T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DAĞITIM TRANSFORMATÖRLERİNİN PARAMETRELERİN NESNELERİN İNTERNETİ KULLANARAK UZAKTAN İZLENMESİ

Mehmet HASIR

DANIŞMAN
Doç. Dr. Cengiz Polat UZUNOĞLU

II. DANIŞMAN
Doç. Dr. Serap ÇEKLİ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2020

Bu çalışma, 7.07.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Cengiz Polat UZUNOĞLU(Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. İbrahim GÜNEŞ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpa
Mühendislik Fakültesi

Dr. Öğr. Üyesi Ali AKMAN
Maltepe Üniversitesi
Mühendislik ve Doğa Bilimleri

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 34411 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim süresince her türlü bilgi, tecrübe ve yönlendirmelerinden yararlandığım, ayrıca her kritik durumda yardımlarını esirgemeyen danışmanım Doç.Dr. Cengiz Polat Uzunoğlu'na sonsuz teşekkür ve minnetlerimi sunarım. Her türlü yönlendirme ve desteklerinden yararlandığım eş danışmanım Doç.Dr. Serap Çekli 'ye de teşekkür ederim.

Tüm tez sürecinde teknik bilgisiyle her zaman destek veren Ceyhun Uzunoğlu'na çok teşekkür ederim. Yüksek lisans süresince fikirlerine danıştığım ve her zaman elinden gelen yardımı yapan Halil Şahin' e çok teşekkür ederim.

Son olarak, her kararımda daima yanımda olan ve desteklerini hep hissettiğim annem Ayşe Hasır, babam Şaban Hasır ve kardeşim Yasemin Hasır' a tüm içtenliğimle teşekkür ederim.

Haziran 2020 Mehmet HASIR

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vii**
TABLO LİSTESİ ..... **x**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **xi**
ÖZET ..... **xii**
SUMMARY ..... **xiii**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **6**
2.1. TRANSFORMATÖRLER 6
2.2. NESNELERİN İNTERNETİ 12
2.2.1. Algılayıcılar (Sensörler) 16
2.2.2. Mikrodenetleyici 17
2.2.3. Haberleşme Yöntemleri 19
3. MALZEME VE YÖNTEM **29**
3.1. ARDUINO 29
3.2. ALGILAYICILAR (SENSÖRLER) 33
3.2.1. Sıcaklık ve Nem Algılayıcısı 33
3.2.2. Gaz Algılayıcıları 34
3.2.3. Işık Algılayıcısı 38
3.3. TRANSFORMATÖR 39
3.4. VARYAK 40
3.5. HABERLEŞME MODÜLÜ 41
3.6. TEST DÜZENEĞİ 41
3.7. İZLEME ARAYÜZÜ 43
3.7.1. Thingspeak 43
3.7.2. Kibana 44
3.8. VERİ ANALİZİ 45
3.8.1. BayesNet 46
3.8.2. Çok Katmanlı Algılayıcı 47

3.8.3. Rastgele Orman 48
4. BULGULAR 50
4.1. NORMAL ÇALIŞMA TESTİ 50
4.2. IŞIK ŞİDDETİ TESTİ 55
4.3. SICAKLIK ARTIŞ TESTİ 56
4.4. NEM ARTIŞ TESTİ 59
4.5. TRANSFORMATÖR DEŞARJ TESTİ 62
4.6. VERİ ANALİZİ 65
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 72
KAYNAKLAR 75
EKLER 81
ÖZGEÇMİŞ 82

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1 : Transformatör gösterimi. 8
Şekil 2.2 : Kuru tip ve yağlı tip transformatör[30]. 10
Şekil 2.3 : Nesnelerin interneti örnek model [43]. 13
Şekil 2.4 : Nesnelerin internetinin uygulama alanları. 14
Şekil 2.5 : 3 katmanlı nesnelerin interneti mimarisi. 15
Şekil 2.6 : 5 katmanlı nesnelerin interneti mimarisi. 15
Şekil 2.7 : Algılayıcı ve ortam çalışma prensibi. 16
Şekil 2.8 : Algılayıcı örnekleri. 17
Şekil 2.9 : Mikroişlemci örnekleri. 17
Şekil 2.10 : Mikrodenetleyici örnek yapısı. 18
Şekil 2.11 : Geliştirme kartları örnekleri. 19
Şekil 2.12 : Kablosuz ağ yapıları [80]. 20
Şekil 3.1 : Arduino programlama ekranı. 30
Şekil 3.2 : Arduino çeşitleri. 31
Şekil 3.3 : Arduino kalkan çeşitleri. 31
Şekil 3.4 : Arduino Mega 2560. 32
Şekil 3.5 : DHT22 sıcaklık ve nem algılayıcısı. 33
Şekil 3.6 : MQ-135 gaz algılayıcı. 35
Şekil 3.7 : MQ-9 gaz algılayıcısı. 36
Şekil 3.8 : MQ-7 gaz algılayıcısı. 37
Şekil 3.9 : Ldr algılayıcısı. 38
Şekil 3.10 : VTB 30-200 gerilim transformatörü. 40
Şekil 3.11 : Varsan kutulu tip varyak. 40

Şekil 3.12 : Esp-8266 haberleşme modülü. 41
Şekil 3.13 : Test düzeneği. 42
Şekil 3.14 : Arduino-algılayıcı bağlantıları. 42
Şekil 3.15 : Thingspeak çalışma şeması [87]. 43
Şekil 3.16 : Thingspeak örnek izleme ekranı. 44
Şekil 3.17 : Kibana gösterge paneli. 45
Şekil 3.18 : 10-kat çapraz doğrulama eğitim ve test şekli. 46
Şekil 3.19 : ÇKA yapısı [93]. 48
Şekil 4.1 : Normal çalışma için oluşturulan test düzeni. 51
Şekil 4.2: Normal çalışmada sıcaklık değişimi. 51
Şekil 4.3 : Normal çalışmada bağıl nem değişimi. 52
Şekil 4.4 : Normal çalışmada hava kalitesi değişimi. 52
Şekil 4.5 : Normal çalışmada CO ve yanıcı gaz değişimi. 53
Şekil 4.6 : Normal çalışmada CO değişimi. 54
Şekil 4.7 : Normal çalışmada ışık şiddeti değişimi. 54
Şekil 4.8 : Işık şiddeti değişimine karşılık diğer parametrelerdeki değişim. 55
Şekil 4.9 : Sıcaklık artışının değişimi. 56
Şekil 4.10 : Sıcaklık artışında bağıl nem değişimi. 57
Şekil 4.11 : Sıcaklık artışında hava kalitesi değişimi. 58
Şekil 4.12 : Sıcaklık artışında CO ve yanıcı gaz değişimi. 58
Şekil 4.13 : Sıcaklık artışında CO değişimi. 59
Şekil 4.14 : Bağıl nem artışının değişimi. 60
Şekil 4.15 : Bağıl nem artışında sıcaklık değişimi. 60
Şekil 4.16 : Bağıl nem artışında hava kalitesi değişimi. 61
Şekil 4.17 : Bağıl nem artışında CO ve yanıcı gazların değişimi. 61
Şekil 4.18 : Deşarj süresince ortamdaki sıcaklık değişimi. 62
Şekil 4.19 : Deşarj süresince ortamdaki nem değişimi. 63

Şekil 4.20 : Deşarj süresince ortamdaki hava kalitesi değişimi. 63
Şekil 4.21 : Deşarj süresince ortamdaki CO-yanıcı gaz değişimi. 64
Şekil 4.22 : Deşarj süresince ortamdaki CO değişimi. 64
Şekil 4.23 : Deşarj süresince ortamdaki ışık şiddeti değişimi. 65
Şekil 4.24 : 1.veri seti için BayesNet hata matrisi. 66
Şekil 4.25 : 1.veri seti için ÇKA hata matrisi. 66
Şekil 4.26 : 1.veri seti ÇKA modeli. 67
Şekil 4.27 : 1.veri seti için RO hata matrisi. 67
Şekil 4.28 : 2.veri seti için BayesNet hata matrisi. 68
Şekil 4.29 : 2.veri seti için ÇKA hata matrisi. 68
Şekil 4.30 : 2.veri seti ÇKA modeli. 69
Şekil 4.31 : 2.veri seti için RO hata matrisi. 69
Şekil 4.32 : 3.veri seti için BayesNet hata matrisi. 70
Şekil 4.33 : 3.veri seti için ÇKA hata matrisi. 70
Şekil 4.34 : 3.veri seti ÇKA modeli. 71
Şekil 4.35 : 3.veri seti için RO hata matrisi. 71

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1 : Güç ve dağıtım transformatörlerinin kıyaslanması 8

Tablo 2.2 : Yağlı ve kuru tip dağıtım transformatörlerinin kıyaslanması. 10

Tablo 2.3 : Haberleşme standartları kıyaslanması[52]. 22

Tablo 3.1 : DHT22 ölçüm aralığı ve hassasiyeti 34

Tablo 3.2 : Genlik-Aydınlık düzeyi.....39

Tablo 4.1 : Veri setlerinde denenen algoritmalar (%) 65

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler **Açıklama**

$\mathbf{V_p}$: Primer Gerilimi

$\mathbf{V_S}$: Sekonder Gerilimi

$\mathbf{I_p}$: Primer Akımı

$\mathbf{I_s}$: Sekonder Akımı

$\mathbf{N_p}$: Primer Sarım Sayısı

$\mathbf{N_s}$: Sekonder Sarım Sayısı

$\mathbf{P_p}$: Primer Gücü

$\mathbf{P_s}$: Sekonder Gücü

N : Dönüştürme Oranı

Kısaltmalar **Açıklama**

ALU : Aritmetik mantık birimi
ÇKA : Çok katmanlı algılayıcı
IoT : Internet of Things
Hz : Hertz
kV : kilovolt
km : kilometre
Nİ : Nesnelerin İnterneti
ppm : parts per million
RO : Rastgele orman algoritması
TEİAŞ : Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
WiFi : Wireless Fidelity

ÖZET

DAĞITIM TRANSFORMATÖRLERİNİN PARAMETRELERİN NESNELERİN İNTERNETİ KULLANARAK UZAKTAN İZLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet HASIR

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Cengiz Polat UZUNOĞLU

II. Danışman : Doç. Dr. Serap ÇEKLİ

Günümüzde elektrik enerjisinin üretimi, iletimi ve dağıtımı giderek karmaşıklaşmaktadır. Transformatörler, güç sistemlerinde iletim ve dağıtım alanlarında yoğun olarak kullanılmaktadır. Transformatörlerin düzgün çalışması enerjinin kesintisiz ve sürekli dağıtılmasını sağlar. Nesnelerin interneti son yıllarda hayatımızda geniş yer kaplamaya başlamıştır. Nesnelerin interneti aracılığıyla birçok izleme ve otomasyon sistemi geliştirilmektedir. Bu tez kapsamında transformatörler için nesnelerin interneti öğeleri kullanılarak ortam parametrelerinin uzaktan izlenmesi yapılmıştır. Anlık olarak verilerin takibi ve bulut ortama depolanması sağlanmıştır. Farklı ortam koşulları modellenerek testler tekrarlanmıştır. Elde edilen veriler özelliklerine göre veri setlerine ayrılıp sınıflandırma yöntemlerine tabi tutulmuştur. Veri sınıflandırması yaparken Bayes ağları, çok katmanlı algılayıcı ve rastgele orman algoritmaları kullanılmıştır. Algoritmaların başarım oranları karşılaştırılarak analizler yapılmıştır.

Haziran 2020, 96. sayfa.

Anahtar kelimeler: Nesnelerin İnterneti, Transformatör, Algılayıcılar

SUMMARY

REMOTE MONITORING of DISTRIBUTION TRANSFORMER's PARAMETERS by USING INTERNET of THINGS

M.Sc. THESIS

Mehmet HASIR

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Electrical and Electronic Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Cengiz Polat UZUNOĞLU

Co-Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Serap ÇEKLİ

Electrical energy production, transmission and distribution techniques are getting more complex day by day. Power transformers are frequently used key elements of power systems. The proper operation of the transformers ensures constant and uninterrupted energy distribution. The Internet of Things has been essential method and take place in daily life recently. Online monitoring and automation systems using the Internet of Things are proposed in most systems. In this thesis, monitoring environmental parameters of transformers is investigated by using Internet of Things. Online monitoring and storage in the cloud systems are provided. Different environmental conditions are modeled and tests are conducted for these conditions. The data obtained from tests are divided into data sets according to the features and subjected to classification methods. Bayes networks are for multi-layer perception and random forest algorithms are proposed for classification. The performance ratings of these algorithms are compared and data classification is analysis results are given.

June 2020, 96. pages.

Keywords: Internet of Things, Transformer, Sensor

1. GİRİŞ

Günümüzde artan endüstrileşme ve makineleşme elektrik enerjisi ihtiyacını arttırmaktadır. Endüstrilerde ve konutlarda her geçen gün artan elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilmek için üretim miktarının arttırılması ilk yöntemdir. Üretilen enerjiyi arttırmak tek başına yeterli olmayıp üretim, iletim ve dağıtım aşamalarında kayıpların ve hataların en az olması gerekmektedir. Enerjinin sürdürülebilir, güvenilir, yüksek kalite (düşük harmoniğe sahip ve dalgalanmasız) ve düşük maliyetle son kullanıcıya ulaşması gerekmektedir [1]. Elektrik enerjisinin iletim ve dağıtım aşamalarında transformatörler büyük rol oynamaktadır [2]. Transformatörler üretim aşamasında normal ve aşırı yük durumlarında çalışma için ortalama 20-25 yıl ömürle tasarlanan uzun ömürlü elektrik makineleridir. Bu ömür süresini yüksek performans ve verimle tamamlaması enerji sistemlerine olumlu katkı sağlar. Transformatörlerin güvenli ve eksiksiz çalışması enerji akışının sürekliliğini sağlaması için gereklidir [3]. Transformatörlerde meydana gelen arızalar, enerji akış sisteminde beklenmedik çıkışlar ve güç iletim sorunları oluşturur. Arızaların giderilmesi süreci yüksek maliyetli ve uzun süreli olması sebebiyle hem üretici ve tedarikçi hem de tüketici için en istenmeyen durumdur [4]. Bu sebeple transformatörlerin düzenli kontrol edilebilmesi enerji iletim ve dağıtım sistemleri için çok önemlidir. Tasarım ve pratik kullanımında farklı yüklenme durumları ve sürelerine göre belli bir kontrol ve bakım düzeni planlanmış olsa dahi transformatörler olağandışı şartlarda çalışmaya maruz kaldığı için bu planlamalar değişmektedir. Bu aşamada, transformatörlerin anlık olarak takip edilmesi kontrol ve arıza tespiti için önemli bir yer tutar. Transformatörlerin çalışma ve bekleme durumlarında izlenebilmesi birçok noktada büyük avantajlar sağlar [5]. Transformatörlerin izlenmesiyle o anki çalışma esnasındaki elektriksel parametrelerini (akım, gerilimi, yüklenme derecesi vb) ve transformatör ortam parametrelerini (sıcaklık, nem, gaz oranı, parıltı) takip etmek mümkündür. Transformatörün tasarlandığı sınır değerler dışında çalışması veya herhangi bir arıza başlangıcı durumunda, transformatör parçalarının daha çabuk bozulmasına, transformatörün sağlıklı çalışmamasına ve planlanan ömrünün düşmesine sebep olur. Elektrik enerjisinin iletim ve dağıtımında farklı yerlerde ve kısımlarda konumlandırılmış transformatörler bulunmaktadır. Aynı dağıtım sistemi içinde dahi transformatörlerin birbirinden bağımsız ve uzak noktalarda konumlandığı düşünüldüğünde transformatörlerin

uzaktan izlenebilmesi ve takip edilebilmesi, arızaların daha erken ve hızlı tespitine yardımcı olur ve enerjinin en iyi şekilde tüketiciye ulaştırılmasına katkı sağlar [6,7].

Güç iletim ve dağıtım sistemlerinde kullanılan transformatörlerin çoğunda bilgi edinme sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Transformatörlerin kullanım yeri ve amaçlarına göre birçok farklı izleme ve takip yöntemi uygulanmaktadır. Bu yöntemlerde transformatörün normal şartlarda çalışma esnasındaki önem arz eden parametrelerini gözlemlemek en temel amaç olmuştur [8]. Transformatörün giriş çıkış gerilimleri, gerilim düşümleri, aktif ve reaktif güç değerleri, izolasyon yağı seviyesi, izolasyon yağı sıcaklığı, primer ve sekonder sargı sıcaklıkları, yüklenme değeri ve çalışma durumu hakkında bilgi verir. Transformatörlerin çoğu kapalı alanlarda kullanıldığı için bu kapalı ortamın sıcaklık değeri ve nem miktarı, içerisindeki gaz konsantrasyonlarının dağılım ve değişimleri, ortamdaki ışık şiddeti gibi parametrelerin gözlenmesi transformatör için bazı faydalı bilgiler verir.

Son yıllarda kablolu iletişim kadar kablosuz iletişim ve bağlantı teknolojileri gelişme göstermiştir. İnternete bağlı akıllı telefon, tablet, bilgisayar gibi cihazların sayısının dramatik şekilde artmasıyla bu cihazlarla beraber nesnelerin interneti (Internet of Things- IoT) kavramı ortaya çıkmıştır [9]. Nesnelerin interneti, nesnelerin bağlı bulundukları ortamı algılamaları ve bilgi paylaşımını kablolu veya kablosuz ağlar üzerinden yapması temeline dayanır. Daha basit tanımlamayla nesnelerin interneti, farklı makinelerin insan müdahalesine ihtiyaç duymadan kendi aralarında bilgi alışverişi yapabilmesi ve etkileşim halinde olmasıdır. Nesnelerin interneti çalışmalarının amacı sadece makineler ve nesnelerin iletişim halinde olması değil bazı görevlerin otomatik olarak gerçekleştirmesini sağlamaktır. Nesnelerin interneti kendi içinde birçok teknolojiyi bulundurarak geniş kullanım alanına yayılmaktadır. Kablosuz sensör ağları, bulut bilişim, makine makine iletişimi (M2M), radyo frekans tanımlama, yakın alan haberleşmesi önemli teknolojilerden bazılarıdır [10]. Nesnelerin interneti, kişisel gündelik kullanımdan endüstrinin birçok farklı alanına kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktır. Akıllı telefonlar ve giyilebilir cihazlar kişisel kullanım için yaygınken, akıllı çevreler (bina, fabrika, şehir gibi), lojistik ve ulaşım gibi endüstriyel alanlarda yaygındır [11]. IoT, sanayi ve üretimde özellikle verimliliği arttırmak, güvenli çalışmak, işgücünü azaltmak ve maliyeti azaltmak gibi hedeflerle sık kullanılmaktadır [12,13].

Enerji sistemleri ve elemanlarında nesnelerin interneti tabanlı uygulamalar özellikle uzaktan izleme ve kontrol konularında kullanılmaktadır. Nesnelerin interneti temelli sistemler

kurulum ve kullanım, değiştirilebilirlik ve uyarlanabilirlik, maliyet ve güvenlik açısından klasik izleme sistemlerine göre avantajlıdır. 1 veya 3 fazlı transformatörlerde aşırı yüklenme durumundaki zararları en aza indirgeme, arızaların erken tespitiyle tamir ve değişim süresini kısaltma ve maliyetini azaltma mümkündür. İkaz ve erken uyarı sistemleriyle olağandışı çalışma halinde anlık uyarı oluşturma, olası arıza transformatörünün yer ve konumunu belirtmek mümkündür. Güç tüketimi, güç faktörünün takibi ve değiştirilebilmesiyle elektrik enerjisinin kalitesini iyileştirmek mümkün olur. Ortam verilerine uygun haberleşme modeliyle istenilen her yerden ortam parametrelerine ulaşabilmek mümkündür. Kontrol düzenekleriyle çalışmayı uzaktan denetleyerek değiştirme veya sistemden çıkartma gibi birçok işlem yapılabilmesi mümkündür [14].

Enerji sistemlerinde nesnelerin internetini temel alan birçok araştırma ve uygulama yapılmıştır. Akıllı sayaçlar ve algılayıcıların birlikte kullanımı ile anlık olarak enerji tüketimini takip etmek ve fiyatlandırmaları yapmak üretici ve tüketici için iyi bir çalışmadır. Güneş panellerinde nesnelerin interneti kullanımıyla anlık enerji üretim miktarını takip etmek, sonraki saatler için tahmin yapmak, panellerin verimini ölçmek ve batarya dolulukları tespit etmek yapılan başka bir çalışmadır [15]. Transformatörlerde izolasyon yağının durumu transformatörün düzgün ve uzun ömürlü çalışması için önemli bir göstergedir. Yağ içinde kullanılan seviye ve sıcaklık algılayıcılarıyla yağın anlık olarak takibi ve değiştirilme süresinin tahmini yapılan başka bir araştırmadır [16]. Dağıtım transformatörlerinin akım ve gerilim değerlerini internet aracılığıyla takip etmek ve eşik değerleri dışında çalışması durumunda uyarı mesajı veren bir gömülü sistem yapmışlardır [17]. Enerji sistemleri ve transformatörlerin önemi her geçen gün artmaya devam ettikçe nesnelerin internetiyle yapılan çalışmalar artmaya devam edecektir.

