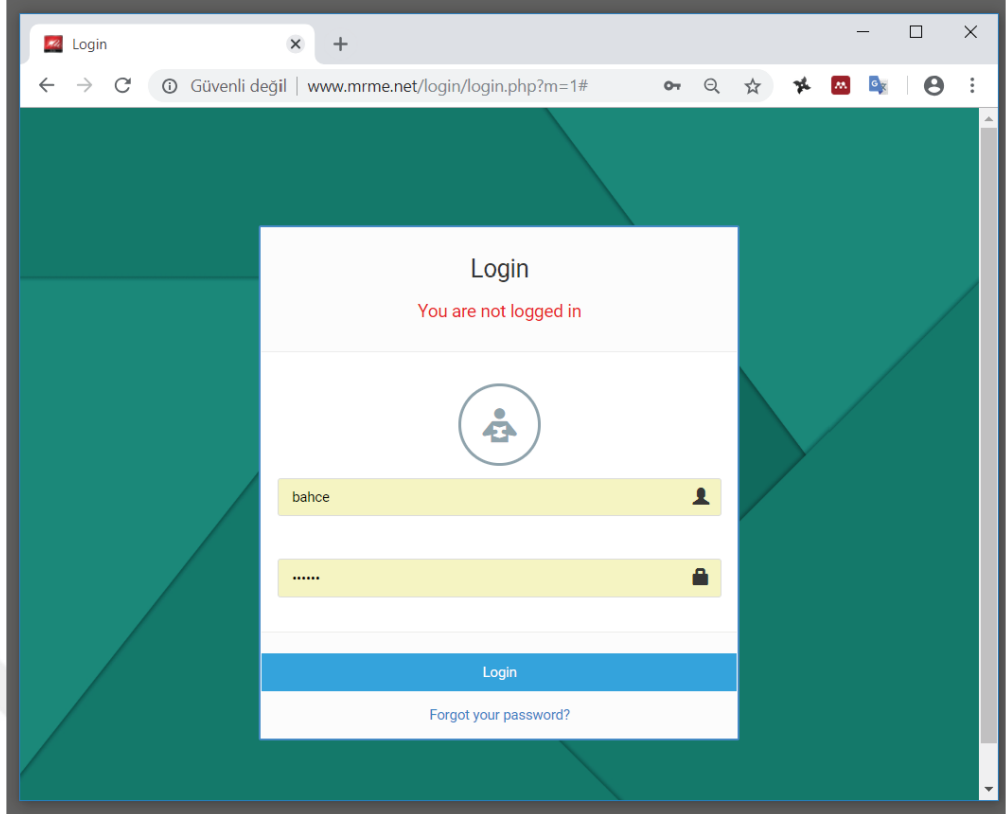
Havuz kontrol tablosunda işlemler şu şekilde oluşturulur. Havuz içerisinde sensörlerin oluşturduğu veriler öncelikle geçici bir tabloda kayıt altına alınır. Tablo, identifacition

data, havuz yükseklik değeri ve sıcaklık değerinden oluşmaktadır. Havuz geçici tablosu içerisinde 1 dakikada kayıt altına alınan tüm verilerin aritmetik ortalaması alınır. O dakika içerisindeki veriler yeni bir tablo içerisinde kayıt altına alınıp geçici tablo içerisi temizlenmektedir. Böylelikle oluşabilecek geçici hatalar (Örneğin su içerisinde oluşacak ani dalgalanmadan kaynaklanan hatalar) önlenmektedir. Daha sonra tablodaki veriler havuzda bulunan su miktarına göre pompa motorunun kontrolünü sağlayan aktuatör tablosundaki değerin değiştirilmesini sağlamaktadır. Örneğin havuzdaki su yüksekliği sınır değeri “10” olarak ayarlanmış olsun. Eğer havuz yüksekliği tablosundaki değer “10” olarak görülürse; aktuatör tablosunda motor pompasına ait kaydın durum değerini değiştirir ve motorun durması sağlanır.

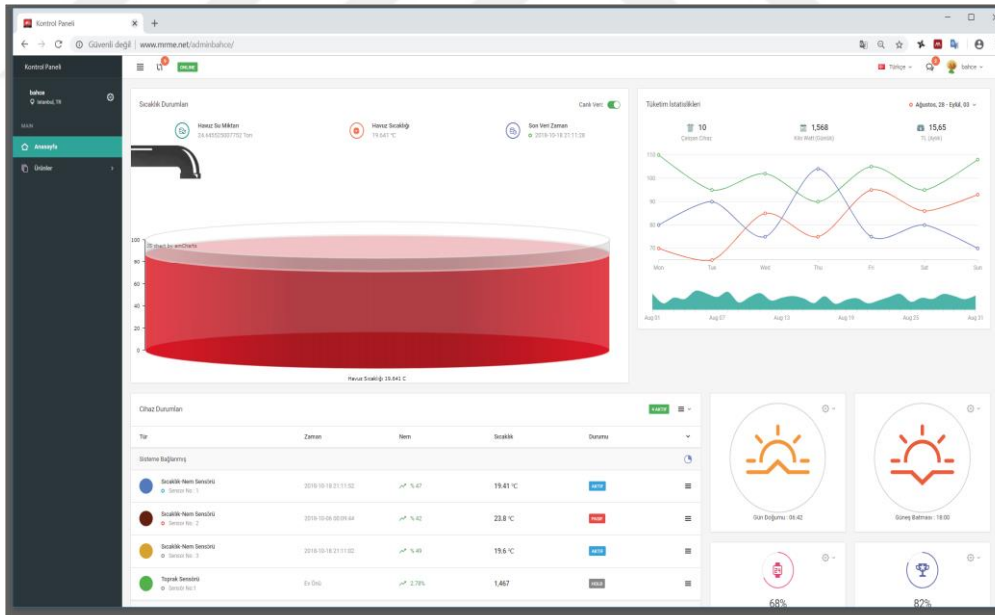
4.3 WoT-TR Arayüzü

WoT-TR Arayüzü'ne herhangi bir standart web tarayıcısı kullanılarak erişilebilir. WoT-TR Arayüzü dinamik içeriğe sahip bir web portalı gibi davranmaktadır. Öncelikle kullanıcıların sisteme bağlandığında güvenliğin sağlanması amacı ile kullanıcı girişi ve güvenlik modülü sisteme entegre edilmiştir. Aynı zamanda bu modül üzerinden yeni kullanıcı tanımlamaları, nesne atamaları ve izinler gibi yönetim faaliyetleri için üst yönetici arayüzü hazırlanmıştır.

Şekil 4.10'da gösterildiği gibi güvenli erişim sağlamak amacı ile şifre ile giriş çıkış işlemlerini yapabileceğimiz bir login yazılımı geliştirilmiştir. Kullanıcı girişi yapıldığı anda tarımsal alan içerisindeki durumları ve değerleri arayüz üzerinden görmektedir (Şekil 4.10 ve Şekil 4.11). Sunucuya erişimi kolaylaştırmak için sunucuya domain adresi tanımlanmıştır. Kullanıcılar herhangi bir web sitesine bağlantı kuruyormuş gibi WoT-TR'ye erişmektedir.