Bu tez kapsamında nesnelerin interneti temel alınarak kapalı bir ortamdaki ortam parametrelerinin değişimi ve transformatörün farklı gerilim seviyelerinde çalışması süresince ortam parametrelerinde meydana gelen değişikler eş zamanlı takip edilmiştir. Ortamdaki sıcaklık, nem, gaz konsantrasyonları gibi değerler incelenmiştir. İzleme sistemi üzerinden toplanan verilerle ortam durumları ve çalışma durumları için sınıflandırma yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında sıcaklık, nem, farklı hassasiyetlere sahip gaz ve ışığa duyarlı algılayıcılar Arduino geliştirme kartıyla kullanılmıştır. Algılayıcıların verileri kablosuz internet aracılığıyla Thingspeak platformuna ve kablolu şekilde kişisel bilgisayara gönderilmesi için

iki düzenek oluşturulmuştur. Kişisel bilgisayara gönderilen veriler bulut depolama alanına kaydedilmiştir.

Transformatörün farklı çalışma durum testleriyle elde edilen veriler sıcaklık, nem, gaz değerleri, aydınlık düzeyi değerleriyle veri setleri oluşturulmuştur. Her test için elde edilen verilerle o test grubu için 6 farklı değişkenli bir sınıf oluşturulmuştur. Elde edilen veri setleri Weka programında sınıflandırma algoritmaları kullanılarak incelenmiştir. Weka içinde Bayes ağları, yapay sinir ağları, çok katmanlı öğrenme, karar ağaçları, ZeroR gibi farklı sınıflandırma algoritmaları, kümeleme algoritmaları, birliktelik algoritmaları barındıran açık kaynaklı makine öğrenmesi ve veri madenciliği programıdır. Geniş algoritma havuzu, kullanım kolaylığı ve açık kaynaklı olması Weka'nın mühendislikten tıpa kadar geniş bir yelpazede kullanılmasını sağlar [18].

Elde edilen verilerle 3 farklı veri seti oluşturulmuştur. Bu veri setleri için ilk etapta 9 farklı algoritma ile sınıflandırma denenmiştir. Fonksiyon temelli, Bayes temelli ve karar ağaçları temelli algoritmalardan faydalanılmıştır. Sınıflandırma algoritmaları içinden en yüksek doğruluğu veren 3 adet algoritma, veri setleri için kullanılmıştır. BayesNet algoritması veri setindeki değişken özelliklerin koşullu olasılıklarının hesabı üzerine kurulur. Özellikler ve onların alt kümelerinin arasındaki koşullu olasılıklarına göre sınıflandırma yapar. Veri madenciliği, biyoistatistik ve nesne tanıma uygulamalarında tercih edilir [19]. Çok katmanlı algoritma giriş, ara ve çıkış katmanlarından oluşan yapay sinir ağlarını temel alarak sınıflandırma yapan algoritmadır. İleri besleme öğrenme yöntemi kullanarak karmaşık veri setlerini en düşük hata oranıyla sınıflandırmaya çalışır. ÇKA enerji sistemlerinde yük tahmini, arıza tespiti gibi birçok farklı konuda kullanılmaktadır [20]. Rastgele orman algoritması, birden fazla karar ağacı oluşturarak, bu karar ağaçları içindeki en önemli niteliği belirleyip onun üzerinden ağaç yapısı oluşturan algoritmadır. RO, veri setlerinden rastgele ağaç yapıları oluşturarak daha basit ve anlaşılabilir yapılar meydana getirir. Karar ağaçları algoritmalarındaki aşırı öğrenme durum hatalarını azaltarak yüksek doğrulukta sınıflandırma yapar [21].

Bu tezin genel kısımlar bölümünde transformatörler ve nesnelerin interneti hakkında genel bilgi verilmiştir. Transformatör çalışma prensibi, parçaları, çeşitleri, arızaları anlatılmıştır. Nesnelerin internetinin yapısı, öğeleri ve öğelerin detayları anlatılmıştır. Genel kısımların son kısmında yapılan literatür çalışmalarından örnekler verilmiştir. Malzeme ve yöntemler

bölümünde ortam izlemede kullanılan cihazlar ve test ortamında bulunan cihazların tanıtımı, bağlantıları, çalışması ve verileri sınıflandırma için kullanılan yöntemler anlatılmıştır. Bulgular bölümünde test yapılan ortam için elde edilen sonuçlar, grafikler verilmiştir. Tartışma kısmında ileriye dönük yapılabileceklerden bahsedilmiştir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. TRANSFORMATÖRLER

Transformatör; en temelde alternatif elektrik sinyalinin frekansı sabit kalacak şekilde yükseltilmek veya alçaltılmak şartıyla istenilen yeni bir değere dönüştürülmesini sağlayan elektrik makinesidir. Transformatörler hareketli olmayan parçalardan meydan gelir. Hareketli parçalara sahip olmaması kayıpların az olmasını sağlar. Böylece transformatörler verimi yüksek elektrik makineleridir. Transformatör, nüve, sargı, izolasyon malzemesi ve bunları içine alan kapalı dış bir tanktan oluşur. İnce silisyumlu saclardan manyetik gövde bulunur. Bu gövdenin üzerinde sargılar bulunur. Sargılar yalıtılmış iletkenlere sarılı halde bulunur [22]. Sargılar arasında herhangi fiziksel bir bağ yoktur sadece elektromanyetik olarak birbirleriyle bağlantı halindedir. Transformatörler temel olarak gerilim veya akım değerini değiştirmek için kullanılsa da, empedans uygunluğu ve kuplaj için de kullanılır. Transformatörler birden fazla grupta sınıflandırılır [23]. Çalışma prensiplerine sabit akımlı, sabit gerilimli ve hava soğutmalı transformatörler olmak üzere üç çeşittir. Faz sayısına göre; tek fazlı ve üç fazlı transformatörlerdir. Kullanım amaçlarına göre üç çeşittir. Güç, ölçü ve özel amaçlı olarak kullanılır. Kullanım yerlerine göre dâhili ve harici tiptir. Manyetik nüve türüne göre dört çeşittir. Çekirdek tip, dağıtılmış tip, ferrit tip ve mantel tip nüvelidir. Sargı yapılarına göre transformatörler silindirik, basit bobinli ve dilimli sargılıdır. Sargı durumlarına göre yalıtılmış sargılı ve oto transformatörlerdir. Soğutma şekillerine göre yağlı tip ve kuru tip transformatörlerdir. Soğutucu malzeme türüne göre yağlı, sulu ve gazlı transformatörlerdir.

Transformatörler kullanım yerleri ve amaçlarına özelleşen yapılar olmasına rağmen çoğunun yapısında ortak bulunan kısımlar ve parçalar vardır [24,25].

Transformatör çekirdeği (nüve): demir, çelik veya ferromanyetik malzemelerden oluşan yapıdır. Akı oluşturarak manyetik devrenin tamamlanmasını sağlar ve sargılara destek olur.

Sargılar: Primer ve sekonder kısım olmak üzere iki çeşittir. Primer taraf giriş geriliminin uygulandığı, sekonder tarafsa çıkış geriliminin alındığı sargıdır. Bakır gibi iletkenliği yüksek malzemelerden yapılır. Yalıtkan malzemelerle (mika, tahta vb.) çekirdekten yalıtılırlar. İki sargı arasında herhangi fiziksel bağlantı bulunmamaktadır.

İzolasyon materyali: Transformatörün çalışma gerilimlerine bağlı olarak seçilen ve sargıların birbirinden yalıtımını sağlayan malzemelerdir. Çekirdeğin sargılardan izole edilmesi de böyle sağlanır. Mika, cam, tahta, yağ gibi dielektriği yüksek malzemeler kullanılır. Ek olarak, transformatörün ısınmamasına yardım eder.

Transformatör tankı: Geniş kalınlığa sahip çelikten yapılmış içinde çekirdek ve sargıların bulunduğu yapıdır. Yağlı transformatörlerin soğuması için gereken yağ transformatör tankında bulunur.

Rezerv tank: Yedek yağ depo edilen ve ana tankla doğrudan bağlantılı olan yapıdır. Buradaki yağ, soğutma ve yalıtım için kullanılır. Ana tanktaki yağ miktarı eşik değerin altına inmesi halinde buradan takviye edilir. Ana tanktaki yağ genişlemesinden koruma görevi de rezerv tanktadır.

Buchholz rölesi: Ana tank ve rezerv tank arasında bulunan yağ veya gaz durumuna göre koruma görevi yapan röledir. Transformatörde arıza meydana geldiğinde yağ durumunda ve gazın yapısında değişiklikler meydana gelir. Bu değişimlerin algılar ve rölenin devreye girer.

Soğutma tüpü ve radyatör: Soğutma tüpü sıcaklığı dengede tutmak ve soğutma yağının transformatörde çevrim yapmasını sağlar. Radyatör, transformatörde artan sıcaklığı düşürmekle görevlidir. Soğutma tüpüyle benzer işleri yapar.

Buşing: Porselenden yapılmış yalıtkan malzemelerdir. Buşing terminali, transformatör tankı ve iletken (faz) arasında bağlantıyı sağlar. Buşing terminalleriyle transformatörden başka kaynağa besleme sağlar.

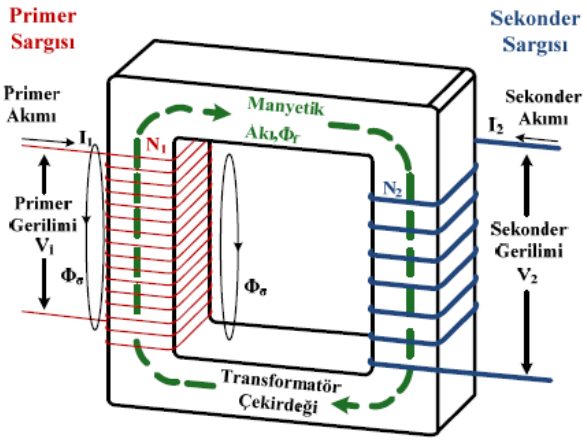
Gerilim(tap) değiştirici: Besleme gerilimi ve yüklenme durumuna göre çıkış gerilimini istenilen seviyede tutmayı sağlar. Transformatörün yüklü olması durumunda çıkış gerilimi düşer, boşta çalışma durumunda çıkış gerilim yükselir. Bu dengeyi sağlamak için kullanılır.

Taşıma kısımları: Bir noktadan başka noktaya transferi kolaylaştırmak için kullanılan kanca, tekerlek gibi fiziksel donanımlardır.

Transformatör çalışma prensibi; primer tarafına uygulanan alternatif gerilimle meydana gelen manyetik alanın sekonder taraftaki sargılarla kesilmesiyle sekonder tarafta yeni değerde alternatif gerilim indüklenmesi şeklindedir [26]. Transformatörlerdeki primer gerilim

değerinin sekonder gerilim değerine oranı dönüştürme oranı diye isimlendirilir. Denklem 2.1'de dönüştürme oranı eşitliği verilmiştir. Bu oran aynı zamanda primer sargı sayısının sekonder sargı sayısına oranıdır. Şekil 2.1'de transformatörün genel görüntüsü verilmiştir.

$$N = {}^{V_P}/_{V_S} = {}^{N_P}/_{N_S} \tag{2.1}$$



Şekil 2.1 : Transformatör gösterimi.

Transformatörler güç sistemlerinde daha çok iletim ve dağıtım hatlarında kullanılır. Gerilim seviyelerini değiştirerek elektriğin daha az kayıp, daha kaliteli ve daha güvenli şekilde kullanıcıya ulaştırılmasını sağlar. Transformatörler güç ve dağıtım transformatörleri olarak iki kısımda ele alınır. Generatörde üretilen elektriğin uzak bölgelere taşınması için gerilimin uygun seviyeye getirilmesi gerekir. Bu yükseltme işlemi güç transformatörleriyle yapılır. Güç transformatörleri 2500kVA-1000MVA güç aralığında, 36kV-1500kV gerilim aralığındadır. TEİAŞ'a göre 154/33 kV, 380/33 kV gerilimli güç transformatörleri en sık rastlanan modellerdir. Enerji iletim hattındaki yüksek gerilimin tüketicilere uygun seviyeye getirilmesi için dağıtım transformatörleri kullanılır [27]. Tablo 2.1'de güç ve dağıtım transformatörlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Tablo 2.1 : Güç ve dağıtım transformatörlerinin kıyaslanması

Özellik	Güç Transformatörü	Dağıtım Transformatörü
Kullanım yeri	İletim hatlarında gerilim yükseltmek ve alçaltmak gereken noktalarda	Orta ve alçak gerilimlerde tüketiciye uygun gerilim seviyesine getirilmesi gereken yerlerde

Gerilim aralığı	400kV-200kV-110kV-66kV-33kV	11kV-6.6kV-3.3kV-380V-220V
Güç aralığı	>200MVA	<200MVA
Boyut	Büyük ve ağır	Daha küçük ve hafif
Tasarlanmış verimlilik	Yüksek gerilimlerde %100'e yakın verim	%60-%70 arasında verim
Tam günlük verim	Çıkış gücü (kW) / Giriş gücü (kW)	Çıkış gücü (kWh) / Giriş gücü (kWh)
Yüklenme durumu	Çoğunlukla tam yükte çalışma	Talebe bağlı yükte çalışma
Tesis kurulum	Karmaşık ve zorlu	Basit ve kolay
Bakır kayıpları	Minimum olacak şekilde tasarlanır	Yüklenme sabit olmadığı için bakır kayıpları daha yüksek
Demir kayıpları	Tam yükte çalıştığı için düzenli çekirdek kaybı var	Minimum olacak şekilde tasarlanır
Akı yoğunluğu	Yüksek yoğunluk	Güç transformatörlerinden daha düşük yoğunluk
Yük dalgalanması	Nadir dalgalanma	Sık dalgalanma
Kullanım amacı	Gerilimi artırmak ve azaltmak	Gerilimi son kullanıcıya uygun hale getirmek

Dağıtım transformatörleri yağ durumlarına göre iki ana tipe ayrılır: Kuru tip ve yağlı tiptir. Şekil 2.2'de transformatör örnekleri verilmiştir. Yağlı tip transformatörlerse kendi içinde rezene tanklı ve hermetik olarak iki gruba ayrılır. Tablo 2.2'de kuru ve yağlı tip transformatörlerin karşılaştırılması verilmiştir. Kuru tip transformatörler, nüve ve sargıların bir yağ(sıvı) içinde olmadığı, soğutma işleminin hava sirkülasyonu ile yapıldığı türdür. Transformatör sargıları epoksi ve cam elyafı gibi ekstra malzemelerle güçlendirilerek yalıtılmıştır. Yağlı transformatörlerle kıyaslandığında düşük tesis ve bakım maliyetine sahiptir. İçerisinde yağ olmadığı ve dayanıklı yalıtım malzemeleri kullanıldığı için yangın çıkması ihtimali düşüktür. Yıldırım darbe gerilimlerine ve kısa devre akımlarına dayanımı diğer transformatörlerden daha yüksektir. Daha güvenli ve çevreye zararı daha az olduğundan dolayı şehir merkezlerinde, tüketiciye yakın yerlerde kullanımı daha uygundur. Yağlı transformatörlere göre ilk maliyeti yüksektir ve aynı güç için boyutları daha büyüktür [28,29].



Şekil 2.2 : Kuru tip ve yağlı tip transformatör[30].

Yağlı tip dağıtım transformatörleri yağ genleşme tankı varlığına göre sınıflandırılır. Hermetik tipler yağ genleşme tankına sahip olmayan türlerdir. Kapalı olarak üretilen tipte yağ ve atmosfer arasında herhangi bir bağlantısı yoktur. Bu sayede, transformatör yağı nem ve oksijen kaynaklı tepkimelere daha az maruz kaldığı için geç yaşlanma süresi uzar. Çalışma durumunda yağın hacminin değişmesi esnekliği yüksek malzemelerle yapılan duvarlarla transformatöre adapte edilir. Duvar yapısı içerideki fazla ısı enerjisinin dışarıya verilmesini sağlayarak soğutma görevini de yapar. Üretim esnasında hermetik basınç dengesi ve yağ dolumu birlikte yapıldıktan sonra tamamen kapalı halde kullanılır. Bakım sıklığı genişleme tanklı transformatörden daha seyrektir. Rezene tanklı transformatör, hermetik tipten farklı olarak yağ genleşme tankına sahiptir. Genleşme deposu, genleşen yalıtım yağının depolanması ve yağın içindeki hava boşluklarının dışarıya verilmesini sağlar. Atmosferle doğrudan bağlantılı olduğu için basınç için özel bir ayarlama yapılmamaktadır. Yağ kullanılması, hava temasının olması transformatörün arıza potansiyelini ve bakım sıklığını yükseltir [30,31].

Tablo 2.2 : Yağlı ve kuru tip dağıtım transformatörlerinin kıyaslanması.

Özellik	Yağlı tip transformatör	Kuru tip transformatör
Kullanım alanları	Yağ çukuru, patlamalara karşı koruma ve uzun kablolama gerekir	Ek yapılara ihtiyaç yoktur. Kablolama mesafesi kısadır.
Yangın koruması	Yağ ve hava temasından dolayı yangın ihtimali yüksek	Yangın olasılığı düşüktür
Soğutma türü	Yağ -40/60°C	Hava -40/60°C

Aşırı yüklenme	Az sayıda ve uzun süreli	Çok sayıda ve kısa süreli
Bakım	Yağ ve gaz kontrolü yapılır	Seyrek bakım yapılır
Kayıp	Demir kayıpları düşük, yüksek yüklenmede daha fazla kayıp	Demir kayıpları düşük, düşük yüklenmede daha fazla kayıp
Yedek malzeme ve donanım	İhtiyaç var	İhtiyaç yok

Matematiksel hesaplamalarda transformatörler kayıpsız ideal elektrik makineleri olarak tanımlanır. İşletme aşamasında primer tarafa gerilim uygulandığında çekirdekte, sargılarda ve sistemi saran dış malzemelerde kayıplar oluşur. Kayıplar transformatörlerin çalışma durumuna göre iki başlıkta ele alınır. Boşta çalışma durumunda; transformatöre gerilim uygulandığında herhangi bir yüke bağlı olmaması halinde ortaya çıkan kayıplardır. Çekirdek kayıpları olarak da isimlendirilir. Transformatöre gerilim uygulanmasıyla ortaya çıkar ve gerilim altında kaldıkça bu kayıplar devam eder. Çekirdek malzemesinin manyetik özellikleri ve davranışlarından dolayı ortaya çıkar. Transformatörlerin çoğu gün boyunca düşük yükte bile olsa boşta kayıpları her zaman vardır. Çekirdek kayıpları histerisiz ve fukolt kayıpları olarak iki çeşittir. Histerisiz kayıpları, transformatör çekirdeğindeki ferromanyetik malzemelerin dışarıdan bir manyetik alan etkisinde kalmasıyla manyetik özellikler kazanır. Meydana gelen manyetik alan transformatörün manyetik alanıyla zıt yönlerdedir. Zıt yönlü manyetik alanlar sonucu ortaya ısı enerjisi çıkar. Bu ısı enerjisi transformatörde yıpranma ve termal zorlanmaya sebep olur. Fukolt kayıpları, transformatör nüvesinin etrafına yerleştirilen bobinlerden kaynaklı oluşur. Bobinler üstünden akım geçtiğinde nüvede gerilimler meydana gelir. Meydana gelen gerilimler nüvenin hem iç hem de dış kısmında farklı değerlerde akımlar oluşturur. Bu akımlara fuko veya eddy akımları denir. Akım büyüklükleri gerilim değerleri arttıkça artış göstermektedir. Transformatörlerin yüksüz çalışması durumunda oluşan kayıpların tamamına yakını histerisiz ve fukolt kayıplarından oluşur [32-34].

Transformatörler yüke bağlı çalışırken boşta çalışma kayıplarına ek olarak bakır kayıpları meydana gelir. Bakır kayıpları, transformatör sargılarından geçen akımın sebep olduğu kayıplardır. Sargılardan akım geçtikçe ısınma meydana gelir. Bu ısınma transformatörün kayıplı çalışmasına sebep olur. Isınma miktarı arttıkça transformatörün sargı akımı yükselir bu durum ısınmaya bağlı kayıpları daha çok arttırır. Bakır kayıplar, sargı malzemesi direnci ve sargıdan geçen akımın karesiyle hesaplanır [35].

Teorik hesaplamalarda transformatör kayıplarının büyük kısmı boşta çalışma kayıpları ve bakır kayıpları olarak meydana gelse de, transformatörlerin başka kısımlarından da kayıplar mevcuttur. Bu kayıplar, dielektrik kayıplar, deri etkisi (skin effect) ve kaçak kayıplarıdır.

Transformatörlerin uzun ömürlü, yüksek verimli ve güvenilir çalışması için tasarım aşamasında ve işletme durumunda doğru analiz yapmak ve çalışmasını takip etmek son derece önemlidir. Tasarım aşamasında transformatör malzemelerinin daha dayanımlı olması üzerine birçok çalışma yapılmaktadır. Çalışma durumunda bu kayıpların eş zamanlı takibi üzerine yoğunlaşılmaktadır.

Transformatörler iletim ve dağıtım alanlarındaki kullanımlarda çoğunlukla yüksek güç ve gerilim değerlerinde çalıştırılır. Düzenli bakım ve kontrol yapılması transformatör arızalarını azaltmak için en işlevsel yoldur. Transformatörler dönen parça içermemesinin avantajıyla birlikte kullanım sayısına göre en az arıza veren elektrik makineleridir (elektrik motor ve generatörlerine göre). Transformatör arızaları iç ve dış arızalar olarak ikiye ayrılır. İç arızalar transformatörün iç düzeninden kaynaklı oluşan arızalardır. Mekanik parçaların bozulması, yalıtkan malzemelerin delinme geriliminin düşmesi, sargı toprak veya sargı sargı arasında oluşan kısa devreler iç arızalara örnek gösterilir. Yıldırım darbesi, kısmi deşarj, aşırı ısınma, aşırı yüklenme dış arızalara örnek gösterilir. Transformatör arızaları 4 sebepten kaynaklanabilir. Elektriksel sebepler, mekanik sebepler, termal sebepler ve diğer kaynaklı sebeplerdir. Elektriksel sebepler transformatörün iç veya dış kaynaklı elektriksel zorlanma veya bozulmalara maruz kalmasıdır. Geçici veya sürekli aşırı gerilimler, darbe gerilimleri, yıldırım darbeleri, kısmi deşarjlar ve statik elektriklenme elektriksel arıza sebepleridir. Mekanik sebepler, transformatörde kullanılan malzeme, donanım ve cihazlarda oluşan hatalar sonucu transformatörün çalışmasına engel olan sebeplerdir. Transformatör sargılarının bozulması, yağ seviyesinin düşmesi, izolasyon malzemelerinin bozulması, bağlantı terminallerindeki gevşemeler mekanik sebeplerindendir. Transformatörlerin güç ve boyutuna göre çalışabileceği sıcaklık aralığı mevcuttur. Ortam sıcaklığının yükselmesi, sargı sıcaklığının artması, yağ sıcaklığının yükselmesi termal arıza sebeplerindendir [36-38].

2.2. NESNELERİN İNTERNETİ

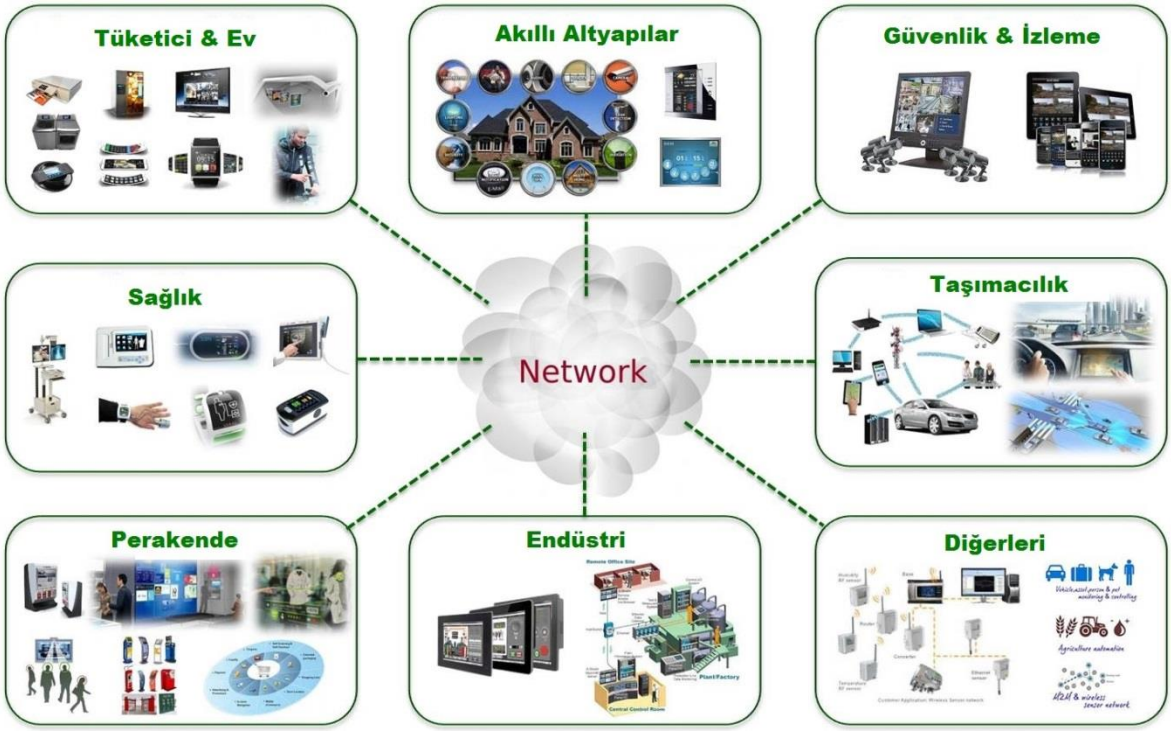
Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT) son yıllarda gündelik yaşamda ve farklı endüstrilerde son derece önemli yer kaplayan yeni teknolojik kavram ve uygulamadır. IoT

için birden çok tanım vardır [12]. Nesnelerin ve cihazların belirli ağ altyapılarını kullanarak birbirleriyle iletişim halinde olması, aralarında veri alışverişi yapması, birbirini algılaması ve kontrol etmesidir [39]. İnsan aracılığı olmadan cihazların internete bağlı olması ve kullanıldığı alanla ilgili bilgi akışını sağlayan cihazlar sistemidir [40]. IoT kısaca bir noktadaki toplanan bilgiyi herhangi bir ek aracı olmadan otomatik olarak gönderebilen sistemdir. Şekil 2.3'te örnek IoT modeli için örnek verilmiştir. IoT olarak kabul edilebilecek ilk çalışma İngiltere'de Cambridge Üniversitesi'nde yapılmıştır. Kahve makinesindeki kahve miktarını uzaktan gözlemek için bir sistem kurulmuştur. Sistem içinde video kamera, yazılım ve ekrandan oluşur. İlk etapta kısıtlı bir bölgeden gözlemlenebilen durum, internetin yaygınlaşmasıyla 1998 yılında 2 milyon defa gözlenmiştir. Nesnelerin interneti adlandırması ilk olarak 1999 senesinde Kevin Ashton tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada radyo frekans tanımlama ile etiketleme sistemi oluşturulmuştur [41].



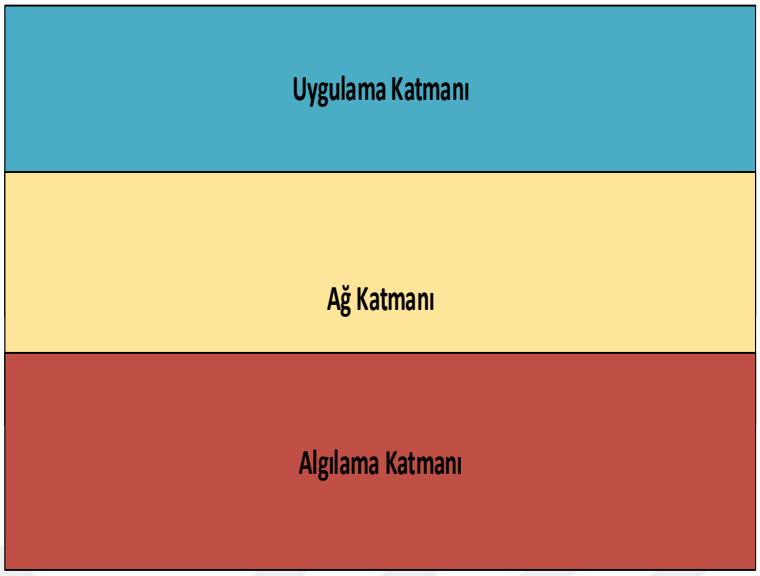
Şekil 2.3 : Nesnelerin interneti örnek model [43].

Nesnelerin interneti; sağlık, ulaşım, lojistik, enerji, akıllı şehirler ve çevreler, araçlar, tarım, kıyafetler gibi yaşamın içindeki her şeyde kullanılmaktadır. Şekil 2.4'te IoT kullanım alanları gösterilmiştir. 2013 yılından 2020 yılına kadar nesnelerin interneti uygulamalarına uygun cihazların sayısı geleneksel cihazların 2 katından daha fazla artış göstermiştir. 2020 itibariyle yaklaşık 30 milyar adet IoT cihazı mevcut olduğu düşünülmektedir. Toplam 100 trilyon dolarlık dünya ekonomisinin yaklaşık %6'sını nesnelerin interneti sektörü oluşturmaktadır. 2020 için yapılan araştırmada nesnelerin internetinin en çok doğal kaynak kullanımı ve eğitim alanlarında kullanılması öngörülmektedir [42].



Şekil 2.4 : Nesnelerin internetinin uygulama alanları.

Nesnelerin interneti kullanılarak oluşturulan bir sistem temelde üç başlıktan oluşur. Nesnenin kendisi (veri toplayıp veri alabilen ve verileri gönderim için anlamlı hale getirebilen), nesneleri birbirine bağlayan iletişim ağı ve alınan bilgiyi işleyen veya geri gönderen sistemlerdir. Nesnelerin internetindeki öğeler nesnelerin interneti mimarisi adı altında incelenir [43]. Şekil 2.5'te Iot mimari örnekleri verilmiştir. IoT mimarilerinde 4 ve 5 katmanlı farklı modeller de kullanılmaktadır [44].



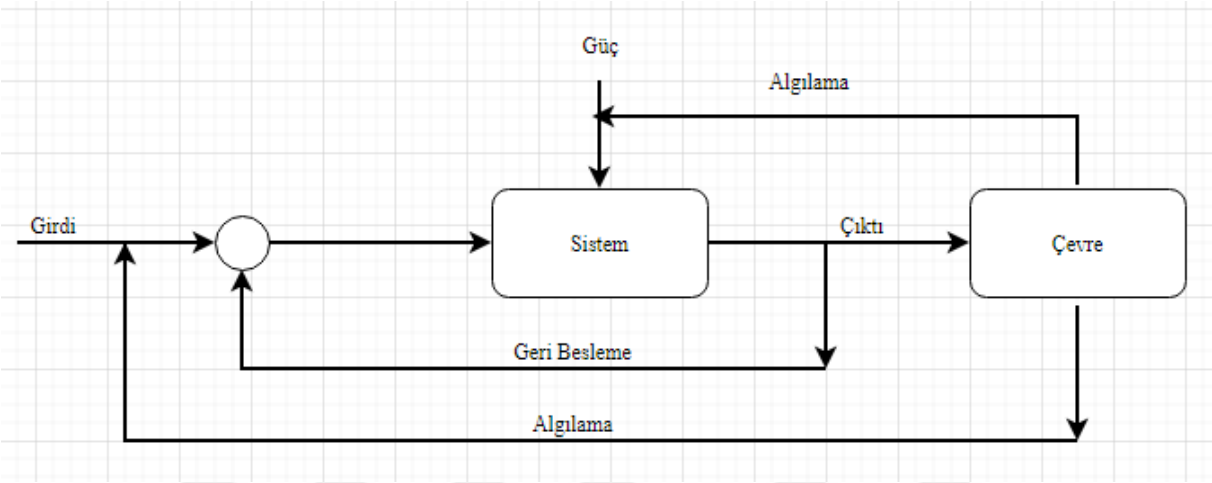
Şekil 2.5 : 3 katmanlı nesnelerin interneti mimarisi.



Şekil 2.6 : 5 katmanlı nesnelerin interneti mimarisi.

2.2.1. Algılayıcılar (Sensörler)

Algılayıcılar (Sensörler), IoT uygulamasında ortamdan veri algılayan ve veri toplayan cihazlar olarak adlandırılır. Sistem mimarisinde en alt katman algılayıcılardır. Algılayıcılar dış ortamdaki fiziksel veriyi alıp dijital hale getirir. Şekil 2.7'de algılayıcının çalışma prensibi verilmiştir. Fiziksel, kimyasal ve elektriksel meydana gelen değişimleri tespit edip sistemde bağlı olduğu birime yönlendirir [45].



Şekil 2.7 : Algılayıcı ve ortam çalışma prensibi.

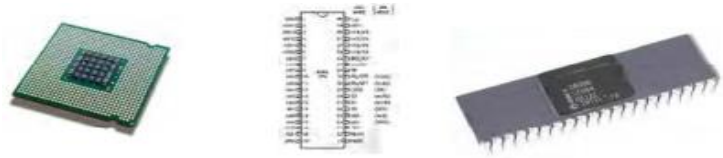
Algılayıcılar üç ana grupta sınıflandırılır. Giriş sinyalleri, çıkış sinyalleri ve besleme türüne göredir. Giriş sinyallerine göre; manyetik, mekanik, elektriksel, termal ve kimyasal alt çeşitler mevcuttur. Çıkış sinyallerine göre; dijital ve analog olmak üzere iki çeşittir. Besleme türüne göre aktif ve pasif algılayıcılardır [46]. Algılayıcıların hassasiyet, güvenilirlik, doğrululuk, esneklik, ömür gibi sahip olduğu özellikler seçim ve uygunluk sırasında önem arz eder. Kullanılan sistemin düzenli ve iyi sonuç vermesi için kullanılacak algılayıcıların ölçüm şartları, veri elde etme şartları, bulunabilirlik, tedarik imkânı ve ekonomik uygunluk hususları göz önüne alınarak seçim yapılır. Şekil 2.8'de bazı algılayıcı örnekleri verilmiştir.



Şekil 2.8 : Algılayıcı örnekleri.

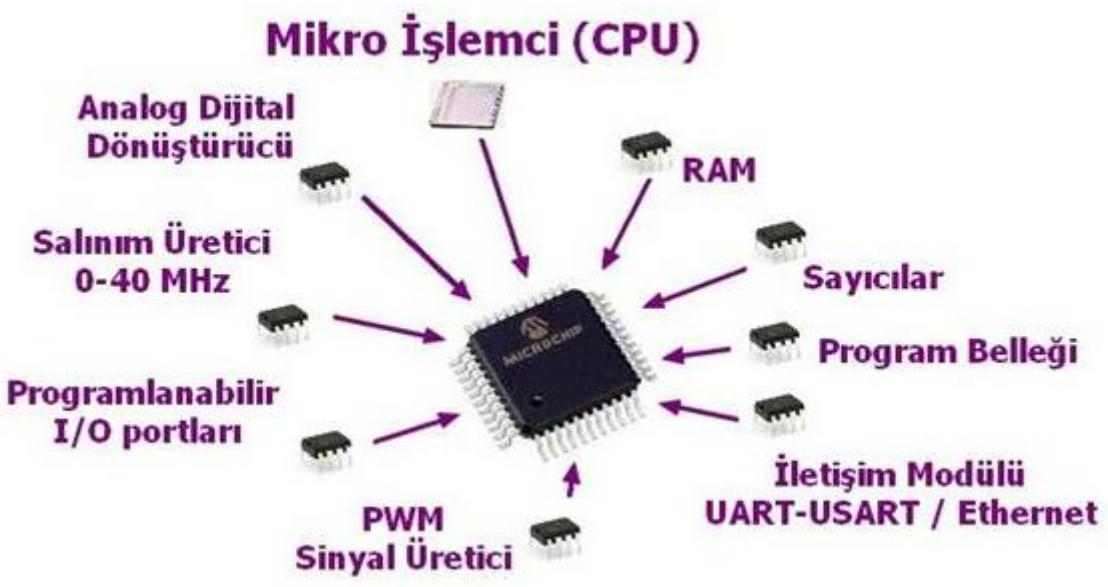
2.2.2. Mikrodenetleyici

Mikroişlemciler ve mikrodenetleyiciler nesnelerin interneti sisteminin ilk katmanında görev alır. Algılayıcıların topladığı verileri anlamlı değerlere dönüştürmek ve iletişim bağlantılarını sağlamakla görevlendirilir. Şekil 2.9'da mikroişlemci örnekleri gösterilmiştir. Mikroişlemci, kendisinden istenen aritmetik ve mantıksal operasyonları yapabilen devre elemanlarıdır. Yaptığı işleme göre sonucu yönlendirebilme özellikleri vardır. Mikroişlemci üç kısımdan meydana gelir. Mantıksal ve aritmetik işlemlerin gerçekleştiği ALU (Aritmetik mantık birimi) bölümü mikroişlemcinin en önemli bölümüdür. Mikroişlemcinin kaç bit boyutunda olduğu burada belli olur. Yapılacak işlem sıralayan ve kod çözümlemesi yapılan kısım kontrol birimdir. Mikroişlemci içindeki veriler kaydedici kısmında tutulur [47]. Kullanılacağı alana ve işlem hacmine göre mikroişlemcileri kıyaslamak için birçok kriter vardır. Kelime uzunluğu, komut işleme hızı, kaydedici sayısı, adresleme kapasitesi ve metotları, ek devrelere uygunluk gibi kriterlere göre seçim yapılır [60].



Şekil 2.9 : Mikroişlemci örnekleri.

Mikrodenetleyici, mikroişlemcilere hafıza, iletişim birimi, giriş çıkış gibi ek birimler eklenerek oluşturulan devre düzeneğidir. Şekil 2.10'da mikrodenetleyici yapısı gösterilmiştir. Mikrodenetleyiciler elektronik kontrol gerektiren tüm sistemlerde kullanılmaktadır. Mikrodenetleyicilerin bit sayısı, RAM (rastgele erişimli bellek), flash (bellek depolama görevli), genel amaçlı giriş ve çıkış pinleri, güç tüketimi(enerjinin şebekeden alınmadığı çoğu durumda batarya veya güneş enerjisinden faydalanan sistemler), iletişim bağlantıları(wifi, ethernet) ve diğer uygulamalarla beraber çalışma yatkınlığı gibi özellikleriyle kıyaslamaları ve seçimler, yapılır [48,49].



Şekil 2.10 : Mikrodenetleyici örnek yapısı.

IoT ile yapılan çalışmalarda STM32, Atmega, PIC gibi mikroişlemci ve mikrodenetliyiciler kullanılmaktadır. Mikrodenetliyiciler kullanımı kolaylaştırmak için geliştirme kartı şeklinde üretilir. Gelişme kartında besleme noktası, sensör bağlantı yerleri, haberleşme modülleri gibi ek donanımlarla çalışmaların daha basit yapılmasına olanak sağlamaktadır. IoT çalışmalarında Tınylab SMT, Quectel gibi birçok firmanın geliştirme kartı bulunmaktadır. Şekil 2.11'de geliştirme kartı örnekleri verilmiştir. Maliyet, geliştirme imkânı, kullanılabilirlik yönleriyle Arduino ve RaspberryPi geliştirme kartları daha çok kullanılmaktadır. Raspberry Pi geliştirme kartı dışında bilgisayar görevi gören bir yapıdır [50].



Şekil 2.11 : Geliştirme kartları örnekleri.

2.2.3. Haberleşme Yöntemleri

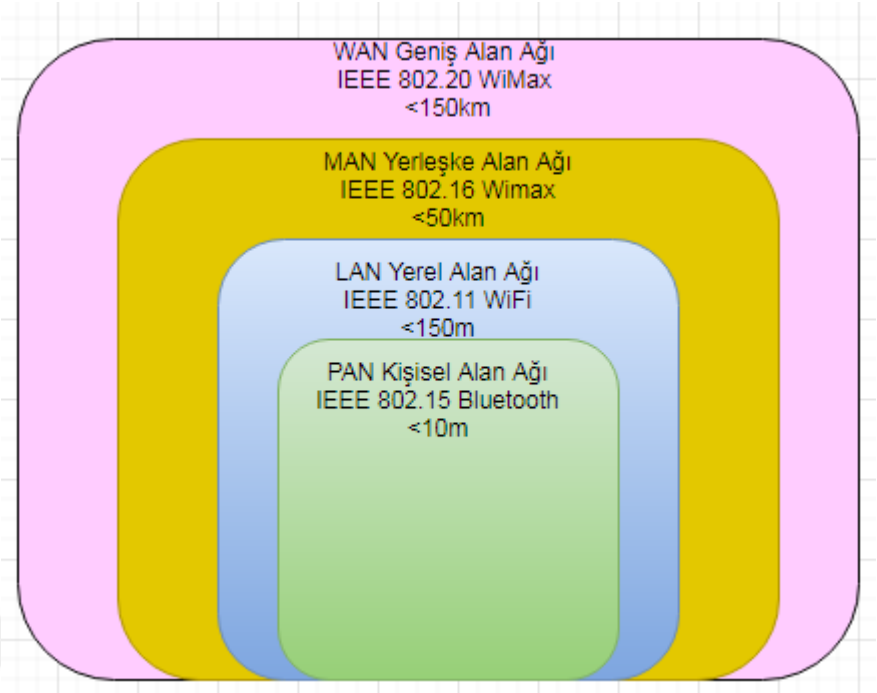
İletişim ağı nesnelerin interneti sisteminin ikinci kısmıdır. Algılayıcılar aracılığıyla toplanan verinin mikroişlemci veya mikrodenetleyici üzerinde işlendikten sonra merkez kısmına, başka bir algılayıcıya veya kontrol ünitesine gönderilmesi gerekir. Nesneler arasında ilişkilendirmeyi sağlayan yapıdır [39]. Kablosuz iletişim kablolu iletişimdeki kablolar yerine radyo frekanslarını kullanan yapıdır. Kablosuz haberleşme ağlarının ihtiyaç olan veri boyutu, veri sıklığı, veri mesafesi, güvenlik gibi kriterlere göre tanımlı birçok çeşidi vardır.

PAN (Personal Area Network) kısa mesafe içinde (10-15m aralığında) tek kullanıcı hizmetinde olan cihazların ve aygıtların oluşturduğu ağ türüdür. Ağ iletişim hızı yüksek olmasına rağmen mesafe sınırlıdır. Kablosuz fare, akıllı saat, tablet bilgisayar bu ağ türündeki cihazlara örnek gösterilebilir [51].