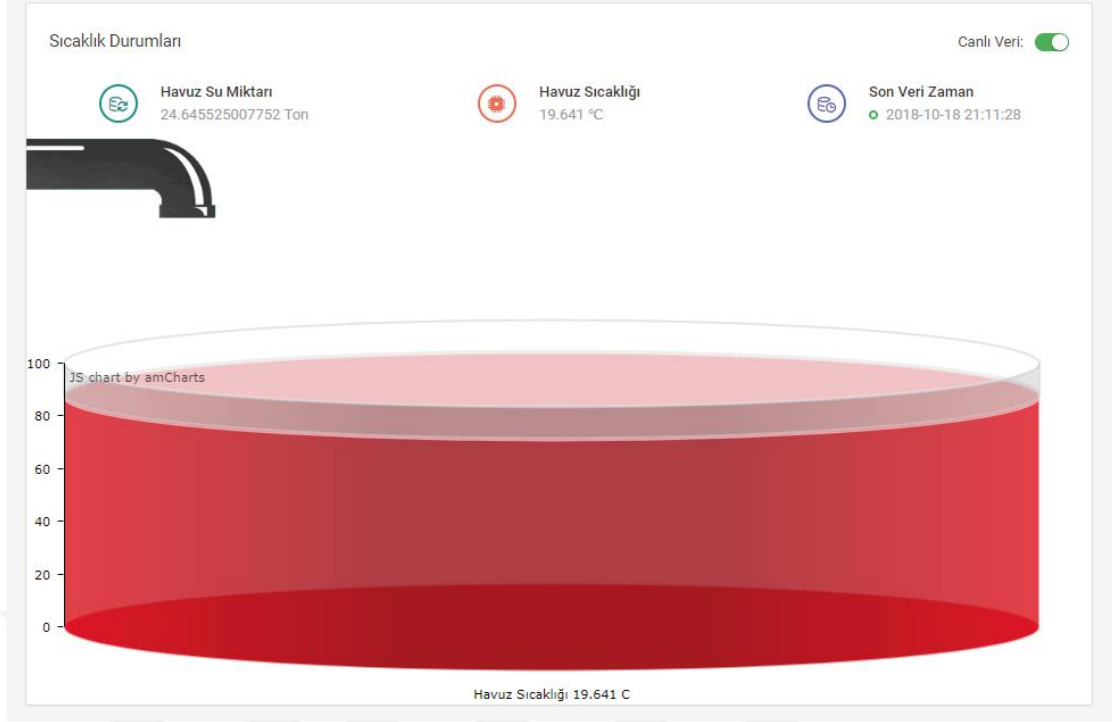


Şekil 4.10. Arayüz kullanıcı girişi



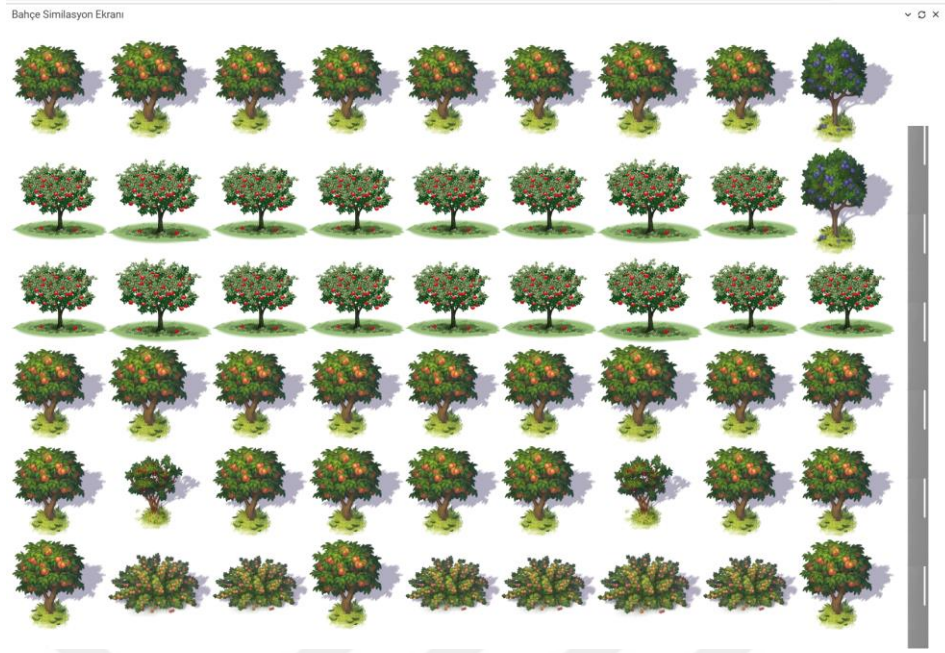
Şekil 4.11. WoT-TR arayüzü

Arayüz tasarlanırken çok fazla iç içe sayfalardan ziyade tüm öncelikli bilgilerin anında gösterilmesi şeklinde dizayn edilmiştir. Tüm grafikler ve tablolar dinamik olarak çalışmaktadır ve anlık olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.12. WoT-TR’de havuz bilgileri gösterimi

Şekil 4.12’de WoT-TR arayüzünde bulunan havuz ile ilgili bilgilerin gerçek zamanlı olarak gösterimi görülmektedir ve amCharts Js kütüphanesi kullanılarak oluşturulmuştur. Havuzdaki toplam su hesaplanması şu şekilde yapılmıştır. Öncelikle havuzun toplam kapasitesi belirlenilmiştir. Havuzun eni ve boyu 5 metredir. Derinliğide 1.2 metre olduğundan toplam havuz kapasitemizin 30 ton’dur. Havuz %100 dolu olduğunda ultrasonik mesafe sensörü 30 cm, boş olduğunda ise 150 cm değerini vermektedir. Yüksekliğe göre bu orantı ile değerler hesaplanmakta % doluluk oranı gösterilmektedir. Ayrıca üst tarafta kaç ton su olduğu, havuz sıcaklığı ve son veri alım zamanı gösterilmektedir. Havuz genel sıcaklığı için renkle gösterim özelliği yapılmıştır. Sıfır ve sıfırın altı değerler için renk gri, 1-18 derece arası mavi ve 18 derece üzeri kırmızı olarak gösterilmektedir. Sol tarafta bulunan musluk sulama pompasının çalışıp çalışmamasına göre su akıtıp akıtılmadığını göstermektedir. Havuz böylelikle sanal olarak simule edilmiştir.



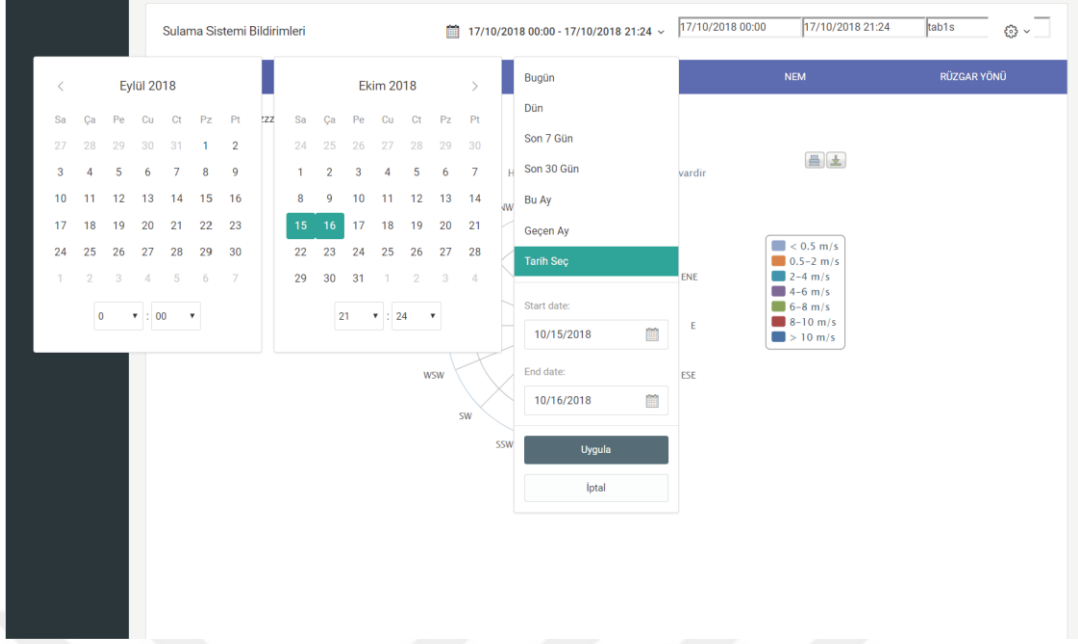
Şekil 4.13. WoT-TR’de ağaç bilgileri gösterimi

Şekil 4.13’de ağaç türlerine göre sanal ağaçlar ekranda gösterilmiştir. Böylelikle sulama başladığında hangi kısmın sulandığı kullanıcı tarafından izlenmektedir. Bahçenin genel durumu simule edilerek tüm bitkilerin sulama durumunun takibi yapılabilir olmuştur.

Cihaz Durumları				
Tür	Zaman	Nem	Sıcaklık	Durumu
Sisteme Bağlanmış				
Sıcaklık-Nem Sensörü Sensor No: 1	2018-10-18 21:11:52	%47	19.41 °C	AKTIF
Sıcaklık-Nem Sensörü Sensor No: 2	2018-10-06 00:09:44	%42	23.8 °C	PASIF
Sıcaklık-Nem Sensörü Sensor No: 3	2018-10-18 21:11:02	%49	19.6 °C	AKTIF
Toprak Sensörü Sensor No: 1	Ev Önü	2.78%	1,467	HOLD

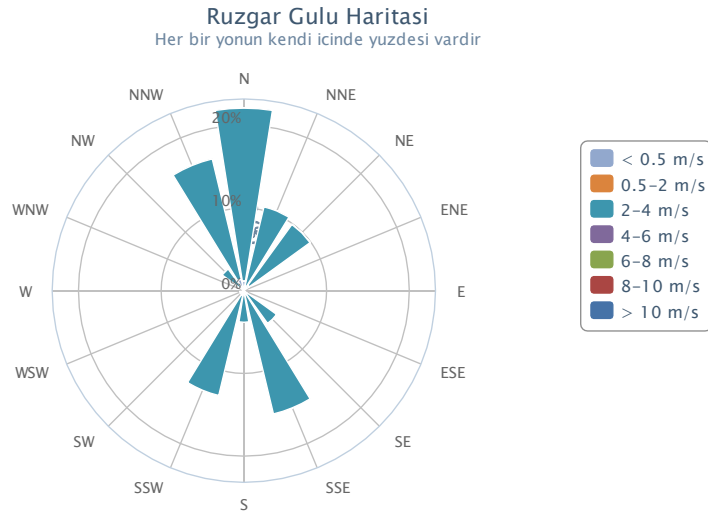
Şekil 4.14. WoT-TR’de sensör bilgileri gösterimi

Şekil 4.14’de WoT-TR’de sensör bilgilerinin gösterimi görülmektedir. Tarımsal alan içerisinde bulunana sensörlerin en son verileri ve aktif-pasif durumları gösterimi için tablo yapısı hazırlanmıştır. Kullanıcı bu tablo üzerinden sensörlerin durumunu, veri gönderim zamanlarını ve en son değerlerini görmektedir. Şekil 44 incelendiğinde 2 numaralı sıcaklık-nem sensörünün “pasif” olduğu görülmektedir. 2 numaralı sıcaklık-nem sensörünün bataryası örnek teşkil etmesi bakımından geçici olarak sökülmüş, sistemin aktif-pasif durumları gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Zaman sorgulama çubuğu

Veritabanına kayıtlı tüm verileri tarih ve zaman aralığına göre sorgulayabilmek amacı ile zaman sorgulama çubuğu geliştirilmiştir (Şekil 4.15). Geçmiş tarihlere ait tüm grafik çizimleri, verilerin gösterimi ve raporlamaları bu bölümde yapılmaktadır. Grafik olarak gül grafiği, çizgi grafiği, sütun grafiği, dikey grafik ve renklendirmeli grafikler yapılabilmektedir. İstenilen zaman aralığı seçildiğinde grafik otomatik olarak oluşmaktadır.



Şekil 4.16. Rüzgar gülü haritası

Şekil 4.16’da rüzgar hızı ve rüzgar yönünün yüzdelik dağılımı görülmektedir. 16 farklı yön ve 7 farklı hıza göre grafik çizdirilmektedir. Bu grafik en çok yenilebilir enerji kaynaklarından rüzgar verimliliğini belirlemek için sıkça kullanılmaktadır. Çalışmamızda rüzgar değerlerinin anlamlandırılması amacı ile kullanılmıştır. Rüzgar değerleri buharlaşma katsayısı hesaplanırken kullanılmaktadır.

Tablo Göster
Grafik Göster
En Düşük En Yüksek Grafik ...
Analiz

TARİH	SAAT	SICAKLIK	NEM
2018-10-18	06:39:08	11.61	83
2018-10-18	06:57:41	11.01	84
2018-10-18	06:58:35	11.02	84
2018-10-18	06:59:28	11.02	84
2018-10-18	07:00:20	11.02	84
2018-10-18	07:02:59	10.92	85
2018-10-18	07:03:52	10.92	86
2018-10-18	07:04:45	10.92	85
2018-10-18	07:05:38	10.92	85
2018-10-18	07:06:31	10.92	85
2018-10-18	07:07:24	10.92	85
2018-10-18	07:08:17	10.92	85
2018-10-18	07:09:10	10.82	86
2018-10-18	07:10:03	10.82	86
2018-10-18	07:10:56	10.72	86
2018-10-18	07:11:49	10.82	86
2018-10-18	07:12:42	10.82	86

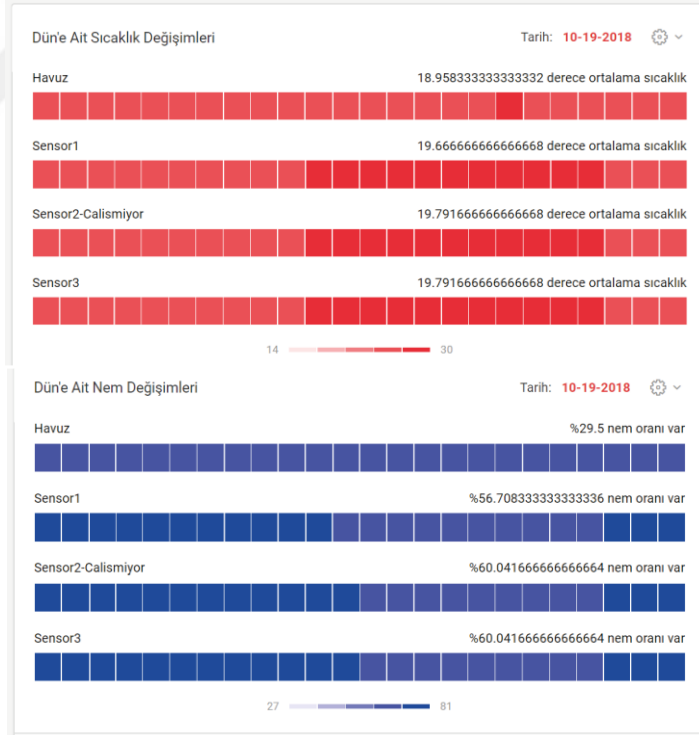
Şekil 4.17. Veri sorgulama tablosu

Şekil 4.17’de veriler sorgulamalı tablo şeklinde gösterilebilmektedir. Bu tablo sayesinde istenilen tarih aralığındaki değerler anında bulunabilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi 1 numaralı sıcaklık sensörüne ait 109638 değer anında ekranda gösterilmekte ve bekleme zamanı olmadan sorgu çalıştırılabilmektedir. Çünkü tüm işlemler sunucu üzerinden yapılmaktadır.

TARİH	SAAT	SICAKLIK	NEM
2018-10-18	06:44:26	11.41	83
2018-10-18	07:05:38	10.92	85
2018-10-18	07:06:31	10.92	85
2018-10-18	07:07:24	10.92	85
2018-10-18	07:08:17	10.92	85
2018-10-18	07:09:10	10.82	86
2018-10-18	07:10:03	10.82	86
2018-10-18	07:10:56	10.72	86
2018-10-18	07:11:49	10.82	86
2018-10-18	07:12:42	10.82	86
2018-10-18	07:13:35	10.82	86
2018-10-18	07:14:15	10.82	84
2018-10-18	07:17:07	10.82	84
2018-10-18	07:18:00	10.82	84
2018-10-18	07:18:53	10.92	85
2018-10-18	07:19:46	10.92	85
2018-10-18	07:20:39	10.92	85
2018-10-18	07:21:32	10.92	86
2018-10-18	07:04:45	10.92	85
2018-10-18	07:03:52	10.92	86
2018-10-18	07:02:59	10.92	85
2018-10-18	06:45:19	11.41	83
2018-10-18	06:46:12	11.41	83
2018-10-18	06:47:05	11.41	84
2018-10-18	06:47:59	11.41	84
2018-10-18	06:48:51	11.31	85
2018-10-18	06:50:37	11.11	85
2018-10-18	06:51:30	11.01	85
2018-10-18	06:52:24	11.01	85

Şekil 4.18. Yazılımın oluşturduğu pdf rapor

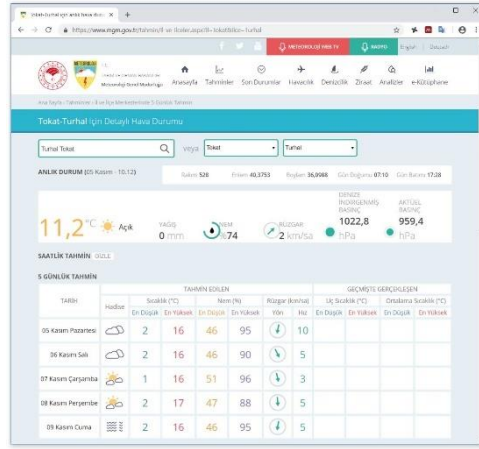
Veri sorgulama tablosunda sorgulanma sonuçları pdf rapor halinde getirilebilmektedir (Şekil 4.18). Ek olarak sorgulama sonuçları istenirse XML veya JSON veri paketi haline dönüştürebilmektedir.



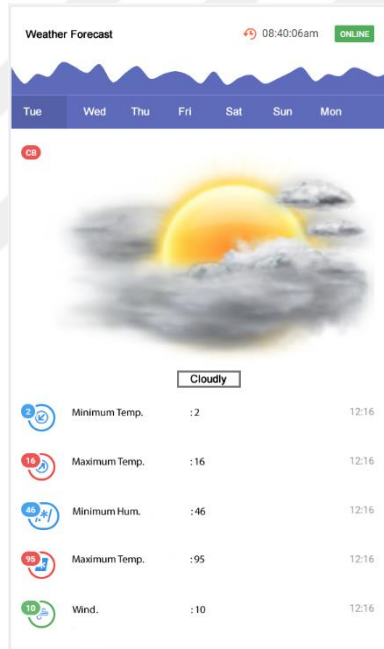
Şekil 4.19. Dün'e ait sıcaklık nem özet araç çubuğu

Şekil 4.19'da seçilen tarih aralığında oluşmuş sıcaklık ve nem değişimleri birer saatlik ortalaması alınarak renklerle ifade edilmiştir. Renkler açıldıkça daha soğuk, renkler

koyulaştıkça daha sıcak olduğu anlaşılmaktadır. Sadece sayısal değil görsel olarakta daha anlaşılabilir veriler üretilmiştir.



Şekil 4.20. Meteoroloji genel müdürlüğü Turhal için hava tahmini sayfası

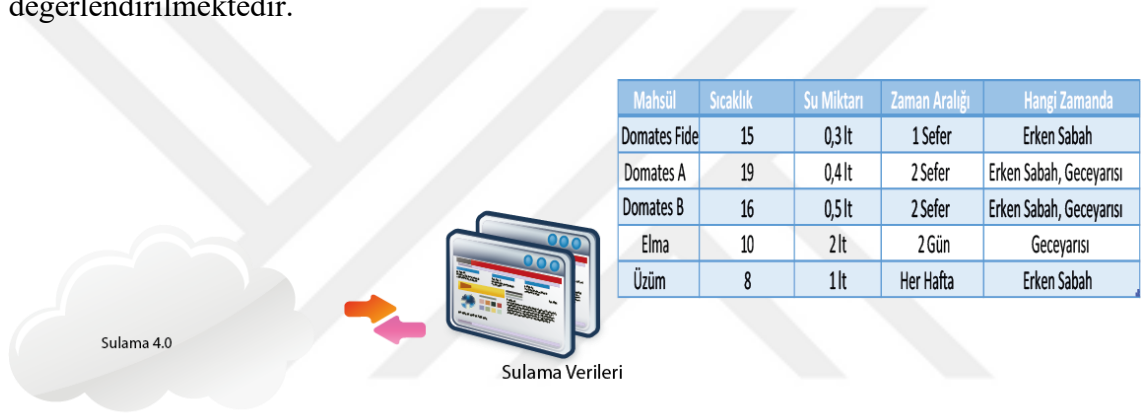


Şekil 4.21. Hava Tahminleme araç çubuğu

Şekil 4.20’de Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait veriler veritabanına aktarılmakta gelecek beş günün verileri gün içerisinde sürekli güncellenmektedir. Beş günün günlük hava verileri veritabanına kaydedilmektedir. Aynı zamanda arayüz üzerinde bir widget oluşturularak kullanıcının bilgi sahibi olması sağlanmaktadır (Şekil 4.21). Bu veriler görsel olarak kullanılmasının yanı sıra hava verilerine göre sulama kararını vermek amacı ile kullanılmaktadır. Hava takip modülü yazılımı için veri tabanında hava tahmin

verilerine ait bir tablo oluşturulmuştur. Tablo içerisinde tarih, min temp, max temp, nem, rüzgar ve yağış durumları alanları bulunmaktadır. Bu alanlara verilerin kayıt edilebilmesi amacı ile Linux işletim sisteminde bir Shell yazılımı oluşturulmuştur. Bu yazılım çalıştırıldığı zaman Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) sitesinden seçilen bölgeye ait verileri JSON olarak okuyup veritabanına kayıt etmektedir. Bu verileri otomatimize etmek amacı ile Shell yazılımı CRON Job olarak düzenlenmiştir. Birer saat ara ile sistem sürekli bu verileri alır, değişim var ise veritabanına kayıt eder.

Oluşturulan sorgu ile eğer yağış olacaksa sistem sulama yapmamaktadır. Bu görevler ayrı veritabanında tutulmaktadır. Yapılmayan görev sonrasında tahminlerin doğruluğunu mevcut WMU'dan gelen verilerle karşılaştırılarak sulamaya ihtiyaç olup olmadığı değerlendirilmektedir.



Şekil 4.22. Sulama verileri veritabanı

Sulama verileri genel bir tablo olup, kullanıcı tarafından veya daha öncesinde veritabanında bulunan mahsüller için tanımlanmış olan genel sulama verilerini içermektedir. Tablo içerisinde mahsülün gelişim aşamasına göre, verilecek yaklaşık su miktarı, sulama sıklığı ve sulama zamanı bilgileri bulunur. Sistem yazılımı bu tabloda bulunan verileri kullanarak mahsülün gelişim aşamasına göre sulama işlemini öğrenmektedir. Şekil 4.22'de sulama veri tabanının genel yapısı verilmiştir.



Şekil 4.23. Sistemin paylaştığı Tweeter mesajları

Sosyal medya bulut modülü, tarımsal alan içerisindeki işlemleri, değişimleri ve güncellemeleri, bize ve sosyal medya çevresine paylaşarak tarımsal alan etkinliklerini bildirilmektedir. Sistem içerisinde sulama durumlarını, bitkinin gelişim evrelerini, tarımsal alan sensör değerlerini belirtilen şartlarda paylaşımlar yapmaktadır. Paylaşımlar sosyal medya üzerinde kayıtlı zaman çizelgesi üzerinde gösterilmektedir (Şekil 4.23).