LAN (Local Area Network) ev veya iş yeri gibi alanlarda birbirine yakın olarak konumlanmış (<100m) bilgisayar ve harici bilgisayar donanımlarla oluşturulan ağ türüdür. Lokasyon temelli büyük olmayan bir yerel bir ağ türüdür.

MAN (Metropol Area Network) hacmen daha geniş bir alanı kaplayan birçok LAN bünyesinde bulunduran ve bunların birleştirilmesiyle oluşan ağ türüdür. Şehrin geniş kısmında veya şehrin tamamında oluşturulan bir ağ buna örnektir.

WAN (Wide Area Network) çok geniş alanlara yayılmış ülkelerdeki ve dünya genelindeki yaygın ağ olarak bilinir. Hücresel iletişim ve uydu iletişim sistemleri olarak iki kısımda ele alınır. Hücresel iletişim sistemleri GSM, 3G, 4G ve 5G alt türlerinden oluşur. Uydu iletişim sistemleri; küresel konumlama sistemi (GPS) ve VSAT (very small aperture terminal) alt türlerinden oluşur. Şekil 2.12'de kablosuz alan ağlarının kıyaslanması gösterilmiştir.



Şekil 2.12 : Kablosuz ağ yapıları [80].

Nesnelerin interneti çalışmalarında birçok kablosuz haberleşme protokolü mevcuttur.

Bluetooth kısa mesafelerde ses ve veri transferinde kullanılan WPAN standartlarına göre oluşturulmuş protokoldür. Çoğu cep telefonu ve bilgisayar bluetooth haberleşmesi için uygun olarak üretilmektedir bu yüzden kullanımı çok yaygındır. Telefon kulaklık ugulaması en sık kullanılan örneğidir. IEEE 802.11 standardının en düşük mesafeli çeşidi olmasına rağmen iletişim güvenliği yüksektir. 2.4 GHz frekans bandında çalışıp 1mW – 100mW arasında değişen güçlerde tüketim yapar. 1 bit veri için iletim hızı 1Mpbs'dir [52].

Zigbee düşük veri hızı ve düşük enerji tüketimi ile ön plana çıkan 2004 yılında oluşturulmuş bir protokoldür. IEEE 802.15.4 standardı Zigbee tabanlı haberleşmeyi temsil eder [52]. Low Rate WPAN haberleşme türüne bir örnektir. Düşük maliyeti, yüksek güvenilirlik ve basit uygulanabilirlik nedeniyle birçok çalışmada kullanılır [53]. Sensor ağları, bina otomasyonu, endüstriyel kontrol ve gözlem uygulamalarında sık olarak kullanılır. 2.4GHz, 868MHz ve 915MHz frekanslarında çalışır. Veri iletim hızı 20-250 kpbs arasında değişir.

WiFi yerel ağlar için geliştirilmiş haberleşme protokolüdür. 1997 yılında IEEE 802.11 adıyla standart haline getirilmiştir. Sırasıyla 802.11b, 802.11a, 802.11g, 802.11n, 802.11ac, 802.11ad ve 802.11ax protokolleri çıkmıştır [54]. 2.4 ve 5 GHz çalışma frekanslarında, 11-54

Mpbs veri aktarma hızında işlem yapmaktadır. 50-100 metre iletişim mesafesine sahiptir. Büyük miktarda veri aktarımı mümkündür ve bu doğrultuda daha fazla güç tüketir. Geniş bant internet erişiminde ve kablosuz yerel ağlarda kullanılır [55,56].

WiMAX uzak mesafeler için yüksek hızda veri gönderimi yapabilmeye olanak sağlayan metropol alan ağına uygun bir protokoldür. IEEE 802.16 standardıyla adlandırılır. 2-11 GHz çalışma frekansına sahiptir. Veri aktarım hızı 100-500Mpbs olup 50km mesafeye kadar kullanılabilir. En çok kablosuz internet erişimi çalışmalarında kullanılır [57].

Hücresel (GSM) haberleşme protokolü uzun mesafe gerektiren nesnelerin interneti projeleri için tercih edilir. Ses ve multimedya transferine imkân sağlamaktadır. 900-1800-1900-2100 MHz çalışma frekanslarında kullanılır. Yaygın olarak 3G ve 4G kullanılmaktadır. 4G için bir bit veri transfer hızı 3-10 Mpbs, 3G için 600kpbs- 1Mpbs arasında değişmektedir. 2020li yılların devamında 5G'nin yaygınlaşmasıyla daha hızlı ve daha düşük enerji tüketimli veri gönderimi mümkün olacaktır [58,59].

Yukarıda bahsedilen protokoller dışında konut-bina otomasyonu için Z-wave kablosuz haberleşme protokolü kullanılmaktadır. Düşük güç tüketimli radyo frekansı ile çalışmaktadır. 900MHz frekans bandında çalışır. Tek bir ağ için 232 aygıt bağlanması mümkündür. Sistem için koordinatör ve köle cihaz tipleri olur [60]. 6LoWPAN ve Thread protokolleri IEEE 802.15.4 standardına göre geliştirilmiştir. Son yıllarda düşük enerji tüketimli ve yüksek mesafeli iletişim teknolojileri ön plana çıkmaya başlamıştır. LoRa, SigFox ve Nb-IoT bunlardan en sık tercih edilenlerdir [61]. Tablo 2.3'de haberleşme standartlarının kıyaslanması verilmiştir.

Tablo 2.3 : Haberleşme standartları kıyaslanması[52].

Standart ve Özellikler	Zigbee 802.15.4	Kablosuz Usb	Bluetooth 802.1a	Kablosuz Kızılötesi	WiFi 802.11x	WMAN WiMAX
Çalışma frekansı	2.4 Gh 900-928MHz 868MHz	2-11 GHz	2.4 GHz	800-900 nm	b/g 2.4 GHz a 5 GHz	2-11 GHz
Veri aktarım hızı	20 kpbs 40 kpbs 250 kpbs	480 Mpbs	1 Mpbs	20-40 kbit/s 115 kbit/s 4-16 kbit/s	a/b/g 11 Mpbs a/g 54 Mpbs	100-500 Mpbs
Mesafe	10-100 m	10 m	10-100 m	<10 m	b/g 100 m a 50 m	50 km
Ağ topolojisi	Ad-hoc, yıldız, örgü	Noktadan noktaya	Ad-hoc, piconet	Noktadan noktaya	Noktadan noktaya	Noktadan noktaya
Karmaşıklık	Düşük	Düşük	Orta	Düşük	Yüksek	Orta
Güç tüketimi	Çok düşük	Düşük	Orta	Düşük	Yüksek	Yüksek
Güvenlik seviyesi	128 AES ve uygulama seviyesi güvenliği		64 ve 128 bit şifreleme1			
Ek bilgiler	Aygıtlar 30 ms içinde ağa dâhil olur		Aygıt bağlantısı 3-5 sn içinde olur		Aygıt bağlantısı 3-5 sn içinde olur	

Son dönemde nesnelerin interneti kullanılarak yapılan çalışmalar hem hızlı şekilde artmakta hem de önem kazanmaktadır. Yapılan bazı çalışmalar şöyledir.

Ateş [41], yaptığı çalışmada transformatörleri nesnelerin interneti kullanarak gözlemlemek için deney düzeneği oluşturmuştur. Düzenekte 50VA'lık transformatörü farklı yüklenme koşullarında (boşta, yarı yükte, tam yükte ve aşırı yükte) primer ve sekonder sargıları için sıcaklık ve yük akımı gerilimi ilişkisini gözlemleyen algılayıcılar kullanmıştır. Çalışmada algılayıcılardan alınan veriler ortam sıcaklığı, sargı sıcaklığı, yüklenme değeri, yük akım ve gerilimi WiFi aracılığıyla bulut depolamada toplanmış ve anlık olarak gösterilmiştir.

Elverir [62], Arduino mikrodenetleyici kullanarak herhangi bir ortamdaki suyun fiziksel değerlerini ölçümleyen bir sistem oluşturmuştur. Suyun pH, bulanıklık ve sıcaklık değerlerinin anlık gözlenmesi için taşınabilir mini bir laboratuvar oluşturmuştur. Gözlemlediği değerleri ekrana yazdırmıştır ve sürekli oradan gözlemleme imkânı bulmuştur. Suyun analizi için taşınma problemini ortadan kaldırmayı amaçlamış ve daha çabuk sonuçlar elde etmeyi hedeflemiştir.

Moustapha [45], hastaların sağlık verilerini uzaktan takip edilmesine yönelik bir çalışma yapmıştır. Hastanın vücut sıcaklığını ve kalp atış ritmini sensörlerle izleyip Ardunio mikrodenetleyici üzerinden veri işleyip gönderimini yapmıştır. Oluşturduğu Android tabanlı yazılım ile hasta verilerini kaydedip veri takibini yapmıştır. Veriler doktor ve hasta tarafından erişilebilir olup, doktorun hastanın sağlığıyla ilgili yeni veya güncellenmiş öneri sunmasına olanak sağlamıştır.

Choudhury ve diğ. [63], Zigbee ve Bluetooth tabanlı çevresel veri elde edinimi yapan çalışma yapmışlardır. Ortamdaki ses, sıcaklık, nem, gaz dağılımı, hareketi gözlemek için sensör düğümleri oluşturmuşlar. Düşük maliyet ve düşük güç tüketiminden dolayı veri transferinde zigbee protokolü kullanmışlardır. Sensörlerden alınan veri Zigbee üzerinden alıcıya gönderildikten sonra buradan Bluetooth kullanılarak cep telefonunda gösterilmiştir. Alıcı düzeneğinde seri haberleşme kullanılarak veriler bilgisayara da yansıtılmıştır.

Karami ve diğ. [64], kapalı alan kalitesini ölçmek ve değerlendirmek üzerine bir çalışma oluşturmuşlardır. Ortamdaki çevresel değerleri; sıcaklık, nem, ışık, karbondioksit gibi parametleri gözlemlemişlerdir. Donanım kısmında, Arduino mikrodenetleyici ve Xbee haberleşme modülleri kullanılmıştır. İki farklı veri grubu için 2 mikrodenetleyici ve 2 Xbee verici kullanılmıştır. Alıcı Xbee kordinatorü usb ile bilgisayara bağlanıp ve buradan alınan veri Volttran yazılımına yüklenmiştir. Bu yazılım üzerinden günlük ortalama ortam kalitesi incelenmiştir.

Aygör [65], yaptığı çalışmada şehir şebekesinin ulaşmadığı seralar için internet tabanlı izleme ve otomasyon sistemi oluşturmuştur. Seranın ortam şartlarını (sıcaklık, hava nemi, hava kalitesi, toprak nemi) anlık olarak ölçüp internet üzerinden izlenmesini sağlamıştır. Cep telefonu için yazılan ayrı bir uygulama ile seranın ortam parametrelerinin istenilen düzeye getirilmesi sağlanmıştır. Sıcaklık beklenen değerlerin altına indiğinde ısıtıcıları çalıştırmak

veya ışık miktarı yetersiz olduğunda lambaları açmak bu işlemlerden bazılarıdır. Bu otomasyon düzeninin devrede kalmasını sağlamak için gerekli enerji güneş panelleriyle sağlanmıştır. Sera değerleri Arduino mikrodenetleyicisi ile toplanmış ve Raspberry Pi ile internete gönderilmiştir. İnternet bağlantısı LoRa protokolü ile sağlanmıştır. Tarımda verimlilik ve enerji tasarrufu sağlaması açıdan faydalı bir çalışma olmuştur.

Kawale ve diğ. [16], güç sistemleri için son derece önemli olan dağıtım transformatörlerini uzaktan izlemek için düşük maliyetli bir gözlemleme çalışması yapmışlardır. Transformatörün doğru çalışması ve beklenmedik hatalarla karşılaşılmaması güç sistemi için kritiktir. Bu çalışmada transformatörün yük değerlerini, sıcaklığını ve yağ durumunu gözlemlemişlerdir. Sensörleri Arduino mikrodenetleyici ile birlikte kullanmışlardır. Alınan veriler Zigbee protokolü üzerinden merkezdeki bilgisayara gönderilmiştir. Bu sayede trafoların anlık değerleri takibi sağlanmış ve beklenmedik çıkışlar olduğunda bunların daha çabuk tespit edilmesi mümkün hale getirilmiştir.

Alabdi [66], Zigbee haberleşme protokolünü kullanarak tüketiciye kullandığı enerji miktarını izlemesini ve ödemesi gerekecek fiyat bilgisini görmesi sağlayacak bir çalışma yapmıştır. Akım sensörü, Arduino mikrodenetleyici Zigbee modülü ve lcd ekran kullanarak ölçüm devresini oluşturmuştur. İlk aşamada tüketicinin akım sensörü üzerinden verisini elde etmiştir. Bu veri daha sonra Zigbee modülü ile gönderilmiştir. Tüketim miktarına karşılık olan fiyat hesaplanmıştır. Daha sonra fiyatlandırma bilgisi Gsm modülü ile yapılmıştır. Akıllı şebekelerin kullanımı ile bu tip sistemlerin kullanımı son derece yaygınlaşacaktır.

Wang [67], Arduino temelli kablosuz sensör ağ yapısı oluşturmuştur. Sensör düğümü; sensör modülü, işlemci modülü ve iletişim modülünden meydana gelmiştir. Batarya güç durumunu izlemek için bu sensör düğümlerini kullanmıştır. Sistemde prototip model oluşturulmasına rağmen aynı özellikte düğümlerin ağa dahil edilmesi mümkündür.

Çınar ve diğ. [68], dağıtım transformatörleri için uzaktan izleme yazılımı üzerine çalışmışlardır. Transformatörün akım, gerilim, sıcaklık gibi parametrelerini izleyerek çalışma durumlarına göre farklı yaklaşımlar geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Transformatör çalışma şartlarını değerlendiren sistem ile cihazların yaşlanma analizini, kalan ömrünü ve erken bakım tavsiyesi vermesini ön görmüşlerdir. Transformatörlerin yüklenme ve kayıp miktarları

hesaplamaları üzerinden bu sonuçların elde edilmesi planlanmıştır. Bu sayede transformatörün ömrünü optimize edip enerji sürekliliğini sağlanmayı hedeflemişlerdir.

Yaman [69], transformatörlerin IoT tabanlı izlenmesini sağlayan düşük maliyetli bir sistem oluşturmuştur. Sistem transformatörün yağ seviyesi, sargı sıcaklığı, ortam sıcaklığı ve akım büyüklüğü gibi parametrelerini gözlemlemeyi amaçlamıştır. Sensörlerden toplanan veriler Arduino mikrodenetleyici ile işlenmiştir. WiFi modülü aracılığıyla internette oluşturulan eş zamanlı izleme sistemine aktarılmıştır. IEEE'nin sargı sıcaklığı yaşlanma ilişkisi kullanılarak test edilen transformatörün kalan ömür hesabı teorik olarak çıkartmışlardır.

Subbulakshmy ve diğ. [70], dağıtım transformatörleri için eş zamanlı izleme yapan ve arıza tespiti için kullanılan bir gömülü sistem gerçekleştirmişlerdir. Transformatörün akım ve gerilim değerleri takip ederek aşırı yüklenme durumları tespit etmeyi amaçlamışlardır. Ayrıca transformatör yağı miktarını ve sıcaklığını anlık olarak takip ederek olası durumlardaki değişiklikleri analiz edilmeye çalışılmışlardır.

Mudakannava ve diğ. [71], Arduino mikrodenetleyicisi kullanarak dağıtım transformatörlerini uzaktan izlemeyi hedeflemişlerdir. Transformatörlerin akım, gerilim, yağ seviyesini ve sıcaklığını ölçümlemişlerdir. Anlık Gsm modülü üzerinden sisteme gönderip kayıt altına almışlardır. Önceden belirlenen eşik değerlerin aşılması halinde kısa mesaj yoluyla uyarı gönderilmesini mümkün kılmışlardır.

Şen [72], 3 fazlı asenkron motorun uzaktan izlenmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Kablolu şekilde gözlenmesi zor ve maliyetli sistemler yerine Zigbee haberleşme protokolünü kullanmıştır. Motor sıcaklığını, faz akımını, faz gerilimini ve şaft hareketlerini takip etmiştir. Sensörlerden toplanan veriler bilgisayara aktarıldıktan sonra tasarlanan ara yüzle motorun çalışma değerlerinin istenildiği gibi gitmemesi halinde uzaktan müdahale edilmesini sağlamıştır. Bu sayede asenkron motorun hem anlık izlenip hem de anlık kontrol ve koruması yapılabilmiştir.

Benhusein [73], sanayide en çok kullanılan makine olan 3 fazlı asenkron motorlar için gerçek zamanlı nesnelerin internetine bağlı bir sistem geliştirmiştir. Elektrik motorunun kullanım endeksinin hesaplanabilmesi, yüksek performansta kullanılmasına imkân sağlar. Bu sebepten elektrik motor parametrelerinin takip edilmesi, kontrolü ve analizi son derece önemli hale gelir. Burada yapılan çalışmada web tabanlı geniş bir izleme ve kontrol sistemi oluşturmuştur.

Sistemin ana düğümünde Arduino Leonardo mikrodenetleyici, Xbee haberleşme modülüyle ve bilgisayar ile oluşturulmuştur. 1.düğümde üç fazlı gerilimi ve motorun akım değeri izlenerek motor için açma kapama işlemi yapılmıştır. 2.düğümde motorun sıcaklığı ve hızı takip edilmiştir. Ana düğümde toplanan verilerin Visual Studio ile arayüz üzerinden izlenmesi sağlanmıştır. Microsoft Access kullanılarak izlenen tüm motorlar için veri tabanı oluşturulmuştur. Bu çalışma ile asenkron motorların sensör ağları ile izlenmesi ve koruması üzerine prototip oluşturulmuştur.

Bakır [74], yaptığı çalışmada elektrik şebekesiyle bütünleşmiş çalışan fotovoltaik güç sistemlerinde enerji izlenmesini amaçlamıştır. Elektrik şebekesini akıllandırarak sistemdeki talepleri dengelemek ve tüketimi azaltarak daha verimli kullanmayı hedeflemiştir. Zigbee tabanlı haberleşme ve Arduino mikrodenetleyici ile enerji tüketim değerleri tespit edilmiştir ve koordinatöre gönderilmiştir. Zigbee haberleşmesi 2 km'lik alan için kullanılmıştır. Bulanık mantık yardımıyla sistemde kullanılan pik değeri daha düşük seviyelere çekilmiştir. Yük ötelemesi ve devreye almaya işlemleri sıralanmıştır. Ayrıca güneş panellerinin ürettiği enerji miktarının internet üzerinden gözlenmesi sağlanmıştır.

Mnati ve diğ. [75], üç fazlı elektrik makinelerinin fazlarını ayrı ayrı gözlemleyebilen bir çalışma yapmışlardır. Her bir faz için akım ve gerilim değerlerini algılamışlardır. Arduino mikrodenetleyici ile hesaplamalardan sonra Bluetooth protokolü kullanarak kablosuz iletişim sağlamışlardır. Düşük maliyetleri sebebiyle bu mikroişlemci ve haberleşme modülleri seçilmiştir. Sistemin izlenebilmesi için Android tabanlı bir uygulama yazılarak (MIT App 2 Invertor) anlık takip edilmesi sağlanmıştır. Üç fazlı makinenin elektriksel büyüklüklerini ölçen bu sisteme smart voltage and current monitoring system adı verilmiştir.

Pankajavalli ve diğ. [76], yaklaşık 2000 adet transformatör için kullanılması öngörülen transformatör uzaktan izleme sistemi prototipi oluşturmuşlardır. Bu kapsamda transformatörün sıcaklık, gerilim, yağ seviyesi ve parıltı durumunu gözlemeye odaklanmışlardır. Sensörleri Arduino ile kullanarak tek bir transformatör için sensör düğümü oluşturmuşlardır. GPS modülü kullanarak konum-veri bilgisini düzenli olarak almaya çalışmışlardır. Sensör düğümlerinden toplanan veri web arayüzü ile anlık takip edilmiştir. Son aşamada transformatörlerin eşik değerini aşması halinde sorumlu birime kısa mesaj gönderilmesi sağlanmıştır.

Şimşek [17], Arduino tabanlı uzaktan izleme ve kontrol yapabilen çalışma yapmıştır. Çalışmada farklı tip elektrik motorlarını (step, dc ve servo motor) denetleyecek düzenekler kurmuştur. Sensörlerle motorların sıcaklık ve ışık durumunu görüntülemiştir. Arduino işlemci ve sensör modülleriyle oluşturulan düzenekte denetletici alan ağlarını (seri haberleşme) kullanarak kendi aralarında haberleştirmiştir. Oluşturulan web arayüzü ile motorların hem takip edilmesi hem de çalışma durumlarının değiştirilmesini sağlamıştır.

Hasan ve diğ. [77], güç sistemlerindeki transformatörlerin uzaktan gözlenmesi üzerine çalışmışlardır. NodeMCU platformu temelinde veri izleme, ikaz ve koruma düzeneği oluşturmuşlardır. Transformatörün sıcaklık, nem ve akım büyüklüklerini takip etmişlerdir. Ortamdan alınan verileri WiFi modülü aracılığıyla internet ortamına göndermişlerdir. Thingspeak platformu üzerinden verilerin takibini ve biriktirilmesini yapmışlardır. Zil ve ledler aracılığıyla kullanılan alanda ikaz verilmesini sağlamışlardır.

Pandey ve Kumar [78], dağıtım transformatörlerinin uzaktan izlenmesi ve çalışma parametrelerinin depolanması için çalışma yürütmüşlerdir. Yalıtım yağı seviyesini ve sıcaklığını gözlemlemek için gömülü ölçüm düzeni oluşturmuşlardır. Mikroişlemci ve gözlem merkezi arasında veri iletişim Zigbee protokolüyle sağlanmıştır. Sensörlerin olduğu kısım son kullanıcı olarak tanımlanmıştır. Buradan sadece veri gönderimi yapılmıştır. Gözlemleme merkezi koordinatör olarak tanımlanmıştır. Burada veri akışı iyi yönlüdür ve iletişim kanallını kontrol eder. Ayrıca, sensör düğümüne ekran yerleştirilerek uzaktan izlemenin yanında transformatörün yanından izlemek mümkün olmuştur.

Acakpovi ve diğ. [79], 150kVA gücünde 0.4/11kV gerilimlerinde çalışan dağıtım transformatörü için uzaktan izleme sistemi oluşturmuşlardır. İzleme yapılacak sistemde transformatörün çıkış gerilimine, çıkış akımına ve sıcaklığına bakılmıştır. Atmega328P mikroişlemci ve Zigbee haberleşme protokolü kullanılarak ölçümler ve iletişim sağlanmıştır. Transformatörden veriler 24 saat boyunca 30 dakika aralıklarla toplanmıştır. Aynı anda transformatörden manuel veri de toplanmıştır. İki türlü toplanan veriler kıyaslandığında ölçülen tüm parametreler için sapma oranının %5'ten küçük olduğunu hesaplamışlardır.

Pawar ve Deosarkar [80], dağıtım transformatörlerinin sağlıklı çalışma koşullarında olup olmadığını denetlemek ve takip etmek üzerine çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma, uzaktan gözlemleme ünitesinden ve görüntüleme ünitesinden oluşmuştur. Uzaktan gözlemleme

ünitesinde sıcaklık, nem, titreşim, akım ve gerilim sensörleri, mikroişlemci ve Gsm modülü bulunmaktadır. Haberleşme Gsm üzerinden yapılmıştır. Görüntüleme ünitesinde veri toplanan bir bilgisayar ve verilerin yazdırıldığı bir ekran bulunmaktadır. Transformatörlerin parametreleri için eşik değerler tanımlanmıştır ve eşik değerlerin üzerine çıkılması halinde ikaz edilmesi sağlanmıştır.

Ghoorun [81], maliyet açısından yüksek olan akıllı binalar yerine nesnelerin internetini kullanarak çevresel değerleri takip eden, anlık ortam izlemesi yapan daha düşük maliyetli bir çalışma yapmıştır. Sensörleri kontrol etmek için Raspberry pi mikrodenetleyici kullanmıştır. Sensörlerin verilerinin WiFi ile gönderilmesini sağlamıştır. Sistem için yazılan Android uygulamasıyla evin güvenlik için uzaktan izlenmesi, ortam parametrelerin okunması, lambaların kapatılıp açılması gibi özellikleri kullanılır olmuştur. Daha düşük maliyetle daha rahat bir yaşam oluşturulmuştur.

Belirtilen örnek çalışmalardaki gibi birçok farklı ortam ve sistem için IoT çalışması yapılmıştır. İhtiyaçlar ve ortam koşullarına göre kullanılacak cihazlar belirlenmiştir. Birçoğu deneme ve prototip olarak yapıldığı için çoğunlukla kullanımı basit, kolay bulunabilen, maliyeti düşük cihazlar kullanılmıştır. Önümüzdeki yıllarda bu çalışmalar farklı teknolojilerle entegre hale gelerek devam edecektir.

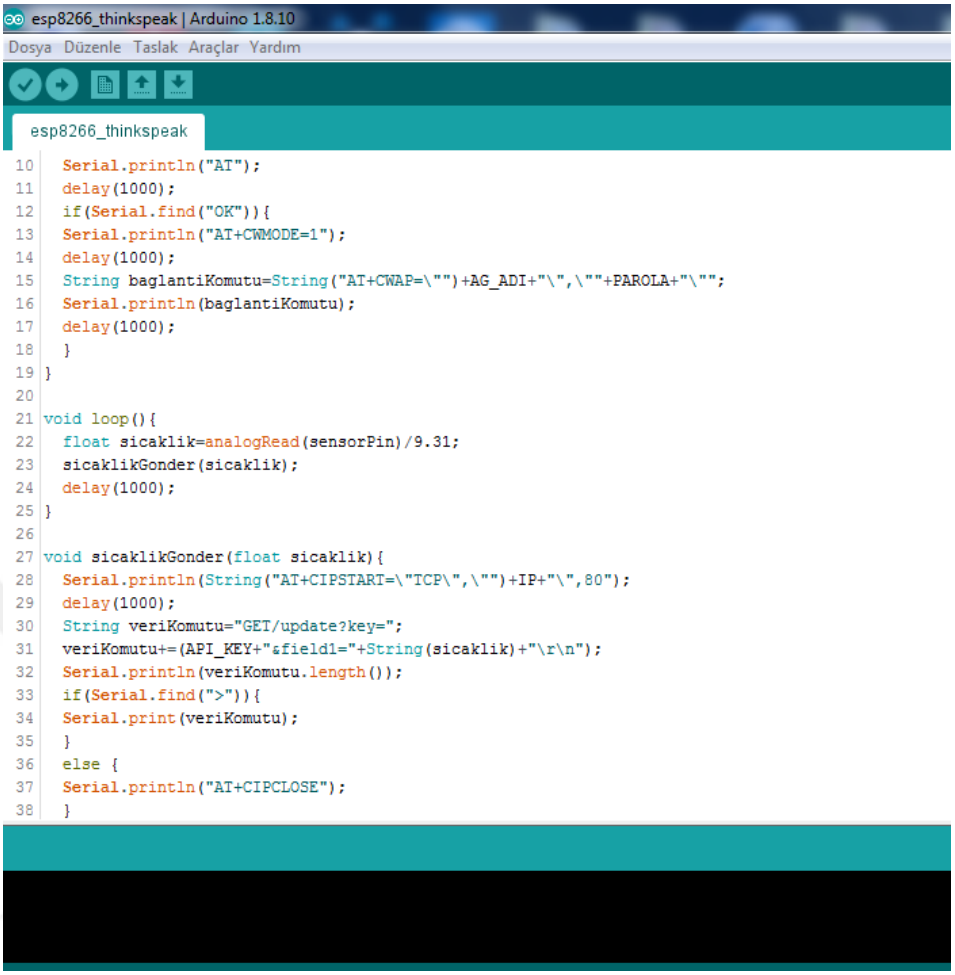
3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu bölümde nesnelerin interneti kullanılarak oluşturulan test düzeneğinin öğeleri açıklanmıştır. Arduino geliştirme kartı, sıcaklık, nem, gaz, ışık algılayıcıları, WiFi haberleşme modülü, transformatör ve devre elemanları anlatılmıştır. İzleme arayüzü için kullanılan Thingspeak ve Kibana platformu anlatılmıştır. İzleme sayesinde elde edilen verilerle oluşturulan veri setini sınıflandırmada kullanılacak algoritmalar anlatılmıştır. BayesNet, çok katmanlı algılayıcı ve rastgele orman algoritmaları sınıflandırma için kullanılmıştır.

3.1. ARDUINO

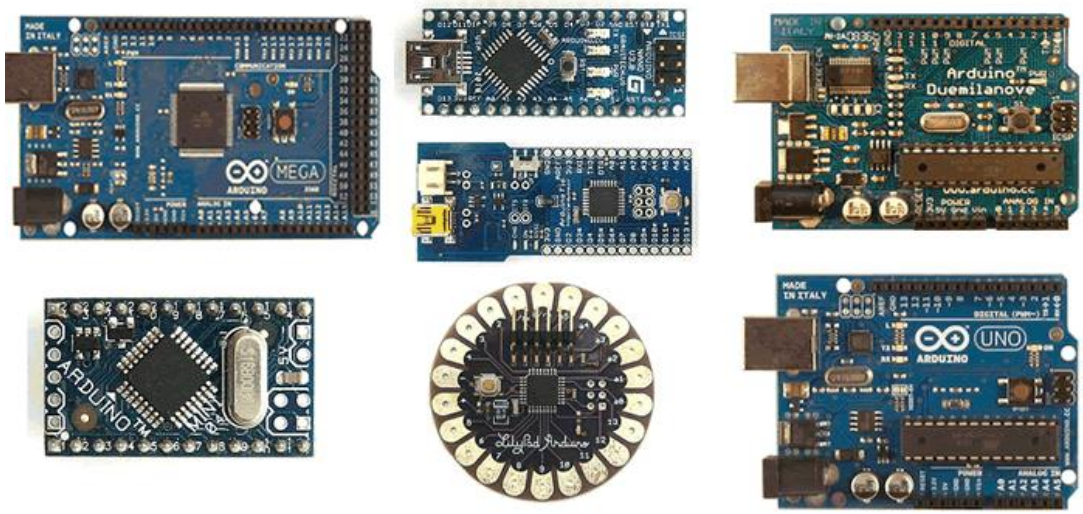
Arduino, içinde mikrodenetleyici bulunan açık kaynak kod ve açık kaynak donanımla çalışan ve IoT projelerinde sıkça kullanılan geliştirme kartıdır. Açık kaynak kodlu olması sayesinde kaynak kodlarına erişilip istenen şekilde düzenlenebilir ve yapılan çalışmalar paylaşıma açıktır. İsteyen her kullanıcı kendi Arduino prototipini tasarlayabilir. Arduino kendi içinde fiziksel hesaplama ve programlama ortamına sahiptir [82]. Arduino C, C++ (kütüphane), Java (yazılım geliştirme ortamı) tabanlı programlama diliyle geliştirilmiştir.

Arduino yazılımı setup ve loop fonksiyonlarını temel alarak çalışır. Setup fonksiyonu ilk kez yapılacak tanımlamalar için kullanılır. Pin görevleri, haberleşme görevi bu kısımda belirlenir. Loop fonksiyonu tanımlı işlemlerin sürekli veya istenen değere kadar devam ettiği kısımdır. Algılayıcıdan alınan veri sıklığı, veri aralığına göre davranış(uyarı sinyali, kesme) burada gerçekleşir. Arduino geliştirme kartı içinde AVR mimarisine göre tasarlanmış Atmel mikrodenetleyicilerden biri bulunur. Arduino IDE (yazılım geliştirme ortamı) aracılığıyla hazırlanan programlar buradan geliştirme kartına yüklenir. Şekil 3.1'de Arduino IDE ekran görüntüsü verilmiştir. Karta yüklenen program silinmedikçe veya kart yeniden başlatılmadıkça aynı işlemde çalışmaya devam eder [62].



Şekil 3.1 : Arduino programlama ekranı.

Çalışmalarda aranan özelliklere göre birçok çeşit Arduino modeli vardır. Mikroişlemci türü, giriş/çıkış sayısı, boyutu, çalışma gerilimi, ek modül gibi özellikleriyle birbirinden ayrılır. En yaygın kullanılan modeller; Arduino Uno, Arduino Mega, Arduino Mini, Arduino Nano'dur. Ayrıca Arduino Duo, Arduino Leonardo, Arduino Esplora, Arduino Bluetooth, Arduino Ethernet, Arduino Lilypad modelleri vardır. Şekil 3.2'de Arduino çeşitleri gösterilmiştir.



Şekil 3.2 : Arduino çeşitleri.

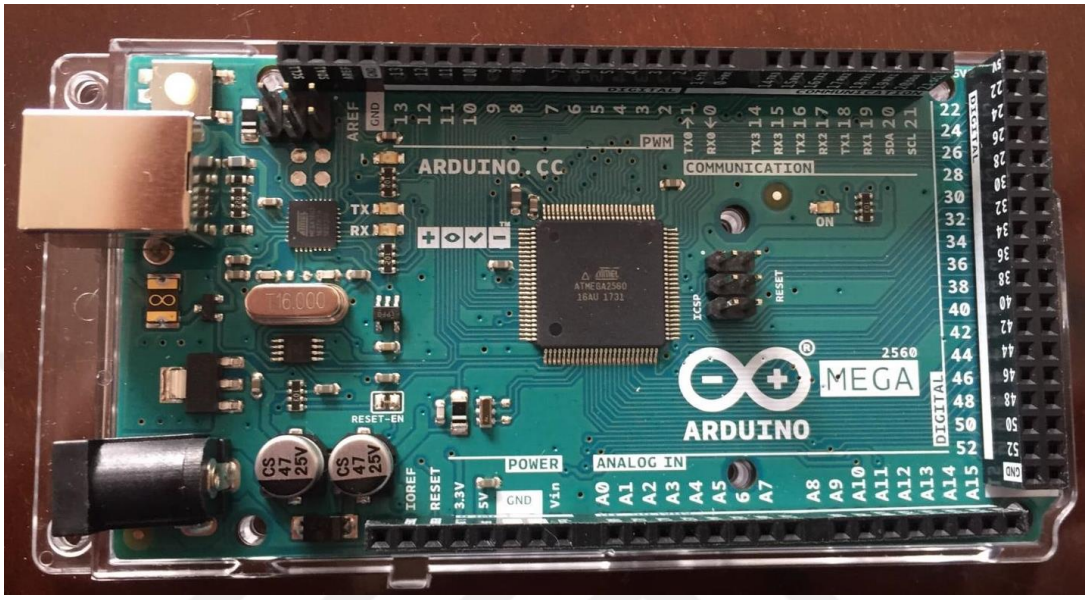
Arduino geliştirme kartları için hazır shield (kalkanlar) vardır. Sheild donanımları Arduino'ya yeni işlev ve özellikler kazandırır. Böylelikle yapılacak projelerde bazı adımlar daha düşük maliyet ve motor sürücü, haberleşme (Ethernet Zigbee, Gsm), proto, lcd ekran, genişleme shield türleri vardır. Şekil 3.3'te Arduino kalkan çeşitleri gösterilmiştir.



Şekil 3.3 : Arduino kalkan çeşitleri.

Bu proje kapsamında Arduino Mega2560 geliştirme kartı kullanılmıştır. Şekil 3.4'te kullanılan geliştirme kartı gösterilmiştir. Ardunio düşük maliyeti, kolay bulunabilir olması ve geliştirmeye uyumlu olmasından dolayı seçilmiştir. Mega geliştirme kartı ise diğer modellere

göre birçok ekstra özelliğe sahip olduğu için seçilmiştir. Fazla giriş çıkış pin sayısı algılayıcı bağlantılarını kolay hale getirmiştir. Mikrodenetleyici işlem kapasitesinin diğer çeşitlerden yüksek olması başka bir avantajıdır [17].



Şekil 3.4 : Arduino Mega 2560.

Bu geliştirme kartı Atmega2560 mikrodenetleyici kullanmaktadır. 54 adet dijital giriş çıkış pini olmak üzere toplam 69 adet pini vardır. Dijital giriş çıkışlardan 15 adedi darbe genlik modülasyonu olarak analog çıkış verecek şekilde kullanılabilir. 4 tane seri iletişim (UART) noktası vardır. Atmega16u2 seri haberleşme sağlamakla görevlidir. 16 MHz'lik kristal osilatör (frekans kararlılığı) vardır.

Çalışma gerilimi 5V'dur. Giriş beslemesi 7-12V arasında olmalıdır. 6-20V sınır aralığı dışında çalıştırılmamalıdır. Uygun olmayan çalışma gerilimleri kararsızlık, aşırı ısınma, devrenin yanması gibi sonuçlar doğurur. Giriş çıkış pinleri en fazla 40mA akım çeker veya sağlar. 3.3V'luk pin en fazla 50mA'lik akım çeker. Bu pin Arduino üzerinden 3.3V'luk çıkış alınmasını sağlar.

Flash hafızası 256kB, kalıcı veri depolama (EEPROM) 4kB'dır. Arduino çalışmadan çıkarılıp tekrar çalışmaya dâhil edildiğinde son kayıtlı program düzeniyle çalışmaya devam eder. Statik rastgele erişim belleği 8kB'dır [83].

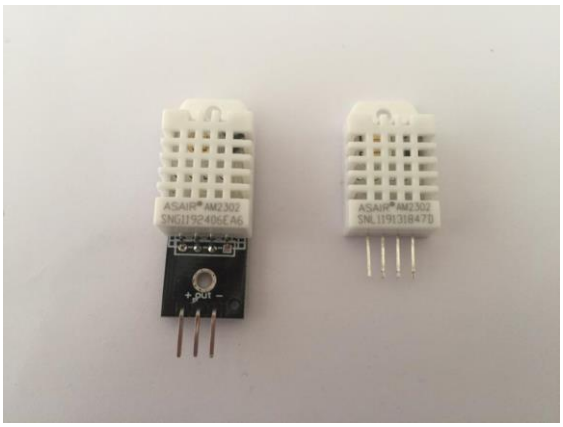
Arduino Mega geliştirme kartını iki şekilde çalıştırmak mümkündür. Bilgisayar üzerinden usb aracılığıyla beslemek veya harici kaynaktan beslemektir. Harici kaynaklar, adaptör, pil veya bataryadır. Harici kaynak kullanırken uygulanacak gerilimin Ardunio'ya zarar vermeyecek şekilde seçilmesi gerekir.

Arduino Mega'da bazı pinlerin özel görev tanımları vardır. Seri haberleşmede veri göndermek için TX 1, 14, 16, 18; veri almak için RX 0,15, 17, 19; numaralı pinler kullanılır. PWM çıkışları 2 ile 13 arasındaki veya 44 ile 46 arasındaki pinlerden alınır. Seri senkron haberleşme 50-53 numaralı pinler üzerinden yapılır. I2C seri haberleşme için SDA SCL hatları 20 ve 21 numaralı pinlerle sağlanır. AREF pini analog girişin referans gerilimini belirler.

3.2. ALGILAYICILAR (SENSÖRLER)

3.2.1. Sıcaklık ve Nem Algılayıcısı

DHT22, Aosong Electronic firması tarafından üretilen nem ve sıcaklık algılayıcısıdır. Şekil 3.5'te sıcaklık ve nem algılayıcısı gösterilmiştir. Algılayıcı kapasitif nem algılayıcı ve termistörden meydana gelir. 8 bitlik mikroişlemciye sahiptir. Çıkışı kalibre edilmiş dijital sinyal olarak verir. Çıkış sinyalini çabuk ve nitelikli verir. Tablo 3.1'de algılayıcının ölçüm aralıkları ve hassasiyeti verilmiştir. Her 2 saniyede bir ortamın sıcaklık ve nemini algılar. DHT grubu içindeki verimi en yüksek algılayıcı olarak bilinir [84].



Şekil 3.5 : DHT22 sıcaklık ve nem algılayıcısı.

Tablo 3.1 : DHT22 ölçüm aralığı ve hassasiyeti

Sıcaklık ölçüm aralığı	-40°C – 80°C
Sıcaklık ölçüm hata aralığı	-/+1°C
Sıcaklık ölçüm hassasiyeti	0.1 °C
Bağıl nem ölçüm aralığı	%0- %100
Bağıl nem hata aralığı	-/+%3
Bağıl nem ölçüm hassasiyeti	%0.1

Algılayıcı 3.3V- 6V dc gerilim aralığında çalışır. Tipik çalışma gerilimi olarak Arduino üzerinden 5V ile beslenir. Ölçüm esnasında 1-1.5mA akım çeker. Boşta durma halinde 40-50µA akım çeker.

DHT22 algılayıcı modüler veya normal halde bulunur. Modül halindeki kullanımda Arduino ile pinler üzerinden doğrudan bağlantı yapılır. Tek başına algılayıcı olarak kullanımda Vcc ve çıkış pinleri arasına 10kΩ'lık direnç üzerinden Arduino'ya bağlanır.

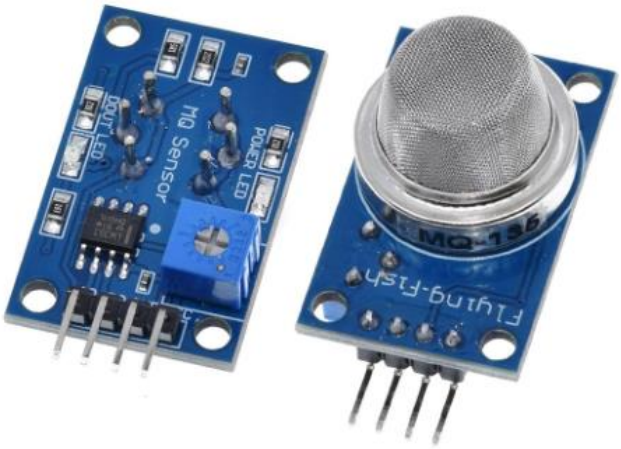
3.2.2. Gaz Algılayıcıları

MQ serisi gaz algılayıcıları ortamdaki çeşitli gazların yoğunluğunun değişimini algılamak için kullanılan basit ve düşük maliyetli cihazlardır. Algılayıcı, ısıtıcı ve elektrokimyasal algılama kısmından meydana gelir. Isıtıcı, algılayıcı yüzeyinin gaz yoğunluğu algılamak için uygun sıcaklığa gelmesini sağlar. Elektrokimyasal kısım gaz algılanmasını ve gaz konsantrasyonuna göre çıkışın oluşturulmasını sağlar. Burada gaz varlık durumuna göre değişen kimyasal olarak yönlendirilen direnç vardır.