Çiftçi veri bulut modülü, internet ortamında veya kullanıcının kişisel bilgilerinin tutulduğu ortamlardaki verilerle sulama sisteminin aktivite edilmesi veya bildirimler yapılabilmesi amacı ile oluşturulmuştur. Örneğin çiftçinin konum bilgisi internet ortamında sosyal medya veya mobil telefonu üzerinden okunur. Konum bilgisine göre sulamayı başlatıp başlatmamaya karar vermektedir. Eğer çiftçi tarımsal alan içerisinde çalışma yapıyor veya bulunuyorsa sulama sisteminin çalıştırılmaması ve ileriki bir zamanda çalıştırılmaya programlanması gerekmektedir.

4.4 WoT-TR Verileri

Mimari 01-07-2018 ile 27-11-2018 tarihleri arasında çalıştırılmıştır. Bu aralıkta birkaç elektrik kesintisi haricinde veri kaybı yaşanmamıştır.

Showing rows 662190 - 662195 (662,196 total, Query took 0.1208 sec)

```
SELECT *
FROM `2mruzgar`
LIMIT 662190, 30
```

Profiling [Inline] [Edit] [Explain SQL] [Create PHP Code] [Refresh]

Page number: 22074

Show: 30 row(s) starting from row # 0 in horizontal mode and repeat headers after 100 cells

+ Options

	tarih	saat	utime	hiz	yon
<input type="checkbox"/>	2018-11-27	13:16:58	1543317418000	0.11	14
<input type="checkbox"/>	2018-11-27	13:17:27	1543317447000	0	13
<input type="checkbox"/>	2018-11-27	13:17:40	1543317460000	0	2
<input type="checkbox"/>	2018-11-27	13:17:54	1543317474000	0.15	9
<input type="checkbox"/>	2018-11-27	13:18:08	1543317488000	2.28	6
<input type="checkbox"/>	2018-11-27	13:18:23	1543317503000	0.15	6

Check All / Uncheck All With selected: Change Delete Export

Page number: 22074

Show: 30 row(s) starting from row # 0 in horizontal mode and repeat headers after 100 cells

Şekil 4.24. Rüzgar verileri tablosu

Rüzgar verisi olarak belirtilen tarihler arasında 662196 adet veri alınmıştır. Her bir veri aralığı 14 sn fark ile kaydedilmiştir. Toplamda 5 ay süresince 37 Mb bir veri kaydı yapılmıştır (Şekil 4.24).

Showing rows 162000 - 162022 (162,023 total, Query took 0.0005 sec)

```

SELECT *
FROM `2msicaklik1`
LIMIT 162000, 30

```

Profiling [Inline] [Edit] [Explain SQL] [Create PHP Code] [Refresh]

Page number: 5401

Show: 30 row(s) starting from row # 0 in horizontal mode and repeat headers after 100 cells

+ Options

	tarih	saat	utime	sicaklik	nem
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	12:54:45	1543316085000	16.7	54
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	12:55:37	1543316137000	16.7	54
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	12:56:32	1543316192000	16.79	54
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	12:58:18	1543316298000	16.79	54
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	12:59:09	1543316349000	16.81	53
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	13:00:02	1543316402000	16.81	54
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	13:00:55	1543316455000	16.91	54
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	13:02:42	1543316562000	16.91	52
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	13:03:34	1543316614000	17.01	53
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	13:04:27	1543316667000	17.01	53
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	13:05:20	1543316720000	17.01	52
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	13:07:59	1543316879000	17.11	53
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	13:08:52	1543316932000	17.2	52
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	13:09:45	1543316985000	17.2	52
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	13:10:40	1543317040000	17.2	52
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	13:11:33	1543317093000	17.31	53
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	13:12:24	1543317144000	17.31	53
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	13:13:17	1543317197000	17.31	53
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	13:15:03	1543317303000	17.31	52
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	13:15:58	1543317358000	17.31	51
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	13:16:51	1543317411000	17.31	51
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	13:17:42	1543317462000	17.41	51
<input type="checkbox"/> Edit Inline Edit Copy Delete	2018-11-27	13:18:35	1543317515000	17.41	52

Check All / Uncheck All With selected: Change Delete Export

Page number: 5401

Show: 30 row(s) starting from row # 0 in horizontal mode and repeat headers after 100 cells

Şekil 4.25. Sıcaklık-Nem sensörüne ait tablo

Sıcaklık-Nem sensörü verisi olarak belirtilen tarihler arasında 162023 adet veri alınmıştır. Her bir veri aralığı 55 sn fark ile kaydedilmiştir. Toplamda 5 ay süresince 15 Mb'lık bir veri kaydı yapılmıştır (Şekil 4.25).

Showing rows 170490 - 170501 (170,502 total, Query took 0.0709 sec)

```
SELECT *
FROM `2myagmur`
LIMIT 170490, 30
```

Profiling [Inline] [Edit] [Explain SQL] [Create PHP Code] [Refresh]

Page number: 5684

Show: 30 row(s) starting from row # 0 in horizontal mode and repeat headers after 100 cells

+ Options

				tarih	saat	utime	toplam	siklik	dusen	
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	2018-11-27	13:09:21	1543316961000	1	0	0
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	2018-11-27	13:10:08	1543317008000	1	0	0
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	2018-11-27	13:11:43	1543317103000	1	0	0
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	2018-11-27	13:12:29	1543317149000	1	0	0
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	2018-11-27	13:13:16	1543317196000	1	0	0
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	2018-11-27	13:14:03	1543317243000	1	0	0
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	2018-11-27	13:14:51	1543317291000	1	0	0
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	2018-11-27	13:15:37	1543317337000	1	0	0
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	2018-11-27	13:16:24	1543317384000	1	0	0
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	2018-11-27	13:17:12	1543317432000	1	0	0
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	2018-11-27	13:17:58	1543317478000	1	0	0
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	2018-11-27	13:18:45	1543317525000	1	0	0

Check All / Uncheck All With selected: Change Delete Export

Page number: 5684

Show: 30 row(s) starting from row # 0 in horizontal mode and repeat headers after 100 cells

Şekil 4.26. Yağış sensörüne ait tablo

Yağış sensörüne ait belirtilen tarihler arasında 170502 adet veri alınmıştır. Her bir veri aralığı 45 sn'lik fark ile kaydedilmiştir. Toplamda 5 ay süresince 14 Mb'lık bir veri kaydı yapılmıştır (Şekil 4.26).

Showing rows 46590 - 46619 (83,892 total, Query took 0.0231 sec)

```
SELECT *
FROM `2mhavuzd`
LIMIT 46590, 30
```

Profiling [Inline] [Edit] [Explain SQL] [Create PHP Code] [Refresh]

Page number: 1554

Show: 30 row(s) starting from row # 46620 in horizontal mode and repeat headers after 100 cells

Sort by key: None

+ Options

				sirano	tarih	saat	utime	derin	sicaklik	
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46591	2018-10-13	09:35:00	1539412500000	30.0909091	18.668
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46592	2018-10-13	09:36:16	1539412576000	30.0909091	18.635
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46593	2018-10-13	09:37:25	1539412645000	30	18.641
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46594	2018-10-13	09:38:40	1539412720000	30	18.652
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46595	2018-10-13	09:39:50	1539412790000	30.1818182	18.627
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46596	2018-10-13	09:41:05	1539412865000	30.0909091	18.69
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46597	2018-10-13	09:42:21	1539412941000	30.0909091	18.728
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46598	2018-10-13	09:43:41	1539413021000	30	18.717
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46599	2018-10-13	09:44:45	1539413085000	30.0909091	17.063
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46600	2018-10-13	09:46:00	1539413160000	30	17.071
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46601	2018-10-13	09:47:15	1539413235000	30	18.717
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46602	2018-10-13	09:48:31	1539413311000	30.0909091	18.685
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46603	2018-10-13	09:49:46	1539413386000	30.0909091	18.728
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46604	2018-10-13	09:51:07	1539413467000	30.0909091	18.723
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46605	2018-10-13	09:52:16	1539413536000	30.0909091	18.692
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46606	2018-10-13	09:53:32	1539413612000	30	18.728
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46607	2018-10-13	09:54:47	1539413687000	30.0909091	18.638
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46608	2018-10-13	09:55:56	1539413756000	30	18.622
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46609	2018-10-13	09:57:11	1539413831000	30	18.655
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46610	2018-10-13	09:58:32	1539413912000	30.6363636	18.723
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46611	2018-10-13	09:59:54	1539413994000	30.1818182	18.795
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46612	2018-10-13	10:01:03	1539414063000	30	18.687
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46613	2018-10-13	10:02:24	1539414144000	30	18.805
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46614	2018-10-13	10:03:39	1539414219000	30.0909091	18.766
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46615	2018-10-13	10:04:49	1539414289000	30	18.677
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46616	2018-10-13	10:06:04	1539414364000	30.0909091	18.685
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46617	2018-10-13	10:07:19	1539414439000	30.1818182	18.772
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46618	2018-10-13	10:08:29	1539414509000	30.1818182	17.204
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46619	2018-10-13	10:09:50	1539414590000	30	18.789
<input type="checkbox"/>	Edit	Inline Edit	Copy	Delete	46620	2018-10-13	10:10:59	1539414659000	30	18.715

Check All / Uncheck All With selected: Change Delete Export

Page number: 1554

Show: 30 row(s) starting from row # 46620 in horizontal mode and repeat headers after 100 cells

Şekil 4.27. Havuz verilerinin tutulduğu tablo

WPU ait belirtilen tarihler arasında 83892 adet veri alınmıştır. Her bir veri aralığı 60 sn'lik fark ile kaydedilmiştir. Toplamda 5 ay süresince 5 Mb'lık bir veri kaydı yapılmıştır (Şekil 4.27).

4.5 Sulama 4.0'ın Diğer Sulama Sistemleri ile Karşılaştırılması

Tasarımını ve denenmesini yaptığımız Sulama 4.0 ile iki farklı sulama sisteminin karşılaştırılması yapılmıştır. Bu sistemler vahşi sulama, damlama sulama sistemleridir. Vahşi sulama su kuyusudan çıkarılan suyun bahçe içerisine direkt olarak sıralar halinde dağıtılması ile yapılan sulama çeşididir (Şekil 4.28.).