Çalışma prensibi olarak temelde; ortamdaki gazlar algılama tabakasından geçer ve algılayıcı içindeki elektrotlarda algılanır. Elektrotlardan algılanan gaz ile kimyasal reaksiyon meydana gelir. Kimyasal reaksiyon sonucu gaz konsantrasyonuna bağlı bir akım meydana gelir. Akım miktarının değişimi ve gaz konsantrasyonu değişimi doğru orantılı olarak değişir.

MQ-135 gaz algılayıcı kapalı ortamlarda kullanılan ve ortamdaki hava kalitesini ölçmeye yarayan algılayıcıdır. Hava normal şartlarda %78 azot, %21 oksijen ve diğer gazlardan oluşur. Şekil 3.6'da gaz algılayıcısı verilmiştir. MQ-135 algılayıcısı havada bulunan ve oranının

düşük olması istenen gazları algılar. Amonyak, azot oksit ve türevleri, alkol buharı ve türevleri, karbondioksit, benzen konsantrasyonunu ölçer. Algılayıcı ölçümünü point per million (ppm) değerinde yapar. Bir milyon birimde havada çözünen gaz miktarını ifade eder [84].



Şekil 3.6 : MQ-135 gaz algılayıcı.

Algılayıcı toplamda 9 parçadan oluşur. Gaz algılama katmanı, elektrotlar ve elektrot hattı ısıtma bobini, borulu seramik, patlama karşıtı örgü, kelepçe halkaları, reine tabaka ve pinlerden oluşur. Dış kısım paslanmaz çelik, bağlantı pinleri ve kelepçesi bakır kaplı nikel, algılama katmanı kalay oksit ve elektrotlar alüminyumdan yapılmıştır. Algılayıcının 6 adet pini vardır. Bu pinlerden 4 tanesi veri alışverişi için kalan 2 pinse ısıtıcı çalışması için kullanılır. Pinlerin çıkışına 10-47kΩ direnç bağlanarak kalibre edilir ve ortam için uygun değerlerden ölçüm alınır.

Algılayıcı 5V dc gerilimle çalışır ve ısınma sürecinde 0.8watt güç tüketir. -10°C- 45°C aralığında ideal çalışma ve -20°C- 70°C kıtlık çalışma sıcaklık aralığında düzgün çıkış verir. %0- %95 bağıl nem aralığında çalışır. Dijital ve analog çıkış alınabilir. Analog çıkış ortamdaki gazın yoğunluğunu tespit etmek için, dijital çıkış eşik değer kontrolü için kullanılır. Eşik değer modül üzerindeki ayar vidası ile değiştirilir [85].

Uzun süre bozulmadan ve istikrarlı olarak çalışır. Ortamdaki gaz değişikliklerini çabuk algılamaya yönelik yapılmıştır. 10ppm-300ppm NH_3, 10ppm-1000ppm Benzen, 10ppm-300ppm Alkol buharı aralıklarında gaz konsantrasyonu ölçümü yapar.

MQ-9 kapalı ortamdaki CO ve yanıcı gaz tespitinde kullanılan gaz algılayıcısıdır. Yarı iletken gaz algılayıcı mantığıyla çalışır ve temel algılayıcı kalaydioksittir. İyi düzeyde karbonmonoksit, yanıcı gazlar, metan ve propan gazlarının konsantrasyonunu algılar. Çalışma prensibi ve fiziksel yapı olarak MQ-135 gaz algılayıcısıyla birebir aynıdır. Şekil 3.7'de gaz algılayıcı gösterilmiştir.

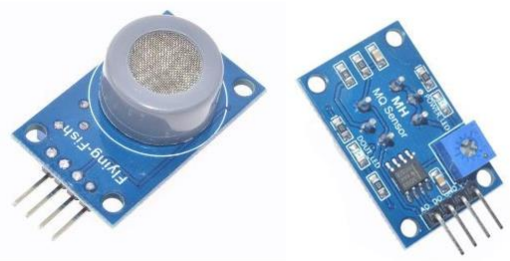


Şekil 3.7 : MQ-9 gaz algılayıcısı.

5V dc gerilimle çalışır. Isıtma sürecinde 0.35W tan az güç tüketir. -10°C- 50°C aralığı ideal çalışma sıcaklığıdır. %0- %95 bağıl nem aralığında çalışır. Algılayıcı ideal şartlarda %65 nem, 20°C sıcaklıkta çalışmak için üretilmiştir.

10-1000ppm CO, 10-10000ppm yanıcı gaz değerleri arasında gaz konsantrasyonu ölçümü yapar. Analog (değişken değeri görmek için) ve TTL uyumlu dijital (eşik değer üzerinde veya altında kıyaslamak için) çıkış alınabilir.

MQ-7 kapalı ortamdaki CO konsantrasyonunu ölçmek için kullanılır. Şekil 3.8'de gaz algılayıcısı gösterilmiştir. 10-10000 ppm aralığında ölçüm yapmaya uygun yarı iletken gaz algılayıcısıdır. Diğer iki gaz algılayıcısıyla aynı fiziksel yapıdadır ve aynı prensiplerle algılama yapar. Modül halinde kullanılarak hem analog hem de dijital çıkış aynı anda alınabilir. Modül üzerinden dijital çıkışın derecesi istenilen değere çekilir [86].



Şekil 3.8 : MQ-7 gaz algılayıcısı.

Gaz algılayıcıları ortamda kullanılmadan önce ön ısıtma ve kalibrasyon işlemi uygulanır. Bu tezdeki kullanımında analog genlik 0-1023 arasında ölçülmüştür. Ortamdaki değerlerinin istenilen şartlar dışına çıkması halinde (eşik değeri geçmesi) izleme arayüzü üzerinden ikaz verilmesi mümkündür.

Gaz algılayıcılarından alınan genlik değerlerini ppm cinsinden hesaplamak için algılayıcı direncinin hava direncine oranı kullanılır. Denklem 3.1'de gösterilmiştir. Ortamın sıcaklık ve nem değerleri göz önünde bulundurularak teknik dokümandan karşılık gelen oran ppm değeri belirlenir. Analog genlik okunduktan sonra bazı eşitlilikler kullanılarak sonuca ulaşılır.

$$Oran = {R_S}/{R_0} \tag{3.1}$$

İlk olarak temiz hava durumunda R_0 direncinin hesaplanması gerekir. Bunun için dokümandaki grafikten temiz hava için R_s/R_0 oranı alınır ve Denklem 3.2 kullanılarak hesap edilir.

$$R_S = (({5}/{V_L}) - 1) * R_L \tag{3.2}$$

R_0 hesabından oran grafiği lineer olmadığı için logaritma fonksiyonu olarak tanımlanır. Logaritma fonksiyonu için Denklem 3.3 ile 2 nokta seçilip eğim ve kesişim noktası değeri belirlenir.

$$\log(Oran) = m * \log(ppm) + b \tag{3.3}$$

Fonksiyon belirlendikten sonra yük direnci ve analog genliğe R_s değeri bulunur. Denklem 3.4 ve 3.5 kullanılarak R_s değeri bulunur. Denklem 3.6 kullanılarak ppm değeri hesaplanır.

$$V_{L=}\, {Genlik * 5}/{1023} \tag{3.4}$$

$$R_s = ((5 * R_L)/V_L) - R_L \tag{3.5}$$

$$\text{ppm} = \text{pow}(10, ((\log(Oran) - b)/m) \tag{3.6}$$

3.2.3. Işık Algılayıcısı

Ortamdaki ışık şiddetini tespit etmek için ldr (light dependent resistor) kullanılır. Bu malzeme optik algılayıcısı olup kapalı ortamdaki ışık şiddeti değişimine göre içindeki direnç değerini arttırarak veya azaltarak ortamın ışık değerini çıkış olarak verir. Algılayıcılar yapısal olarak en dışında koruyucu ışığı tam geçiren bir katman, yalıtkan orta katman ve onun üzerinde ışık miktarıyla direnç değeri ters orantılı madde ile iletken tel (çoğunlukla bakır) ve bağlantı pinlerinden oluşur. Şekil 3.9'da ldr algılayıcısı gösterilmiştir.



Şekil 3.9 : Ldr algılayıcısı.

Ldr 5V gelirimle çalışıp, analog çıkış veren (ışık şiddeti tavan değerdeyken 1023, tamamen karanlıkken 0) 65°C sıcaklığa kadar sorunsuz kullanılan algılayıcıdır. Sensörün yüksek ışık şiddeti altında algılama yaparken iç direnci 5Ω değerindeyken, karanlık ortamda milyon mertebesinde iç dirence sahiptir. Bu algılayıcılar tek başına Arduino ile beraber kullanıldığı gibi modül haline gelmiş tipiyle belirli bir değer için kıyaslama yapmak için de kullanılabilir. Özellikle sabit değerde aydınlık seviyesine sahip olunması istenen bölgeler için modül halinde olan algılayıcılar daha sık kullanılır [87].

Ldr kullanılarak analog genlik ölçümü yapılmıştır. O şartlardaki genliklere karşılık düşen aydınlık düzeyleri lüksmetre ile ölçülüp belirlenmiştir. Tablo 3.2'de analog genlik aydınlık düzeyi eşleştirilmesi verilmiştir.

Tablo 3.2 : Genlik-Aydınlık düzeyi

Genlik	Aydınlık düzeyi (lux)
0	0
70	1
120	5
300	15
550	35
580	42
660	60
715	75
830	155
870	230
915	270
1000	400

3.3. TRANSFORMATÖR

Kapalı alanda yapılacak gözlemler ve testler için Esitaş markalı VTB 30-200 dâhili gerilim transformatörü kullanılmıştır. Gerilim transformatörü primer sargısına uygulanan gerilimi dönüştürme oranında değiştirerek sekonder sargıda daha yüksek gerilim elde etmek için kullanılmıştır. Şekil 3.10'da transformatör gösterilmiştir.

Kaskat gerilim transformatörü 220V anma giriş gerilimi ve 40kV anma çıkış gerilimine sahiptir. Transformatör tek fazlı olup gücü 1500VA'dir. Frekansı 50Hz'dir. Reçine dökümlü ve tek kutupludur. Çevre sıcaklığı -25-/40°C ve 62 kg ağırlığındadır.



Şekil 3.10 : VTB 30-200 gerilim transformatörü.

3.4. VARYAK

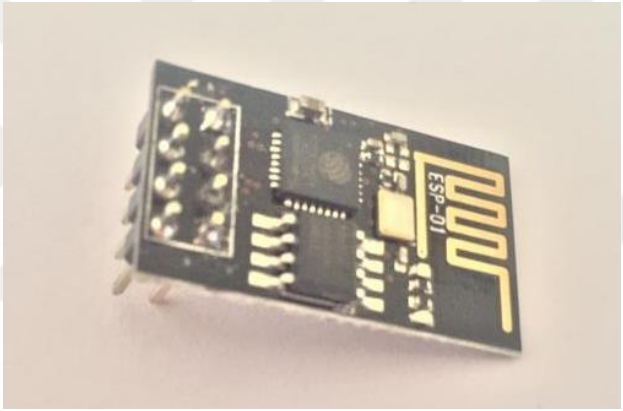
Varyak diğer adıyla ayarlı oto transformatör, içinde primer ve sekonder sargıları tek bir sargı halinde bulunduran, sargılar arasında elektriksel izolasyon bulunmayan elektrik makinesidir. Transformatörü farklı gerilim ve yüklenme derecelerinde çalıştırmak için Varsan markalı kutulu tip varyak kullanılmıştır. Çıkış gerilimi 220V'a kadar el yardımıyla ayarlanabilir ve %1lik değişim aralığına sahiptir. Varyak gücü 5 kVA ve frekansı 50 Hz'dir. Varyakta giriş, çıkış ve toprak bağlantı yerleri mevcuttur. Varyağın üzerinde çıkış akımı ve gerilimini okumak için ampermetre ve voltmetre vardır. Arıza ve koruma durumları için ikaz lambası ve çıkış sigortası vardır. Şekil 3.11'de kullanılan varyak gösterilmiştir.



Şekil 3.11 : Varsan kutulu tip varyak.

3.5. HABERLEŞME MODÜLÜ

Bu tez çalışmasında Esp8266 modül ailesinden Esp-01 modeli kullanılmıştır. Bu modül ortamdaki kablosuz internet ağlarına bağlanarak veri alışverişi yapabilmektedir. Algılayıcı ve mikrodenetleyici üzerinden aldığı bilgiyi internet ortamında istenilen adrese göndermektedir. TCP/IP protokolüne uygun çalışmaktadır. 8 adet bağlantı noktası vardır. Kablosuz ağlara bağlanmak için 5 pini kullanılırken, güncellemelerini yapmak için 6 adet pini kullanılır. Diğer 2 pini giriş çıkış için kullanılır. Az sayıda algılayıcı bağlayıp kendi işlemcisi üzerinden mikrodenetleyici olarak kullanabilmek mümkünüdür. Basit programlamalı, düşük maliyetli ve çabuk temin edilebilir olmasından dolayı tercih edilmiştir. Şekil 3.12'de Esp8266 modülü gösterilmiştir [88].

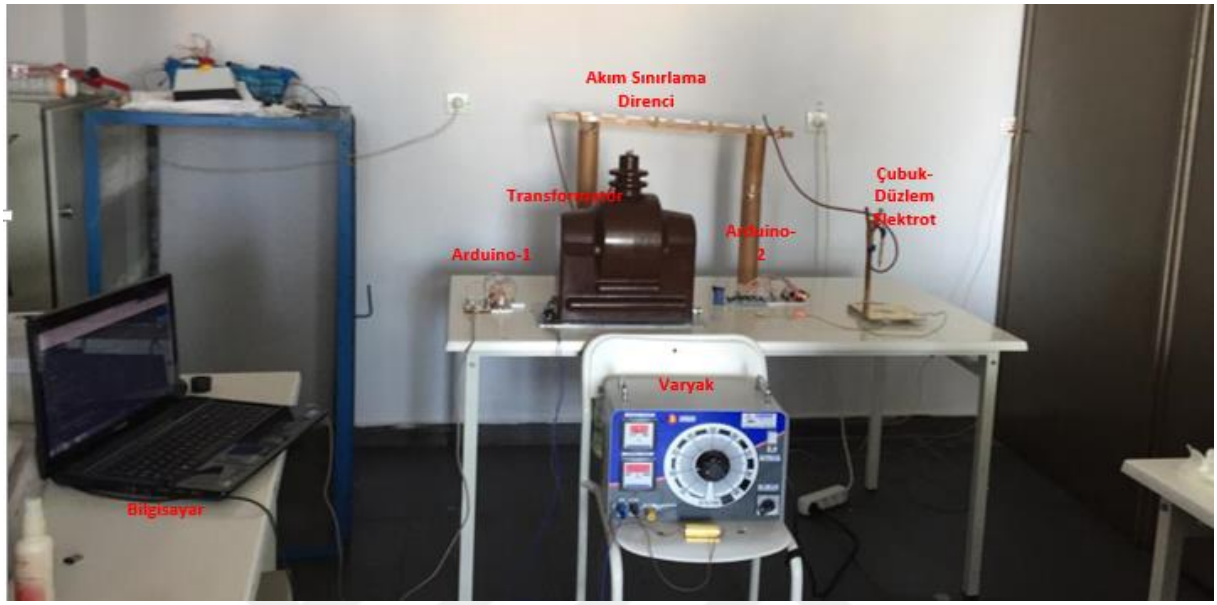


Şekil 3.12 : Esp-8266 haberleşme modülü.

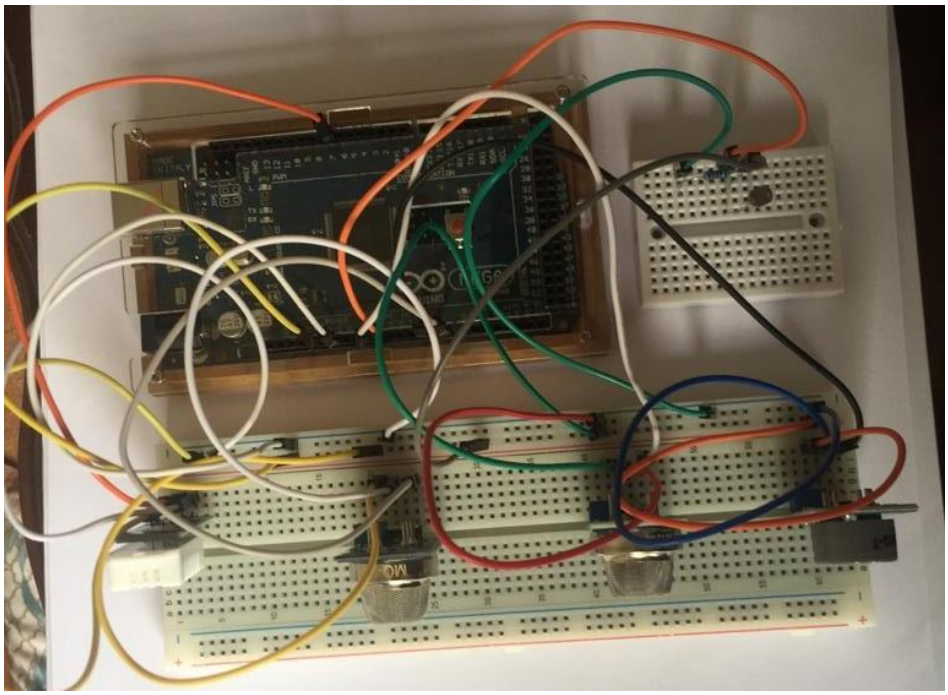
3.6. TEST DÜZENEĞİ

Transformatör ortam parametrelerini izlemek için İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Avcılar Kampüsü Elektrik Makineleri laboratuvarında test düzeneği kurulmuştur. Düzenekte veri toplamak için algılayıcılar ve Arduino'dan oluşan 2 tane istasyon vardır. Bunlardan birisi doğrudan bilgisayara veri göndermek için, diğeri ise internet ağına gönderilmek için kullanılmıştır. Bir adet transformatör ve giriş gerilimi değiştirebilmek için varyak kullanılmıştır. Varyağın girişine akımın zaman sinyalini izlemek için 47Ω'luk direnç bağlanmıştır. Transformatörün akım değerini düşürmek için akım sınırlandırıcı direnç kullanılmıştır. 100kΩ'luk 10 adet direnç seri bağlanmıştır. Kapalı alan oluşturulurken dış etkilere en az şekilde maruz kalınması için 50cm x 80cm x 60cm plastik kutu kullanılmıştır. Böylece ortam kapalı olduğu için ortam şartları sabit tutulmuştur. Üretilen gerilim çubuk-

düzlem elektrot düzenine uygulanmıştır. Şekil 3.13'te test düzeneği gösterilmiştir. Şekil 3.14'te Arduino ve algılayıcı bağlantıları gösterilmiştir.



Şekil 3.13 : Test düzeneği.



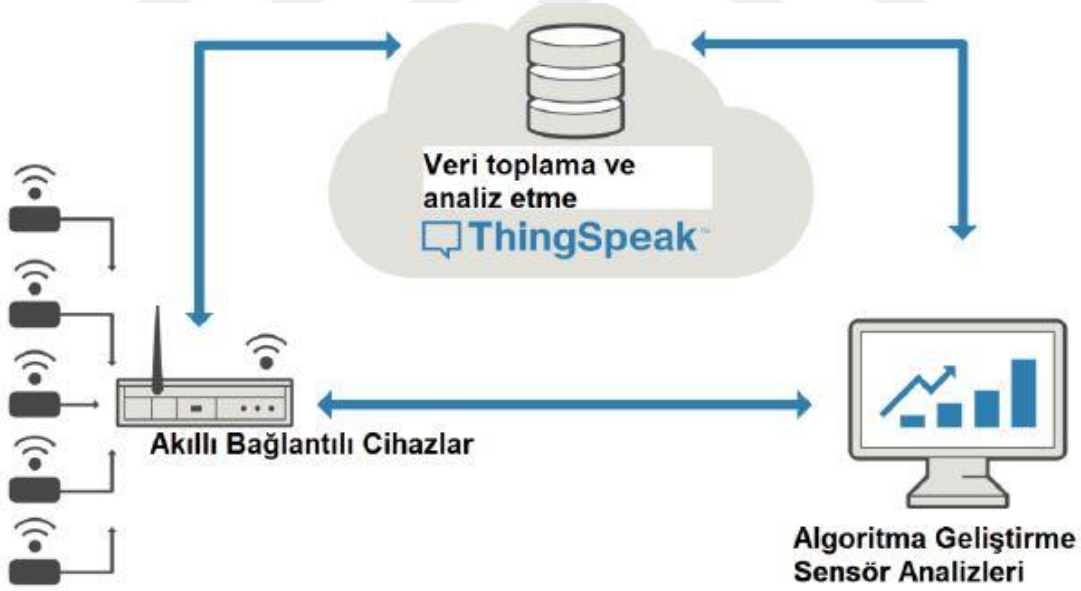
Şekil 3.14 : Arduino-algılayıcı bağlantıları.

3.7. İZLEME ARAYÜZÜ

3.7.1. Thingspeak

Nesnelerin interneti ile yapılan çalışmalarda ortamdan alınan verileri toplamak, izlemek ve analiz etmek için birçok servis mevcuttur. Bu çalışmada ortamdan alınan verileri izlemek için Thingspeak platformu kullanılmıştır. Thingspeak ortam verilerini eş zamanlı görselleştirme, veri toplama ve Matlab ile veri analiz etmekte kullanılan açık kaynaklı bir Nİ uygulamasıdır. HTTP ve MQTT protokollerine göre veri alıp toplar [89].

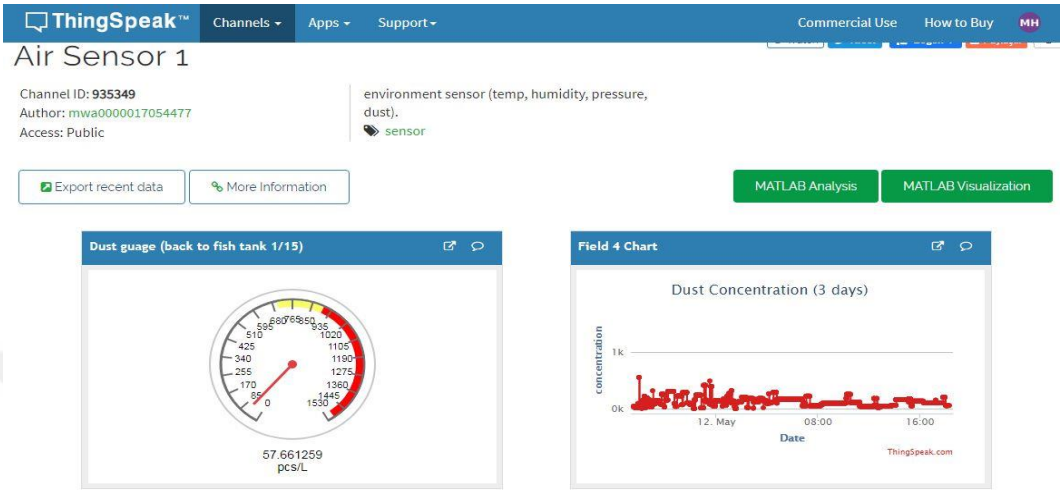
Thingspeak temelde internete bağlanmış cihazlardan gelen verileri toplar ve grafik veya rakamsal olarak görselleştirir. Matlab kodlarını kullanarak platform içinde verilerin analizinin yapılmasını sağlar. Ayrıca, Talkback ve Twitter aracılığıyla alarm verilmesine imkân sağlar. Thingspeak çalışma düzeni şekil 3.15'te verilmiştir. Hava kalitesi görüntüleme, enerji kullanım görüntüleme veya akıllı tarımcılık gibi uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadır.



Şekil 3.15 : Thingspeak çalışma şeması [87].

Thingspeak kullanabilmek için bir hesap yaratılması gerekir. Ücretsiz hesap oluşturulduktan sonra verilerin gönderileceği bir kanal oluşturulur. Kanal içinde 8 farklı veri alabileceğimiz alan bulunur. Veri gönderebilmek ve alabilmek için her kanalın kendine özgü Write ve Read API Key kodları vardır. Bu kodlarla veri alışverişi sağlanır ve kanal izlemeleri özel veya açık

şekilde yapılır. İzleme ekranında grafiklerin gösterdiği değer sayısı, grafik tipi gibi birçok farklı değişkenle görünüm istenilen hale getirilir. Thingspeak'te oluşturulan açık örnekli bir kanal şekil 3.16'da gösterilmiştir.

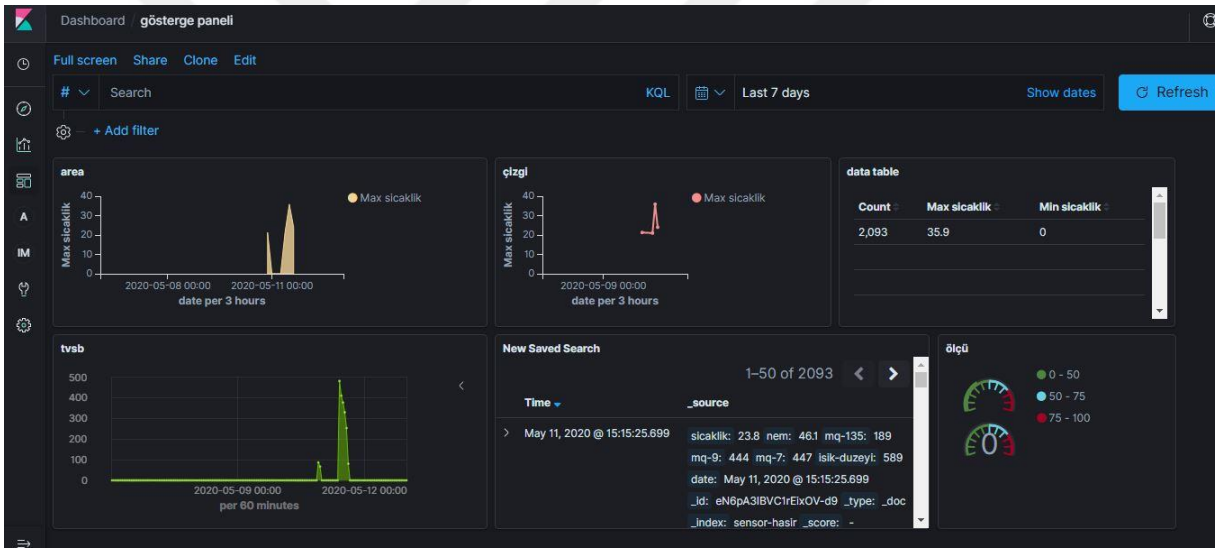


Şekil 3.16 : Thingspeak örnek izleme ekranı.

3.7.2. Kibana

Kablosuz ağ üzerinden, uzaktan izleme sistemine ek olarak veri analizini daha kapsamlı yapabilmek için aynı ölçüm düzeneğinden bir tane daha kurulmuştur. Kablosuz iletişim sisteminden farklı olarak bu düzenek doğrudan kişisel bilgisayara bağlantısı yapılmıştır. Algılayıcıdan ölçülen veriler Python diliyle yazılan seriport dinleme koduyla kişisel bilgisayara ve bulut servise gönderilmiştir. Bulut servis sayesinde hem verilere uzaktan erişmek hem de depolamak mümkün olmuştur.

Bu tez çalışmasında Amazon Web Servis- ElasticSearch servisi kullanılmıştır. ElasticSearch açık kaynaklı veri depolama, arama ve analiz motorudur. Belirli süre ve veri büyüklüğüne erişene dek kullanımının ücretsiz olması, veri güvenlik düzeyinin yüksek olması, kendi içinde farklı hizmetlere sahip olması ve farklı alanlara uygunluğuyla birçok çalışmada kullanılmaktadır. Kibana, ElasticSearch servisine ait veri görselleştirme arayüzüdür. Eldeki verileri ölçü, grafik, harita, amaç, tablo gibi farklı şekillerde görselleştirmek mümkündür. Bunlardan istenilen kadarını seçip ayrı bir gösterge tablosu oluşturmak mümkündür. İçerisinde dizin ve alarm-durum göstergeleri oluşturmak mümkündür. Bu çalışmada sağladığı en büyük avantaj, anlık veri takibi yapılması ve geçmişte istenilen aralıktaki verilere kolay ulaşım imkânı sağlamasıdır [90]. Şekil 3.17'de Kibana için gösterge paneli örneği verilmiştir.



Şekil 3.17 : Kibana gösterge paneli.

3.8. VERİ ANALİZİ

Ortam verilerini ölçmek için algılayıcılar, mikrodenetleyici ve haberleşme modülünden oluşan düzenek kurulduktan sonra kapalı ortamda testler yapılmıştır. Burada değişen ortam koşulları, değişen transformatör çalışma değerleri için ölçümler alınmıştır. Elde edilen veriler Weka programındaki sınıflandırma algoritmaları kullanılarak analiz edilmiştir. Weka, Waikato Üniversitesi'nde Java diliyle yazılmış veri analizi ve makine öğrenmesi için yöntemler ve metotlar içeren ücretsiz bir programdır. Weka kullanarak sınıflandırma, kümeleme, ilişkilendirme ve görüntüleme yapılabilir [18].

Yapılan çalışmalarda elde edilen veri setlerini sınıflandırmak için birçok farklı algoritma mevcuttur. Bayes yöntemleri, karar ağaçları, destek vektör makineleri, yapay sinir ağları, doğrusal sınıflandırıcılar, kural tabanlı sınıflandırıcılar bazı kullanılan algoritmalardır. Veri setleri sınıflandırmaya uygun hale getirildikten sonra farklı test seçenekleri vardır. İlki, oluşturduğumuz veri setini hem test hem de eğitim için kullanmaktır. İkincisi, eğitim için veri setini kullanıp, test için dışarıdan başka bir veri setini kullanmaktır. Üçüncü, seçenek çapraz doğrulama kullanmaktır. Son seçenek veri setinin belirli yüzdesini eğitim, kalan kısmını ise test için kullanmaktır [91].

Bu tez çalışmasında 10 katlamalı çapraz doğrulama test yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde veri seti 10 parça haline bölünüp her seferinde farklı verileri eğitim ve test için kullanır. Her kat için çıkan doğruluk oranlarının aritmetik ortalaması alınarak sınıflandırmanın doğruluğu belirlenir. Şekil 3.18'de çapraz doğrulamanın veri paylaşımı gösterilmiştir. Kırmızı renkliler test verilerini, siyah renkliler eğitim verilerini sembolize eder.

Bölüm1	Kat1	Kat2	Kat3	Kat4	Kat5	Kat6	Kat7	Kat8	Kat9	Kat10
Bölüm2	Kat1	Kat2	Kat3	Kat4	Kat5	Kat6	Kat7	Kat8	Kat9	Kat10
Bölüm3	Kat1	Kat2	Kat3	Kat4	Kat5	Kat6	Kat7	Kat8	Kat9	Kat10
Bölüm4	Kat1	Kat2	Kat3	Kat4	Kat5	Kat6	Kat7	Kat8	Kat9	Kat10
Bölüm5	Kat1	Kat2	Kat3	Kat4	Kat5	Kat6	Kat7	Kat8	Kat9	Kat10
Bölüm6	Kat1	Kat2	Kat3	Kat4	Kat5	Kat6	Kat7	Kat8	Kat9	Kat10
Bölüm7	Kat1	Kat2	Kat3	Kat4	Kat5	Kat6	Kat7	Kat8	Kat9	Kat10
Bölüm8	Kat1	Kat2	Kat3	Kat4	Kat5	Kat6	Kat7	Kat8	Kat9	Kat10
Bölüm9	Kat1	Kat2	Kat3	Kat4	Kat5	Kat6	Kat7	Kat8	Kat9	Kat10
Bölüm10	Kat1	Kat2	Kat3	Kat4	Kat5	Kat6	Kat7	Kat8	Kat9	Kat10

Şekil 3.18 : 10-kat çapraz doğrulama eğitim ve test şekli.

Bu tez kapsamında elde edilen verileri sınıflandırmak için birçok farklı algoritma denenip başarı oranı en yüksek olan üç farklı algoritma seçilmiştir.

3.8.1. BayesNet

Sınıflandırma için kullanılan ilk algoritma BayesNet'tir. BayesNet, bayes ağları temeline dayanan yönlü dönüşsüz grafik modellerinden oluşan bir yapıdır. Algoritmadaki düğümlerin her birine bir değişken atanır. Kollar ise doğrudan bağlı olanları göstermek için kullanılır. Bayes yapısı koşullu olasılık temeline dayandırılır. Algoritmada düğümler ve kollar

istatistiksel yöntemlere göre seçilir. B olayı gerçekleştiğinde A olayının gerçekleşme ihtimali Denklem 3.7'de verilmiştir [92].

$$P(A/B) = {P(B/A) * P(A)}\Big/{P(B)} \tag{3.7}$$

X_m ve X_n olarak iki düğüm olduğu düşünülür ve X_m'den X_n'e bir kol(bağ) oluşturulursa X_m ebeveyn düğüm X_n ise çocuk düğüm olur. Bu kısım Bayes ağlarının niteliksel kısmıdır. Bayes ağı için nicelik kısmı ise koşullu olasılıklardan oluşur. Denklem 3.8'de ağın ortak olasılık çarpımı verilmiştir.

$$P(x_1 \dots x_n) = \prod_{i=1}^{n} P(x_i/pa_g\ (x_i) \tag{3.8}$$

Bayes ağında gözlemler gerçekleşmeye devam ettikçe Bayes teoremi art arda uygulanır. Bu uygulamalar ağı yeniler ve yeni sonsal olasılıklar çıkarır. Bayes ağındaki tüm yapıya bu değişiklikler uygulanır ve sonsal olasılıklar yenilenir. Gözlem sayısı arttıkça daha yüksek doğrulukta modeller oluşturulur.

3.8.2. Çok Katmanlı Algılayıcı

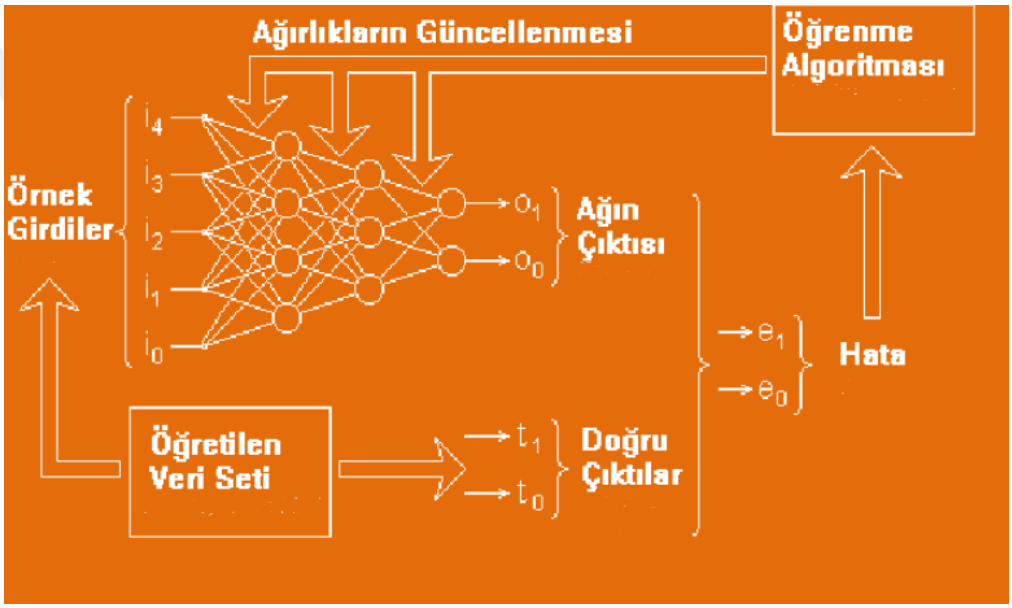
Çok katmanlı algılayıcı, yapay sinir ağlarını kullanarak sınıflandırma yapılmasını sağlayan bir algoritmadır. Algoritma üç katmandan meydana gelir. Giriş katmanı verilerin girildiği katmandır. Ara katman verilerin işlenerek bir sonraki katmana gönderildiği kısımdır. Çıkış katmanı verilerin işlenerek elde edilmesiyle oluşturulan veriyi dışarıya veren katmandır. Ara katmanda eşik değeri aşıldığı zaman, veri giriş katmanından çıkış katmanına gönderilir. ÇKA yapısı giriş verisi çeşidi kadar giriş katmanı, çıkış verisi kadar da çıkış katmanından oluşur. Ara katman problemin ihtiyacına göre değiştirilerek doğruluk oranı yüksek sınıflandırma halini alacak seviyeye getirilir. Algoritmanın temel amacı, girdilere bağlı oluşan en iyi x değerini verecek ağırlık değeri (w) ve bias değerini (b) bulmaktır. Denklem 3.9'da bir algılayıcının matematiksel ifadesi verilmiştir.

$$x = \sum_{i=1}^{n}(a_i w_i) + b \tag{3.9}$$

İlk olarak ileri yayılım ile çıktı elde edildikten sonra daha yüksek doğruluk oranına erişmek için geri yayılım algoritması kullanılır. Burada, beklenen ve istenen çıktı arasındaki hata miktarı belirlenerek hata ağırlık değerlerine tekrar dağıtılarak hesaplama yapılır [20].

Toplam hatayı en aza indirmek için hataya sebep olan süreç elemanlarına dağıtılması gerekir. Ağırlıklar iki şekilde dağıtılır. Giriş katmanı ve ara katman arasındaki ağırlıklar değiştirilerek ve ara katman ile çıkış katmanı arasındaki ağırlıklar değiştirilerek yapılır [93]. ÇKA'nın genel yapısı Şekil 3.19'da verilmiştir.

ÇKA algoritmasında sınıflandırma yaparken momentum ve öğrenme oranı önemli iki parametredir. Momentum, algoritmanın ileri beslemeli öğrenme aşamasında yerel değerlere takılı kalmamasını sağlar. Öğrenme oranı, çıkan sonuçların ağırlıklara yeniden dağıtılması için kullanılan parametredir.



Şekil 3.19 : ÇKA yapısı [93].

3.8.3. Rastgele Orman

Kullanılan son algoritma rastgele orman algoritmasıdır. RO temelde bir ağaç algoritmasıdır. Eldeki veri seti için çok sayıda farklı karar ağacı meydana getirir ve bu ağaçların toplamından karar ormanı oluşturur. Bu ormandaki karar ağaçları tekrar değerlendirilip son tahmin yapılarak tamamlanır. RO sınıflandırma ve regresyon işlemleri için çok sık kullanılır. Diğer algoritmalardan daha yüksek doğrulukta sonuç vermesi, kısa sürede ağaç yapılarını oluşturması, basit ve anlaşılabilir yapıda olması tercih edilmesini sağlar [21]

RO ile oluşturulan algoritmada iki temel parametre; oluşturulacak ağaç sayısı ve rastgele tahminci sayısıdır. Orijinal veri setiyle aynı ölçüde olacak şekilde yeniden örnekleme yapılır.

Örneklem verilerinin 2/3'ü eğitim (inbag) kalanı ise test (out of bag) verisi olarak ayrılır. Eğitim verisiyle karar ağacı oluşturulurken, test verisi oluşturulan yapının hatalarını tespit etmek için kullanılır.

RO modeli oluşturulurken ilk olarak a hacimli veri seti seçilir. Daha sonra yeniden örnekleme yöntemiyle seçilen veri seti eğitim (inbag) ve test (out of bag) olmak üzere ikiye ayrılır. Eğitim veri seti için budanmayan bir karar ağacı oluşturulur. Her düğüm bölünmesi için b tane öznitelik değişkeninden c tanesi rastgele belirlenir. C tane öznitelik entropi veya Gini indeksi üzerinden hesaplanarak ağacı en iyi dallara ayıracak kazanç belirlenir. Hesaplanan değerler üzerinden düğümler iki dala bölünür. Düğümler için oluşturulacak yeni dal kalmayana dek sürdürülür. Her yaprak düğüm için sınıf eşleştirmesi yapılır. Ağaç, test verisine uygulanarak elde edilen sınıflar kayıt edilir. Bu süreç m defa tekrar edilir. Sonra tüm ağaçlar bir araya getirilerek en çok oy alan sınıf final tahmini olarak tayin edilir. Denklem 3.10 ve 3.11'de entropi ve kazanç hesabı verilmiştir.

$$S = \sum_{i=1}^{m} p(x_i) \log_2(x_i)$$

(3.10)

$$G(B,T) = S(T) - \sum_{i=1}^{m} \frac{|T_i|}{|T|} S(T_i)$$

(3.11)

4. BULGULAR

Transformatör parametrelerini uzaktan izleyebilmek için önce izleme sistemi oluşturulmuştur. Bu tez çalışmasında, transformatörün bulunduğu ortam parametrelerinde ve bu parametrelerin değiştirildiğinde izlenmeye devam edilmesine ve transformatörün farklı giriş gerilimlerinde çalışması esnasında ortamın izlenmesi yapılmıştır.

İlk olarak transformatörün ortam parametrelerini ölçmek için kapalı bir alan oluşturulmuştur. Bu parametreler sıcaklık, nem, ışık şiddeti, hava kalite durumu, yanıcı gaz durumu ve karbonmonoksit durumudur. Transformatör, algılayıcılar, haberleşme modülü ve Arduino istasyonu kapalı alana yerleştirilmiştir. Ölçümler iç ortamdan alınıp bir istasyondan Thingspeak platformuna, diğer istasyondan kişisel bilgisayara ve Kibana platformuna gönderilmiştir.

Transformatörün farklı ortam durumları için modeller oluşturulmuş ve veriler toplanmıştır. Her bir veri grubu 6 adet numerik giriş parametresinden (özellikten) oluşturulmuştur. Sıcaklık, nem, 3 adet gaz değişkeni, ışık şiddetiyle ilgili değerdir. O anki test türü her bir veri grubunun nominal özelliği olarak alınmıştır ve çıkış ifadesi oluşturulmuştur. Örnek olarak sıcaklık artışı için yapılan testte elde edilen veriler sıcaklık isimli veriler olarak adlandırılmıştır.