Şekil 4.28. Vahşi sulama örneği

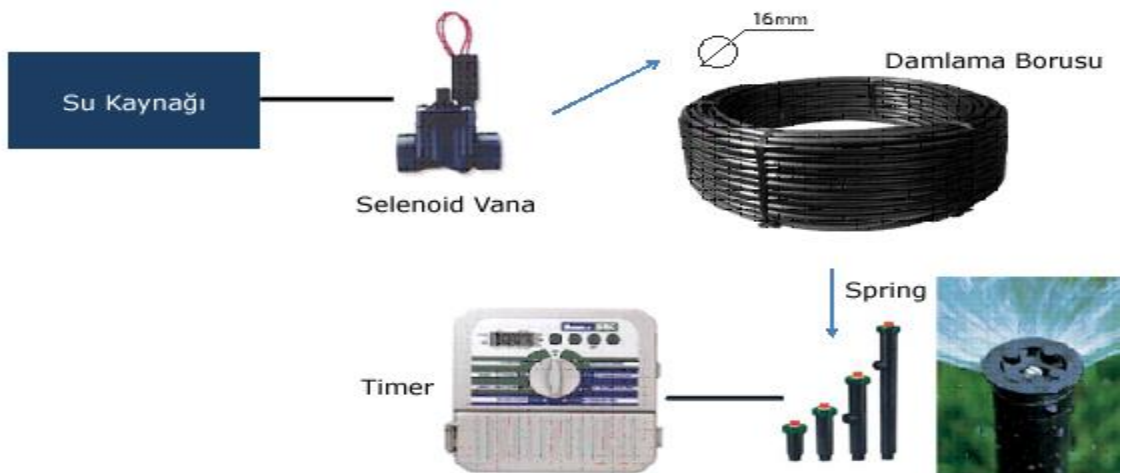
Bu sulama yapılırken sabah erken saatte çiftçinin araziye gitmesi ve tek tek sıralar halinde su borularını birbirine ekleye ekleye sulaması gerekmektedir. Çiftçi için emek ve zaman israfına neden olmaktadır. Çevre için ise su kaybı ve toprak kaybına neden olmaktadır.

Damlama sulama sistemlerinde ise sulama direkt veya havuz yardımı ile suyun alan içerisinde paylaşılmasıyla olmaktadır. Bu sulama çeşidinde su kaynağından gelen su damlacıklar halinde tüm alana dağıtılmaktadır (Şekil 4.29).



Şekil 4.29. Klasik damlama sulama örneği

Damlama sulamada en büyük sorun bahçe alanı büyüdükçe su yetmemesi veya sulama yapılmak istenen alanlar için çiftçinin sürekli gidip vanaları açıp kapatması gerekmektedir. Konfordan kayıp sağlanmakta, çiftçi için zaman kaybına neden olmaktadır. Bu sorunu gidermek için selenoid vanalar ve zamanlayıcılı sulama sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemler sizin belirlediğiniz zaman aralığında sulamayı başlatmaktadır. Fakat herhangi bir şart aranmadan, yağmur, zaman dikkate alınmadan sürekli aynı zaman aralığında sistem çalışmaktadır (Şekil 4.30).



Şekil 4.30. Damlama sulama sistemi

Zamanlayıcılı bir sistem tez çalışmasında uygulama yapılan arazi gibi bir bahçe örneğinde uygulanacak olsa, ya her kısma bir adet zamanlayıcı ya da bir noktadaki

zamanlayıcılardan her noktaya ayrı su hatları çekilmesi gerekecektir. Buda çiftçi için ekstra maliyet demektir. Su tasarrufunda sınırlı kalacaktır. Karşılaştırma yapılırken sulama ve zamanlayıcılı damlama sulama daha uygulanabilir olduğu düşünüldüğünden klasik damlama sulama olarak bu sistem kabul edilmiştir. Diğer damlama sulamanın tüm alana yetmiyeceği aşıkardır.

Sulama için harcanan zaman da önemlidir. Vahşi sulamada harcanılan zaman ortalama 6 saattir. Damlama sulama ve Sulama 4.0 sisteminde ise 2.5 saatlik bir zaman zarfında tüm alan sulanabilmektedir.

Tüketilen su miktarı karşılaştırıldığında, vahşi sulamada bahçe sulanması için 6 saatte toplam 90 ton su harcanırken, klasik damlama sulama ve Sulama 4.0 için 1 havuz su yeterli gelmektedir. Buda yaklaşık 30 ton suya karşılık gelmektedir.

Tüketilen enerji miktarı karşılaştırıldığında, Sulama 4.0'da derin su kuyusu ve geliştirdiğimiz donanımların tümü çalıştığında 1 saatte 3 kWatt enerji tüketmektedir. Çalışma saatleri ile çarpıldığında toplam enerji miktarları; klasik sulamada 18 kWatt, klasik damlama sulama ve Sulama 4.0'da 7.5 kW'dır.

Sulama zaman aralığı seçiminde birkaç faktör önemlidir. Öncelikle sulamanın yapılacağı saat hem suyun buharlaşması hemde enerji fiyatının uygun olduğu saatlerle ilişkilidir. Enerji tüketimi için saatler üç kısma ayrılmıştır. Bunlar gündüz dönemi için saat 06:00 - 17:00 aralığı, puant dönemi için saat 17:00 - 22:00 aralığı; gece dönemi için ise saat 22:00 - 06:00 aralığıdır. Gece buharlaşma en düşük seviyededir. Bu nedenle gece sulaması tercih edilmektedir. Ayrıca bu zaman aralıklarında Kilowatt-saat enerji fiyatı da değişmektedir. Ocak 2019 fiyatlarıyla 1 kW/h için gündüz 0.5445 TL; Puant 0.7997 TL ve gece 0.3404 TL dir. Dolayısıyla günlük toplam maliyet de değişmektedir. Vahşi sulamanın gece yapılması pek mümkün olmadığından çoğunlukla gündüz zaman aralığında yapılabilmektedir. 6 saatlik tüketim için yaklaşık 18 kWa enerji tüketilecek 9.8 TL enerji tüketimi oluşacaktır. Klasik damlama sulama ve Sulama 4.0'da havuz doldurulup harcandığından 2 TL civarında bir enerji tüketimi oluşacaktır.

Konfor; sulama yapış biçimi ve işgücü zorluğunu anlatmaktadır. En zor işlemler vahşi sulamada yapılmaktadır. Çünkü çiftçi hem zamanını hem de emeğini harcamak zorundadır. Klasik damlamada ise çiftçi çoğu işlemleri manuel olarak yapmak veya

kararlarını kendisi vermek zorundadır. Gerektiğinde vanaları açmalı zamanlayıcıyı isteğe göre sürekli programlamalıdır. Sulama 4.0'da herşey otomotize edilmiştir. Kullanıcı sadece işlemleri takip etmektedir.

Sulama kararı verilme aşamasında hava durumu bilgilerine göre sulamanın yapılması enerji ve su kaybını önleyecektir. Ayrıca seçici sulama adı verilen ektiği bitkilerin türlerine göre sulamada her bitkiye ihtiyacı kadar su verilmesi gerekmektedir.

Klasik damlamada uzaktan sulama yapılması için çalışmalar yapılabilir fakat sistemin bir bütün halinde izlenmesi ve takibi mümkün olamamaktadır. Sulama 4.0'da ise sistem bir bütündür. Tüm sistemin takibi ve kontrolü yapılmaktadır.

Sulama 4.0'da web sitesi üzerinden herhangi bir uygulama veya arayüz gerektirmeden kullanıcı adı ve şifrenin girilmesi ile bilgisayar veya mobil cihazlarla izlenilebilmektedir. Sulama 4.0 sistemi sosyal ağdaki diğer kullanıcılara sosyal ağlardan (facebook, twitter, instagram v.b.), bahçe hakkında bildirim, izleme ve haber verebilmektedir. Sulama 4.0 sistemi bahçenin sulaması ve sistemin özel durumları hakkında çiftçiye bildirimde bulunmaktadır. Vahşi sulama ve klasik damla sulamada sosyal network ve bildirim desteği de yoktur.

Tablo 4.1'de vahşi sulama, klasik damla sulama ve Sulama 4.0 karşılaştırması özet tablosu verilmiştir.

Tablo 4.1. Vahşi Sulama, Klasik Damlama Sulama ve Sulama 4.0 Karşılaştırması

	Vahşi Sulama	Klasik Damlama Sulama	Sulama 4.0
Sulama için harcanan zaman	6 saat	2 saat	2 saat
Tüketilen su miktarı m ³	90 Ton	30 Ton	30 Ton
Tüketilen enerji miktarı	18 kW	6 kW	6 kW
Sulama zaman aralığı	06:00-12:00	22:00 - 06:00	22:00-06:00
Kilowatt-saat enerji fiyatı	0.5445 TL	0.3404 TL	0.3404 TL
Günlük toplam maliyet	9.80 TL	2 TL	2 TL
Konfor	Çok Düşük	Normal	Çok Yüksek
Hava tahminine göre sulama	Yok	Yok	Var
Bitki türüne göre seçici sulama	Yok	Yok	Var
Uzaktan sulama	Yok	Yok	Var
Uzaktan İzleme	Yok	Yok	Var
Sosyal Ağ	Yok	Yok	Var
Bildirim desteği	Yok	Yok	Var

5. SONUÇ

5.1 Sonuçlar

Endüstri 4.0'kuramının tarım uygulamasına dönük olarak yapılan tez çalışmasında sulama kontrolü ve izlenmesi için web tabanlı mimari geliştirilmiştir. Yazılım ve donanımları mimariye uygun olarak tasarlanmış ve uygulama sonuçları gösterilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- 1- Endüstri 4.0 kuramı için web tabanlı mimari geliştirilmiştir.
- 2- Algılayıcı ve aktüatörlerden internet nesnelere oluşturulmuş, bu nesnelere hem uzaktan kontrolü hem de anlık karar vermesi sağlanarak tarımsal sulama için test edilmiştir.
- 3- Nesnelere gerçek zamanlı izlenmesi sağlanmış, veri iletimleri, kayıtları kontrol edilerek kullanıcıların anında bilgilendirilmesini sağlayacak algoritma ve yazılım öbeği geliştirilmiştir.
- 4- Gömülü sistem aktüatör ve algılayıcı nesnelere oluşturulmuş; en uygun fiyata maksimum fayda sağlayabilen yapı elde edilmiştir.
- 5- Nesnelere belirli zaman aralığında haberleşmeleri sağlanarak RESTful API ile güvenli biçimde iletişim kurması sağlanmış, zaman aralığı ve veri yoğunluğuna göre doğruluğu test edilmiştir. 5 aylık dönemde bağlantı problemi yaşanmamıştır.
- 6- Nesnelere sunucudan verilerle ve uzaktaki veri kaynaklarından alınan bilgiye göre çalışması sağlanmıştır.
- 7- WoT-TR mimarisi için, veriyi algılama, nitelendirme, şekillendirme, tablolandırma görevlerini yerine getirebilen sunucu yazılımı gerçekleştirilmiştir.
- 8- WoT-TR simülasyon ve kontrolü için web arayüzü dizayn edilmiştir. Bu arayüzün HTML5 ve Javascript kütüphaneleri ile her türlü ortam ve işletim sisteminde çalışabilmesi sağlanmıştır.
- 9- Oluşturulan WoT-TR arayüzünde etkin raporlama ve görselleştirme teknikleri geliştirilmiştir.
- 10- Algılayıcı nesnelere daha az güç tüketimine sahip olması için yazılımsal geliştirmeler yapılmış, çok düşük enerji tüketimleri elde edilmiştir.

- 11- Nesnelerin hızlı iletişim kurabilmesi ve kablosuz erişim noktasına yönelik ayarların yapılmasına imkan sağlayan yazılım geliştirilmiştir.
- 12- Farklı iletişim türüne sahip olan meteoroloji istasyonu ünitesi nesne haline dönüştürülmüş, bunlardan topladığı ve/veya analiz ederek çıkardığı verileri, Web nesnelere platformuna güvenli bir şekilde aktarabilmesi sağlanmıştır.
- 13- Sulamada su tasarrufu sağlanmıştır. Vahşi sulamaya göre 3 kat daha az su harcanmıştır.
- 14- Vahşi sulamaya göre enerji tüketiminden 3 kat; elektriğe ödenen miktar bakımından 5 kat tasarruf yapılmıştır.
- 15- Sulama kullanıcı için artık herhangi bir işyükü oluşturmamaktadır. Tüm işlem ister otonom istenirse de manuel olarak uzaktan yapılmakta ve takip edilmektedir.
- 16- Geliştirilebilir seçici sulama veritabanı oluşturulmuştur.

5.2 Öneriler

WoT-TR sistemi örnek olarak sulama amaçlı tasarlanmıştır. Sistem akıllı şehirlerde, ev otomasyonlarında, kişisel kullanımda da kullanılabilir. Sistemin bu aşamadan sonra daha da geliştirilmesi için aşağıdaki çalışmalar yapılabilir.

Donanımsal olarak; sulama haricindeki projeler için boyutları ve devre elemanları farklı donanımlarla yeni algılayıcı ve aktüatör devreleri oluşturulmalıdır. Ayrıca sistemin bir ileri aşamalarında bu oluşturulan donanımların yazılımların internet üzerinden mikrodenetleyicinin programlanması sağlanarak uzaktan yazılım yükleme desteği özelliği geliştirilmelidir. İçerisinde bulunan şifreleme algoritmasının geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Çünkü sabit bir şifre mantığından ziyade dinamik bir şifreleme algoritması gerçekleştirilmelidir.

Sunucu olarak; veri miktarları ve nesnelerin sayısı arttığında cluster sistemler (bilgisayarları birleştirerek bir bütün gibi çalışan sistemler), iş parçacıklarının bölünmesi (veriler üzerinde yapılan işlemlerin parçalara bölünerek daha hızlı sonuç elde etme), mikro sunucular (büyük uzak sunucular değilde işe göre gömülü sistem sunucular) gibi çözümler geliştirilmeyi beklemektedir. Sunucuya direkt verileri göndermektense arada verileri analiz edip gerektiği kadarı sunucuya aktarılmalıdır (Sis bilişim).

Seçici sulama veritabanı içeriği geliştirilmelidir. Böylelikle sistem yagınlaştığında çiftçiler için bitki çeşidini seçmesi yeterli olacak sistem sulamayı veritabanı içeriğine göre yapacaktır.

Sulama yazılımından ziyade sistemi daha kullanışlı hale getirilmesi, diğer geliştirilecek projelere uyarlanması, yeni bileşenler eklenmesi, yeni eklentiler geliştirilebilmesi için dinamik, geliştirilebilir her projeye uygulanabilir bir arayüz yapılmalıdır.

Çalışmanın benzeri çalışma yapacak araştırmacılar için bir kaynak olması beklenmektedir.



6. KAYNAKLAR

- Afzal, B., Umair, M., Asadullah Shah, G., ve Ahmed, E. 2017. "Enabling IoT platforms for social IoT applications: Vision, feature mapping, and challenges". *Future Generation Computer Systems*. doi:10.1016/j.future.2017.12.002.
- Agolla, J. E. 2018. "Human Capital in the Smart Manufacturing and Industry 4.0 Revolution". İçinde *Digital Transformation in Smart Manufacturing*. doi:10.5772/intechopen.73575.
- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., ve Ayyash, M. 2015. "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications". *IEEE Communications Surveys and Tutorials*. doi:10.1109/COMST.2015.2444095.
- Alam, M., Nielsen, R. H., ve Prasad, N. R. 2013. "The evolution of M2M into IoT". İçinde *2013 1st International Black Sea Conference on Communications and Networking, BlackSeaCom 2013*. doi:10.1109/BlackSeaCom.2013.6623392.
- Aqeel-Ur-Rehman, Abbasi, A. Z., Islam, N., ve Shaikh, Z. A. 2014. "A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture". *Computer Standards and Interfaces*, 36:263–270. doi:10.1016/j.csi.2011.03.004.
- Arun Gnanaraj, A., ve Gnana Jayanthi, J. 2017. "An Application Framework for IoTs Enabled Smart Agriculture Waste Recycle Management System". İçinde *Proceedings - 2nd World Congress on Computing and Communication Technologies, WCCCT 2017*. doi:10.1109/WCCCT.2016.11.
- Azuma, R. T. 1997. "A survey of augmented reality". *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. doi:10.1162/pres.1997.6.4.355.
- Baek, H. J., Chung, G. S., Kim, K. K., ve Park, K. S. 2012. "A smart health monitoring chair for nonintrusive measurement of biological signals". *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*. doi:10.1109/TITB.2011.2175742.
- Bahrin, M. A. K., Othman, M. F., Azli, N. H. N., ve Talib, M. F. 2016. "Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic". *Jurnal Teknologi*. doi:10.11113/jt.v78.9285.
- Bartlett, A. C., Andales, A. A., Arabi, M., ve Bauder, T. A. 2015. "A smartphone app to extend use of a cloud-based irrigation scheduling tool". *Computers and Electronics in Agriculture*. doi:10.1016/j.compag.2014.12.021.
- Barton, J., ve Kindberg, T. 2000. "A Web-Based Nomadic Computing System". *Computer Networks*. doi:10.1371/journal.pone.0111584.
- Barton, J., ve Kindberg, T. 2001. "The Cooltown User Experience". *HP Labs Technical Report HPL200122*. doi:HPL-2001-22.
- Bauer, H., Baur, C., Mohr, D., Tschiesner, A., ve Weskamp, T. 2016. *Industry 4.0 after the initial hype - Where manufacturers are finding value and how they can best capture it*. McKinsey & Company. doi:/10.1016/j.jnoncrysol.2015.08.006.
- Bradford, J. B., Schlaepfer, D. R., Lauenroth, W. K., Yackulic, C. B., Duniway, M., Hall, S., ... Tietjen, B. 2017. "Future soil moisture and temperature extremes imply expanding suitability for rainfed agriculture in temperate drylands". *Scientific Reports*. doi:10.1038/s41598-017-13165-x.
- Brewster, C., Roussaki, I., Kalatzis, N., Doolin, K., ve Ellis, K. 2017. "IoT in Agriculture: Designing a Europe-Wide Large-Scale Pilot". *IEEE Communications Magazine*. doi:10.1109/MCOM.2017.1600528.
- Çakmak, B., Yıldırım, M., ve Aküzüm, T. 2008. "Türkiye’de Tarımsal Sulama Yönetimi, Sorunlar ve Çözüm Önerileri". *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi*, 2:215–224.

- Cao, Y., Jiang, T., ve Han, Z. 2016. "A Survey of Emerging M2M Systems: Context, Task, and Objective". *IEEE Internet of Things Journal*. doi:10.1109/JIOT.2016.2582540.
- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., ve Ivkovic, M. 2011. "Augmented reality technologies, systems and applications". *Multimedia Tools and Applications*. doi:10.1007/s11042-010-0660-6.
- Cassen, R. H. 1987. "Our common future: report of the World Commission on Environment and Development". *International Affairs*. doi:10.2307/2621529.
- Çelen, S. 2017. "Sanayi 4.0 ve simülasyon". *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 1:9–26.
- Chen, M., Mao, S., ve Liu, Y. 2014. "Big data: A survey". İçinde *Mobile Networks and Applications*. doi:10.1007/s11036-013-0489-0.
- Chien, C. F., Hong, T. yen, ve Guo, H. Z. 2017. "A Conceptual Framework for 'Industry 3.5' to Empower Intelligent Manufacturing and Case Studies". *Procedia Manufacturing*. doi:10.1016/j.promfg.2017.07.352.
- Cotteleer, M. J. 2014. *3D opportunity: Additive manufacturing paths to performance, innovation, and growth. Additive Manufacturing Symposium*.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. 2017. *Stratejik plan 2017 – 2021*.
- Djamaa, B., Yachir, A., ve Richardson, M. 2017. "Hybrid CoAP-based resource discovery for the Internet of Things". *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. doi:10.1007/s12652-017-0450-3.
- Dursun, M., ve Ozden, S. 2011. "A wireless application of drip irrigation automation supported by soil moisture sensors". *Scientific Research and Essays*, 6:1573–1582. doi:10.5897/SRE10.949.
- Dutta, R., Morshed, A., Aryal, J., D'Este, C., ve Das, A. 2014. "Development of an intelligent environmental knowledge system for sustainable agricultural decision support". *Environmental Modelling & Software*, 52:264–272. doi:10.1016/j.envsoft.2013.10.004.
- Evans, D. 2011. "The Internet of Things - How the Next Evolution of the Internet is Changing Everything". *CISCO white paper*, 1–11. doi:10.1109/IEEESTD.2007.373646.
- Fan, T. 2013. "Smart Agriculture Based on Cloud Computing and IOT". *Journal of Convergence Information Technology*. doi:10.4156/jcit.vol8.issue2.26.
- FAO. 2017. *The Future of Food and Agriculture, Trends and Challenges. Channels*. doi:/10.1155/2010/178034.
- Fernández, S., Gil, J. G., ve Jaime Del Pozo San Cirilo, L. 2010. "Design and implementation of a GPS guidance system for agricultural tractors using Augmented Reality technology". *Sensors (Switzerland)*. doi:10.3390/s101110435.
- Foyle, D. C., Andre, A. D., ve Hooey, B. L. 2005. "Situation Awareness in an Augmented Reality Cockpit: Design, Viewpoints and Cognitive Glue". *Proceedings of the 11th International Conference on Human Computer Interaction*.
- Friego, M. A., Silva, E. C. C., ve Barbosa, G. F. 2016. "Augmented Reality in Aerospace Manufacturing: A Review". *Journal of Industrial and Intelligent Information*. doi:10.18178/jiii.4.2.125-130.
- Gheisari, M., Wang, G., ve Bhuiyan, M. Z. A. 2017. "A Survey on Deep Learning in Big Data". İçinde *Proceedings - 2017 IEEE International Conference on Computational Science and Engineering and IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing, CSE and EUC 2017*. doi:10.1109/CSE-EUC.2017.215.

- Gibson, I., Rosen, D. W., ve Stucker, B. 2010. *Additive manufacturing technologies: Rapid prototyping to direct digital manufacturing. Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing*. doi:10.1007/978-1-4419-1120-9.
- Gonzalez, A., Carlos, A., Munoz, C., Carlos, J., Moreno, M., Angel, M., ... Gustavo, R. G. 2018. "An IoT-Based Traceability System for Greenhouse Seedling Crops". *IEEE Access*, 6:67528–67535. doi:10.1109/ACCESS.2018.2877293.
- Gowing, J. W., ve Ejieji, C. J. 2001. "Real-time scheduling of supplemental irrigation for potatoes using a decision model and short-term weather forecasts". *Agricultural Water Management*, 47:137–153. doi:10.1016/S0378-3774(00)00101-3.
- Guardian. 2001. "Plug pulled on web's historic coffee pot".
- Guinard, D. 2011. "A Web of Things Application Architecture - Integrating the Real-World into the Web".
- Guinard, D., ve Trifa, V. 2016. *Building the Web of Things: With examples in Node.js and Raspberry Pi*, 1st Editio.
- Guinard, D., Trifa, V., ve Wilde, E. 2010a. "A resource oriented architecture for the Web of Things". *Proc. of 2010 Internet of Things (IOT'10)*, 1–8. doi:10.1109/IOT.2010.5678452.
- . 2010b. "Architecting a Mashable Open World Wide Web of Things".
- Hui, J. W., ve Culler, D. E. 2008. "IP is dead, long live IP for wireless sensor networks". İçinde *Proceedings of the 6th ACM conference on Embedded network sensor systems - SenSys '08*. doi:10.1103/PhysRevD.89.027302.
- Ilapakurti, A., ve Vuppapapati, C. 2015. "Building an IoT framework for connected dairy". İçinde *Proceedings - 2015 IEEE 1st International Conference on Big Data Computing Service and Applications, BigDataService 2015*. doi:10.1109/BigDataService.2015.39.
- International Telecommunication Union. 2012. *Overview of the Internet of things. Y.2060: Overview of the Internet of things*. doi:/10.1109/ESEM.2015.7321184.3.
- Kalapatapu, A., ve Sarkar, M. 2017. "Cloud computing: An overview". İçinde *Cloud Computing: Methodology, Systems, and Applications*. doi:10.1201/b11149.
- Kavis, M. J. 2014. *Architecting the Cloud: Design Decisions for Cloud Computing Service Models (SaaS, PaaS, and IaaS)*. English.
- Kevin, A. 2009. "That 'internet of things' thing". *RFID journal*, 22:97–114.
- Kim, Y., ve Evans, R. G. 2009. "Software design for wireless sensor-based site-specific irrigation". *Computers and Electronics in Agriculture*, 66:159–165. doi:10.1016/j.compag.2009.01.007.
- Kinzel, H. 2016. "Industry 4.0 – Where does this leave the Human Factor?" İçinde *27th Annual Conference of Human Dignity and Humiliation Studies*. doi:14456/jucr.2017.14.
- Krevelen, D. W. F. van, ve Poelman, R. 2010. "A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations". *The International Journal of Virtual Reality*. doi:10.1155/2011/721827.
- Leitão, P., Colombo, A. W., ve Karnouskos, S. 2016. "Industrial automation based on cyber-physical systems technologies: Prototype implementations and challenges". *Computers in Industry*. doi:10.1016/j.compind.2015.08.004.
- Lele, A. 2019. "Industry 4.0". İçinde *Smart Innovation, Systems and Technologies*. doi:10.1007/978-981-13-3384-2_13.
- Li, R. A., Sha, X., ve Lin, K. 2014. "Smart greenhouse: A real-time mobile intelligent monitoring system based on WSN". İçinde *IWCMC 2014 - 10th International*

- Wireless Communications and Mobile Computing Conference*. doi:10.1109/IWCMC.2014.6906517.
- Lorite, I. J., Ramírez-Cuesta, J. M., Cruz-Blanco, M., ve Santos, C. 2015. “Using weather forecast data for irrigation scheduling under semi-arid conditions”. *Irrigation Science*, 33:411–427. doi:10.1007/s00271-015-0478-0.
- Lu, Y. 2017. “Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues”. *Journal of Industrial Information Integration*. doi:10.1016/j.jii.2017.04.005.
- Madakam, S., Ramaswamy, R., ve Tripathi, S. 2015. “Internet of Things (IoT): A Literature Review”. *Journal of Computer and Communications*. doi:10.4236/jcc.2015.35021.
- Mao, Y., You, C., Zhang, J., Huang, K., ve Letaief, K. B. 2017. “A Survey on Mobile Edge Computing: The Communication Perspective”. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*. doi:10.1109/COMST.2017.2745201.
- Mazhelis, O., Luoma, E., ve Warma, H. 2012. “Defining an Internet-of-Things ecosystem”. İçinde *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. doi:10.1007/978-3-642-32686-8_1.
- McCown, R. L., Carberry, P. S., Dalglish, N. P., Foale, M. A., ve Hochman, Z. 2012. “Farmers use intuition to reinvent analytic decision support for managing seasonal climatic variability”. *Agricultural Systems*, 106:33–45. doi:10.1016/j.agsy.2011.10.005.
- McKinsey & Company, Manyika, J., Chui, M., Miremadi, M., Bughin, J., George, K., ... Dewhurst, M. 2017. “A future that works: Automation, employment, and productivity”. *Mckinsey Global Institute*. doi:10.1007/s00227-011-1666-y.
- Mell, P. 2011. “The NIST Definition of Cloud Computing Recommendations of the National Institute of Standards and Technology”. *National Institute of Standards and Technology, Information Technology Laboratory*. doi:10.1136/emj.2010.096966.
- Mendez, G. R., Md Yunus, M. A., ve Mukhopadhyay, S. C. 2012. “A WiFi based smart wireless sensor network for monitoring an agricultural environment”. *2012 IEEE I2MTC - International Instrumentation and Measurement Technology Conference, Proceedings*, 2640–2645. doi:10.1109/I2MTC.2012.6229653.
- Michels, J. S. 2017. “Industrial connectivity and industrial analytics, core components of the factory of the future”. İçinde *The Internet of Things: Industrie 4.0 Unleashed*. doi:10.1007/978-3-662-54904-9_15.
- Nikolidakis, S. A., Kandris, D., Vergados, D. D., ve Douligieris, C. 2015. “Energy efficient automated control of irrigation in agriculture by using wireless sensor networks”. *Computers and Electronics in Agriculture*, 113:154–163. doi:10.1016/j.compag.2015.02.004.
- Ojha, T., Misra, S., ve Raghuwanshi, N. S. 2017. “Sensing-cloud: Leveraging the benefits for agricultural applications”. *Computers and Electronics in Agriculture*, 135:96–107. doi:10.1016/j.compag.2017.01.026.
- Pfeiffer, T., Hellmers, J., Schön, E. M., ve Thomaschewski, J. 2016. “Empowering User Interfaces for Industrie 4.0”. *Proceedings of the IEEE*. doi:10.1109/JPROC.2015.2508640.
- Pooja, S., Uday, D. V., Nagesh, U. B., ve Talekar, S. G. 2018. “Application of MQTT protocol for real time weather monitoring and precision farming”. İçinde *International Conference on Electrical, Electronics, Communication Computer Technologies and Optimization Techniques, ICEECCOT 2017*.

- doi:10.1109/ICEECCOT.2017.8284616.
- Rocket Scream Electronics. 2019. "Low Power Library for Arduino". <https://github.com/rocketscream/Low-Power> (erişim 26 Ocak 2019).
- Rojko, A. 2017. "Industry 4.0 Concept: Background and Overview". *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*. doi:10.3991/ijim.v11i5.7072.
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., ve Harnisch, M. 2015. "Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries". *Boston Consulting*. doi:10.1007/s12599-014-0334-4.
- Schluse, M., Priggemeyer, M., Atorf, L., ve Rossmann, J. 2018. "Experimentable Digital Twins-Streamlining Simulation-Based Systems Engineering for Industry 4.0". *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. doi:10.1109/TII.2018.2804917.
- Shepherd, M., Turner, J. A., Small, B., ve Wheeler, D. 2018. "Priorities for science to overcome hurdles thwarting the full promise of the 'digital agriculture' revolution". *Journal of the Science of Food and Agriculture*. doi:10.1002/jsfa.9346.
- Shi, W., Cao, J., Zhang, Q., Li, Y., ve Xu, L. 2016. "Edge Computing: Vision and Challenges". *IEEE Internet of Things Journal*. doi:10.1109/JIOT.2016.2579198.
- Shukla, C., Vazquez, M., ve Frank Chen, F. 2003. "Virtual manufacturing: An overview". *Computers & Industrial Engineering*. doi:10.1016/0360-8352(96)00083-6.
- Stergiou, C., Psannis, K. E., Gupta, B. B., ve Ishibashi, Y. 2018. "Security, privacy & efficiency of sustainable Cloud Computing for Big Data & IoT". *Sustainable Computing: Informatics and Systems*. doi:10.1016/j.suscom.2018.06.003.
- Stock, T., ve Seliger, G. 2016. "Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0". İçinde *Procedia CIRP*. doi:10.1016/j.procir.2016.01.129.
- "T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü". 2018.
- The Boston Consulting Group (BCG). 2015. *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. The Boston Consulting Group. doi:/10.1007/s12599-014-0334-4.
- Thomidis, T., Zioziou, E., Koundouras, S., Karagiannidis, C., Navrozidis, I., ve Nikolaou, N. 2016. "Effects of nitrogen and irrigation on the quality of grapes and the susceptibility to Botrytis bunch rot". *Scientia Horticulturae*, 212:60–68. doi:10.1016/j.scienta.2016.09.036.
- TÜİK, T. İ. K. 2018. *Nüfus Projeksiyonları, 2018-2080*.
- Wang, W., Cui, Y., Luo, Y., Li, Z., ve Tan, J. 2017. "Web-based decision support system for canal irrigation management". *Computers and Electronics in Agriculture*. doi:10.1016/j.compag.2017.11.018.
- White, D., ve Irlbeck, E. 2014. "Exploring Agriculturalists' Use of Social Media for Agricultural Marketing Exploring Agriculturalists' Use of Social Media for Agricultural Marketing", 98.
- Whitmore, A., Agarwal, A., ve Da Xu, L. 2015. "The Internet of Things—A survey of topics and trends". *Information Systems Frontiers*. doi:10.1007/s10796-014-9489-2.
- Wilde, E. 2007. *Putting Things to REST*. UCB iSchool Report. doi:/10.1111/1467-9884.00145.
- Wu, H. H., ve Chuang, Y. T. 2017. "Low-Cost Smart Refrigerator". İçinde *Proceedings - 2017 IEEE 1st International Conference on Edge Computing, EDGE 2017*. doi:10.1109/IEEE.EDGE.2017.41.
- Wu, R., Painumkal, J. T., Randhawa, N., Palathingal, L., Hiibel, S. R., Dascalu, S. M., ve Harris, F. C. 2016. "A new workflow to interact with and visualize big data for web applications". İçinde *Proceedings - 2016 International Conference on*

- Collaboration Technologies and Systems, CTS 2016*. doi:10.1109/CTS.2016.61.
- Xiong, Y., Ge, Y., Liang, Y., ve Blackmore, S. 2017. "Development of a prototype robot and fast path-planning algorithm for static laser weeding". *Computers and Electronics in Agriculture*. doi:10.1016/j.compag.2017.11.023.
- Yavuz, V. A. 2014. "Tedarik Zinciri Yönetiminde Simülasyon Kullanımı". *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*.
- Yazar, D., ve Dunkels, A. 2009. "Efficient application integration in IP-based sensor networks". İçinde *Proceedings of the First ACM Workshop on Embedded Sensing Systems for Energy-Efficiency in Buildings - BuildSys '09*. doi:10.1145/1810279.1810289.
- Yi, S., Li, C., ve Li, Q. 2015. "A Survey of Fog Computing: Concepts, Applications and Issues". İçinde *Proceedings of the 2015 Workshop on Mobile Big Data - Mobidata '15*. doi:10.1145/2757384.2757397.
- Yıldırım, O. 2008. *Sulama Sistemlerinin Tasarımı*. Ankara Üniversitesi Basımevi.
- Zapata, I. V. 2007. "From Cooltown to QR Code La tecnolog{ }a de Internet en la vida diaria". *Paperback*. doi:10.1534/genetics.105.055145.
- Zhu, C., Leung, V. C. M., Shu, L., ve Ngai, E. C. H. 2015. "Green Internet of Things for Smart World". *IEEE Access*, 3:2151–2162. doi:10.1109/ACCESS.2015.2497312.

7. ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : MAHMUT DURGUN
Doğum Tarihi : 1982
Medeni Durumu : Evli
Mobil : (+90) 555 560 97 60
E-posta : mahmutd@yandex.com, mahmutd@kmu.edu.tr

AKADEMİK DENEYİM

04/2011-Devam - Karamanoglu Mehmetbey Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği,
Bilgisayar Donanımı A.B.D.

EĞİTİM

DOKTORA(PHD) Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği
2015 - 2019
YÜKSEK LİSANS Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği
2011-2014
YÜKSEK LİSANS Viyana Teknoloji Üniversitesi, Teknik İnfomatik
2008-2009
LİSANS Karadeniz Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği,
2006-2008
MESLEK YÜK. OKU. Ege Üniversitesi, Bilgisayar Programcılığı
2001-2003
LİSE Tokat Teknik Lisesi, Bilgisayar Yazılımı
1995-2000

ÖDÜLLERİM

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Arge Proje Pazarı 2018
Proje Pazarı Birinciliği
50. Yılda 50 Startup – Mercedes-Benz Türk 2017
3.Finalistler Arasında
Türkiye İhracatçılar Meclisi TET Proje Pazarı 2016
Bilgi ve İletişim Teknolojileri Alanında Birincilik Ödülü
IBM Smartcamp Türkiye 2012
Türkiye Finalisti
IBM Smartcamp Türkiye 2012

Halk Oylamasında En İyi Proje Ödülü

TEZLER:

Mahmut DURGUN (2013, 01), " İnternet Tabanlı Meteorolojik Ölçüm Cihazının Geliştirilmesi Ve Performansının Belirlenmesi, ", Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat.

Mahmut DURGUN (2009, 06), " Web 2.0 Ideas, technologies and implications", Bachelor Thesis, Viyana Teknik Üniversitesi, Vienna, Austria.

Mahmut DURGUN (2003, 06), "Ege Üniversitesi Kariyer Sistemi", Meslek Yüksekokulu Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.

PROJE DENEYİMLERİ

10/2017 – Nesnelerin İnterneti ile Alarm Sistemi, Özel Kuruluşlar, Yürütücü: Durgun Mahmut, 20/10/2017 (Devam Ediyor) (ULUSAL)

10/2017 – Nesnelerin İnterneti için Görünür Işıklı Haberleşme Modülü, Yükseköğretim Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi, Araştırmacı: Durgun Mahmut, Yürütücü: Gökrem Levent, 22/10/2017 (Devam Ediyor) (ULUSAL)

09/2015 – Akıllı Aydınlatma, Özel Kuruluşlar, Yürütücü: Durgun Mahmut, , 01/09/2015 - 31/10/2017 (ULUSAL)

04/2013 – ERA Net ITAPIC AB FP7– Araştırmacı (2 Yıl) – 191.400 TL Project Name : Application of Information Technologies in Precision Apiculture

05/2011 – Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Teknogirişim Sermayesi Desteği, Proje Yürütücüsü (1 yıl) – 100.000 TL Proje İsmi: Gömülü Sistem Web Sunucusu

05/2011 – Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Teknogirişim Sermayesi Desteği, Proje Danışmanı (1 yıl) – 100.000 TL Proje İsmi: Akıllı Ev Otomasyonu

11/2011 – Mevlana Kalkınma Ajansı, Proje Araştırmacısı (1 Yıl) – 72.930 TL Project Name : Türkiye Sanayi Üniversite İşbirliği Sanayi Doktoru Projesi

ARAŞTIRMA

2239 - Girişimcilik ve Yenilikçilik Eğit. ve Araştırma Faaliyetlerini Destekleme Programı , Bu programın amacı, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından Teknogirişim Sermaye Desteğini kazananlar arasından yapılacak elemeyi geçerek önerilmiş adaylara girişimcilik ve yenilikçilik alanlarında yurt dışında düzenlenen eğitim programlarına katılım desteği sağlamaktır., GBA Acc. Company, Araştırma, 16.01.2015 -27.02.2015 (Uluslararası)

YAYINLAR

- Çeltek Seyit Alperen,Durgun Mahmut,Gökrem Levent,Durgun Yeliz (2017). Nesnelerin İnterneti Tabanlı Yangın Alarm Sistemi Tasarımı veUygulaması. Gaziosmanpasa Journal of Scientific Research, 6(3), 6672 (Yayın No: 3714664)
- Durgun Mahmut,Çeltek Seyit Alperen,Gökrem Levent,Sabancı Kadir,Durgun Yeliz (2017). Real-Time Noise Monitoring System with WoT Framework. International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3640216)
- Çeltek Seyit Alperen,Durgun Mahmut,Gökrem Levent,Sabancı Kadir,Durgun Yeliz (2017). Design and implementation of Internet of Things for Fire Alarm System. International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3640215)
- Çeltek Seyit Alperen,Durgun Mahmut,Soy Hakkı (2017). Internet of Things based smart home system design through wireless sensor/actuator networks. 2017 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT), Doi: 10.1109/AIACT.2017.8020054 (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3544510)
- Çeltek Seyit Alperen,Durgun Mahmut,Soy Hakkı (2017). Internet of Things based smart home system design through wireless sensor / actuator networks. 2nd IEEE International Conference Advanced Information And Communication Technologies (AICT 2017), 15-18., Doi: 10.1109/AIACT.2017.8020054 (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3878019)
- Durgun Mahmut,Çeltek Seyit Alperen,Durgun Yeliz,Gökrem Levent (2017). The design and implementation of web of low-power wireless temperature monitoring and alarm system. 2017 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies (AICT), Doi: 10.1109/AIACT.2017.8020055 (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3544516)
- Durgun Yeliz, Durgun Mahmut (2017). Nesnelerin haberleşmesiyle bebeklerde kaliteli uyku yönetimine yönelik yeni nesil akıllı kapı zili uygulaması. 2. Uluslararası Mühendislik Mimarlık Ve Tasarım Kongresi (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3551055)
- Durgun Mahmut, Durgun Yeliz, Gökrem Levent (2017). Nesnelerin internetinin led lambalara uygulanabilirliği. 2. Uluslararası Mühendislik Mimarlık Ve Tasarım Kongresi (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3551058)
- Çeltek Seyit Alperen, Durgun Mahmut, Sabancı Kadir (2017). Near Field Communication Based Roll Call System. 5th International Conference on Advanced Technology Sciences (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum)(Yayın No:3537880)
- Zacepins Aleksejs,Kviesis Armands,Ahrendt Peter,Richter Uwe, Tekin Şaban, Durgun Mahmut (2016). Beekeeping in the future Smart apiary management. 2016 17th International Carpathian Control Conference (ICCC), Doi: 10.1109/Carpathian CC.2016.7501207 (Tam Metin Bildiri/)(Yayın No:3096746)

- Armands Kviesis,Zacepins Aleksejs, Durgun Mahmut, Tekin Şaban (2015). Application of Wireless Sensor Networks in Precision Apiculture. Engineering for Rural

DİL

İngilizce

: YDS 60