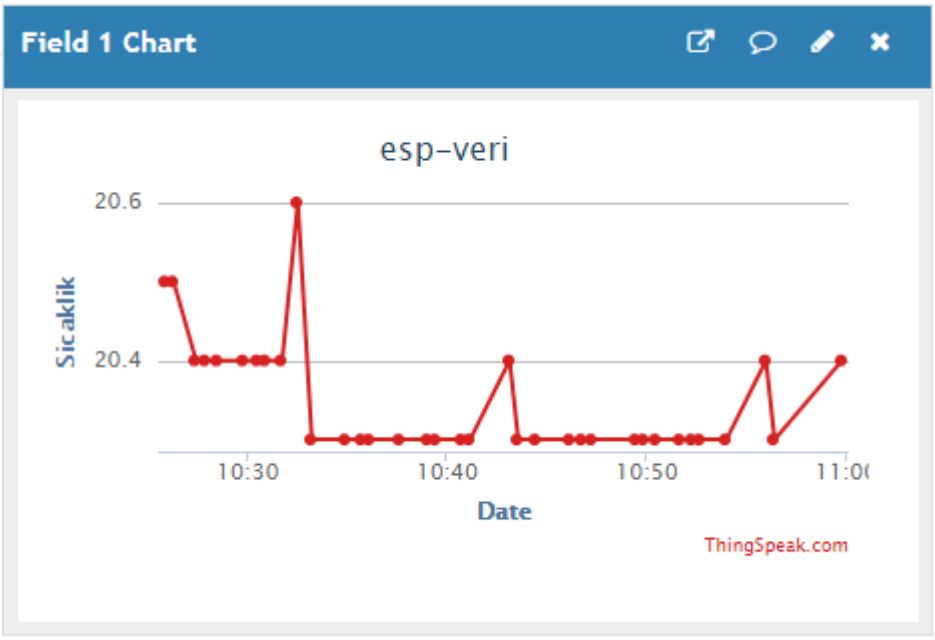
4.1. NORMAL ÇALIŞMA TESTİ

Tüm testler İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Avcılar Kampüsü Elektrik Makineleri Laboratuvarında yapılmıştır. Kapalı ortam ve ölçüm istasyonu hazırlandıktan sonra ilk olarak kapalı ortama herhangi bir dış ve iç etki olmadan ölçümler yapıldı. Şekil 4.1'de normal ortam için kurulan düzen gösterilmiştir. Gaz algılayıcılarının sağlıklı veri ölçümü yapması için ilk çalışmada ısınma süresine ihtiyaç vardır. Bu sürede yüksek genlik değerlerinden okumaya başlar ve ısındıkça daha istikrarlı değerlere ulaşır.



Şekil 4.1 : Normal çalışma için oluşturulan test düzeni.

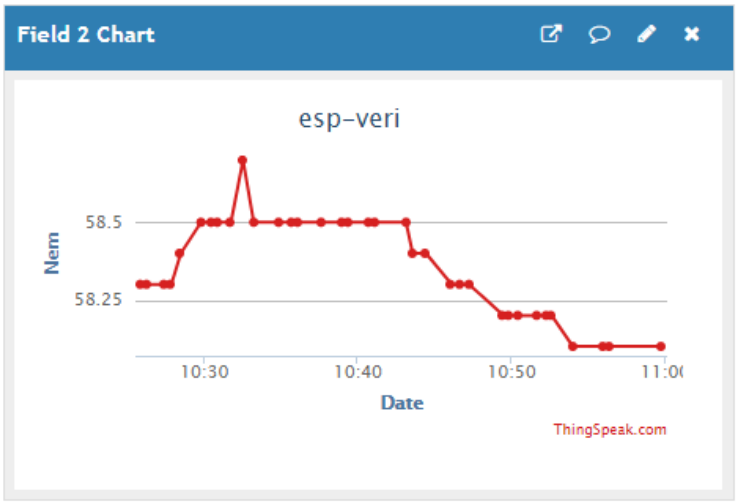
İlk olarak ortamın sıcaklık değeri ölçülmüştür. Şekil 4.2'de Esp8266 kullanarak ölçülen ortamın sıcaklık değişimi °C olarak verilmiştir. Ortamdaki herhangi bir etki olmadığı için sıcaklık 0.3 °C aralığında değişime uğramıştır.



Şekil 4.2: Normal çalışmada sıcaklık değişimi.

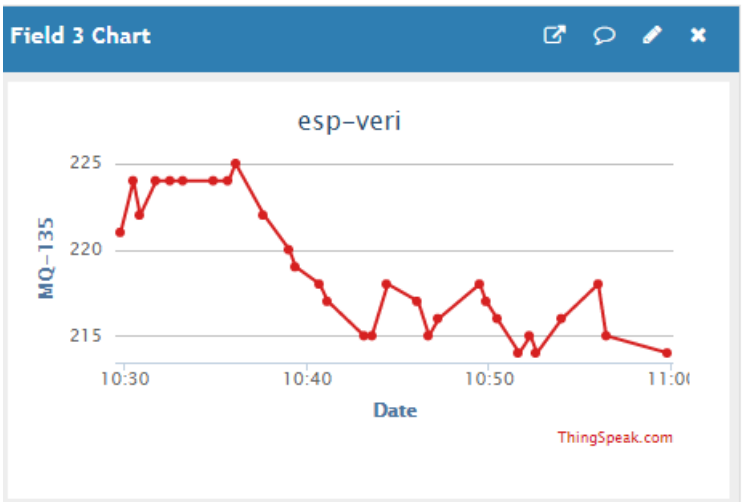
Şekil 4.3'te normal çalışma ortamındaki bağıl nem değerleri gösterilmiştir. Bağıl nem oranı %57-58 arasında değişiklik göstermiştir. Bağıl nem oranı test süresince %1 oranında değişme

göstermiştir. Herhangi bir etki olmadığı için değerin istikrarlı kalması beklenmiştir ve kalmıştır.



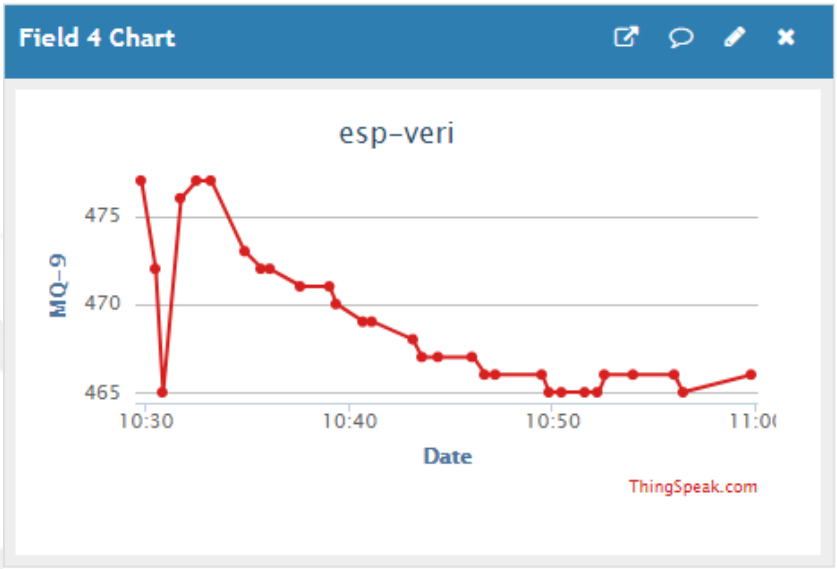
Şekil 4.3 : Normal çalışmada bağıl nem değişimi.

Şekil 4.4'te ortamın MQ-135 algılayıcı ile ölçülen hava kalitesinin değerleri verilmiştir. X ekseninde zaman y ekseninde gaz konsantrasyonu için genlik gösterilmiştir. Hangi genlik seviyesinin ne kadarlık ppm değerine karşılık geldiğinin hesabı malzeme yöntem kısmında ayrıca anlatılmıştır. Algılayıcılar ölçüm alınmadan 45 dakika önce çalıştırılmıştır. Ortamdaki hava kalitesi değişimi 215 değerinde dengeye oturmuştur.



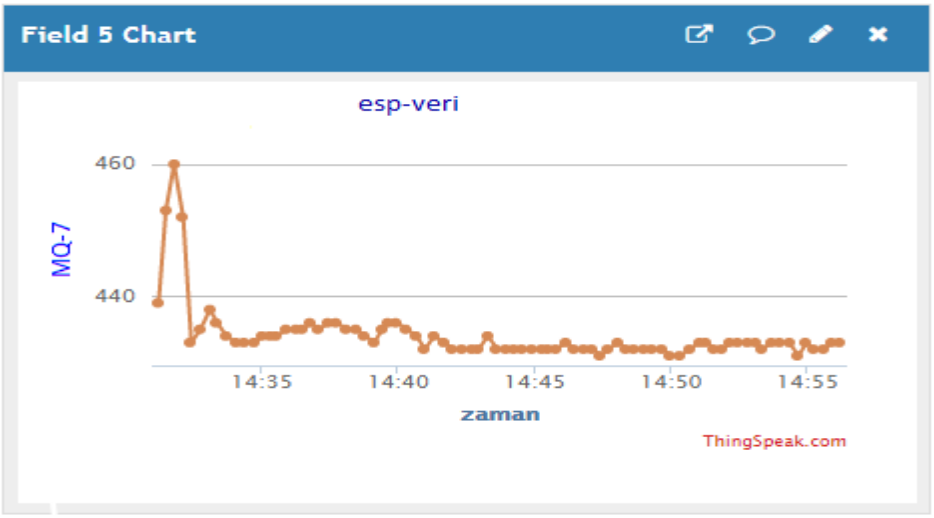
Şekil 4.4 : Normal çalışmada hava kalitesi değişimi.

Şekil 4.5'te ortamın MQ-9 algılayıcısıyla ölçülen CO ve yanıcı gaz durumu verilmiştir. X ekseninde zaman y ekseninde gaz konsantrasyonu için genlik gösterilmiştir. Hangi genlik seviyesinin ne kadarlık ppm değerine karşılık geldiğinin hesabı malzeme yöntem kısmında ayrıca anlatılmıştır. Bu algılayıcı da de ön ısıtma işlemine tabi tutulmuştur. 465-466 arasında sabit değerde kalmıştır.



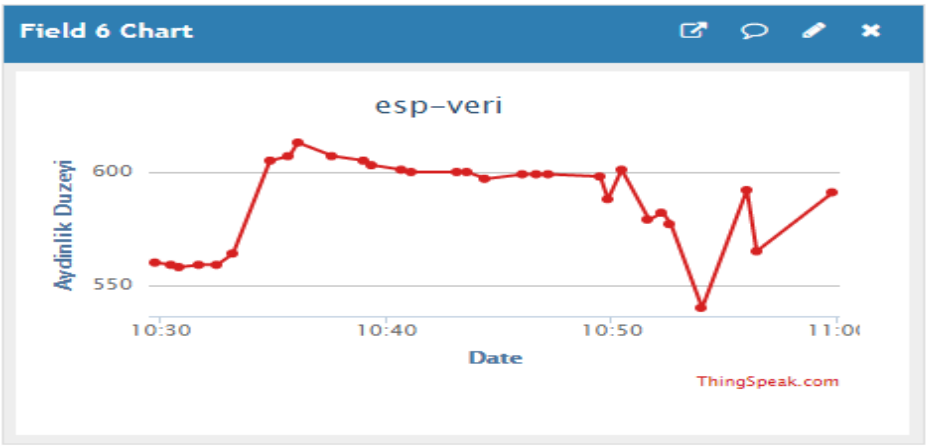
Şekil 4.5 : Normal çalışmada CO ve yanıcı gaz değişimi.

Şekil 4.6'da MQ-7 algılayıcısıyla ölçülen CO durumu verilmiştir. X ekseninde zaman y ekseninde gaz konsantrasyonu için genlik gösterilmiştir. Hangi genlik seviyesinin ne kadarlık ppm değerine karşılık geldiğinin hesabı malzeme yöntem kısmında ayrıca anlatılmıştır. Bu algılayıcı için de ön ısıtma işlemi uygulanmıştır. Algılayıcı bir süre daha çalıştıktan sonra dengeye oturmuştur. Değerler çoğunlukla 435-437 arasında seyretmiştir. Bir defa 460 seviyesine çıkmıştır. Bu süreçteki artış, ortamda bir CO varlığının arttığına işarettir.



Şekil 4.6 : Normal çalışmada CO değişimi.

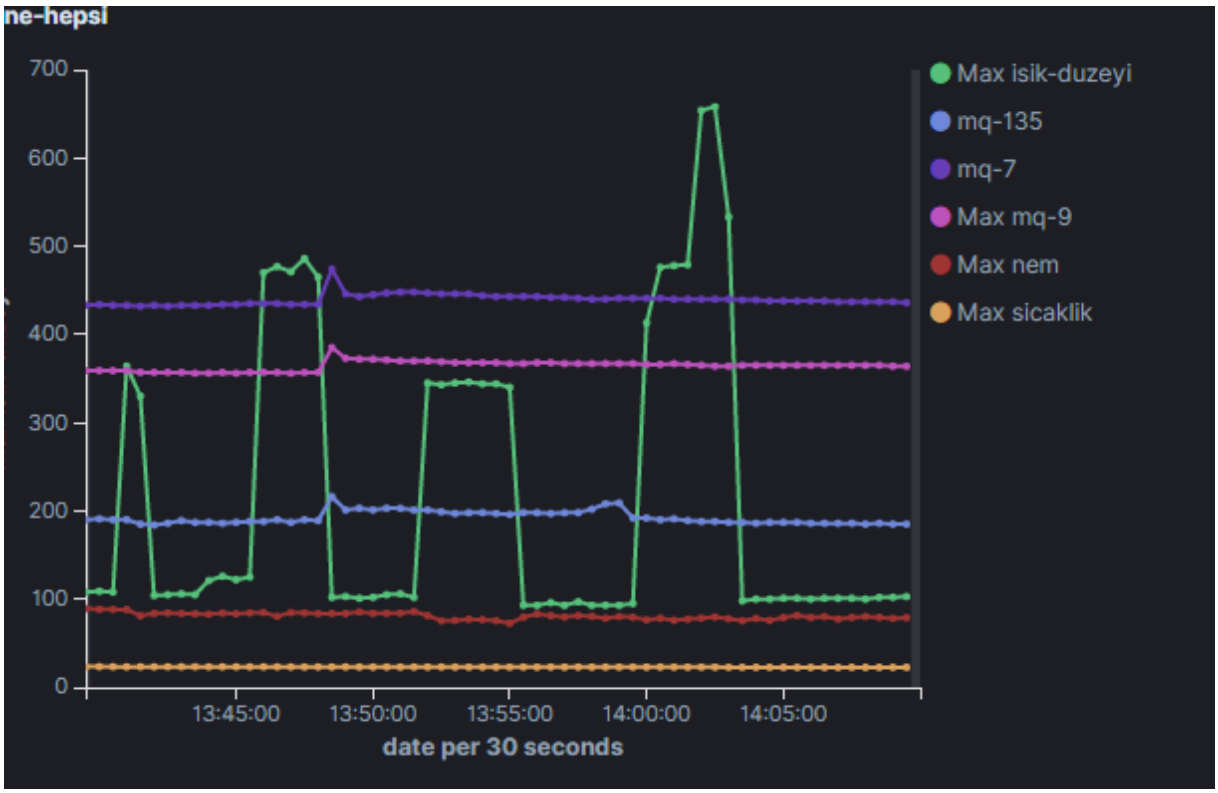
Şekil 4.7'de normal çalışma ortamındaki ışık şiddetinin değişimi verilmiştir. Ölçümler boyunca ortamda ekstra bir ışık kaynağı varlığına engel olunmuştur. X ekseninde zaman y ekseninde aydınlık düzeyi için genlik gösterilmiştir. Hangi genlik seviyesinin hangi aydınlık düzeyine karşılık geldiği malzeme yöntem kısmında ayrıca anlatılmıştır. Algılayıcının yerleştirme açısı, diğer algılayıcıların çalışma durumunda ledlerinin yanıp sönmesi grafikteki dalgalanmalara sebep olmuştur. Çoğunlukla 52-53 lux civarında seyretmiştir.



Şekil 4.7 : Normal çalışmada ışık şiddeti değişimi.

4.2. IŞIK ŞİDDETİ TESTİ

Bu çalışmada, transformatör ve ölçüm düzeni karanlık ortama alınmıştır. Belirli aralıklarla ortamdaki ışık şiddeti değiştirilmiştir. Bunun sonucu meydana gelen değişimler incelenmiştir. Buradan aydınlık düzeyi üzerinden hareketle olası ark durumlarının tespiti yapılmak istenmiştir. Şekil 4.8'de ortamın ışık şiddetinin değişimi gösterilmiştir. Bu ortam büyük ölçüde karartılmıştır. X ekseni zaman Y ekseni genlikler ve diğer değerleri gösterilmiştir.

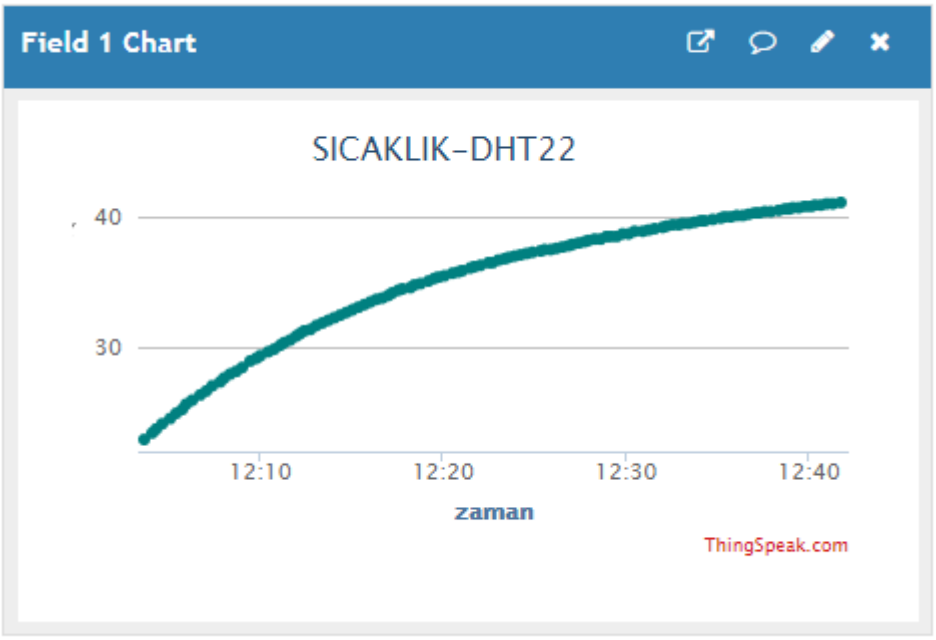


Şekil 4.8 : Işık şiddeti değişimine karşılık diğer parametrelerdeki değişim.

Işık şiddetin değişimi diğer parametreler üzerinde ciddi bir etki bırakmamıştır. Fakat kurulan ölçme düzeni sistemin ışık şiddetindeki değişimleri çabuk algılamıştır. Karanlık ortamda aydınlık düzeyi 0 lux seviyelerine getirilmiştir. Değişmelerin hızlı ve düzenli algılanması meydana gelen arkların süresini ve etkisini belirlemek için önemlidir. Diğer 5 parametre normal çalışmada olduğu seviyede seyretmiştir.

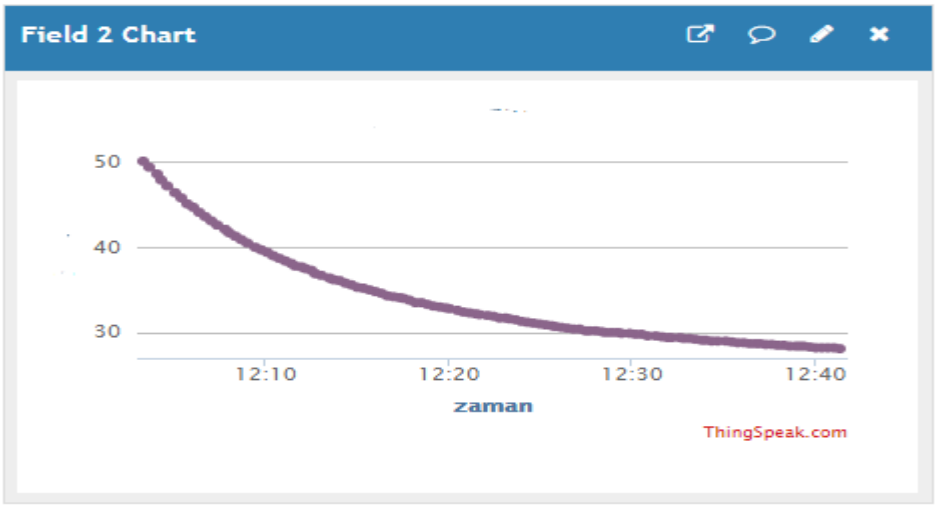
4.3. SICAKLIK ARTIŞ TESTİ

Kapalı ortamda olası transformatör ısınma durumunu modellemek için harici elektrikli ısıtıcı kullanılmıştır. Sıcaklığı hafif hafif arttırarak ortam izlemesi yapılmıştır. Şekil 4.9'da izleme ekranındaki sıcaklık değişimi verilmiştir. Sıcaklık 20°C' den 40°C'ye kadar kademeli olarak arttırılmıştır. Kullanılan diğer algılayıcılar 60°C' ye kadar sağlıklı ölçüm yapabildiği için bu artıştan olumsuz etkilenmemiştir.



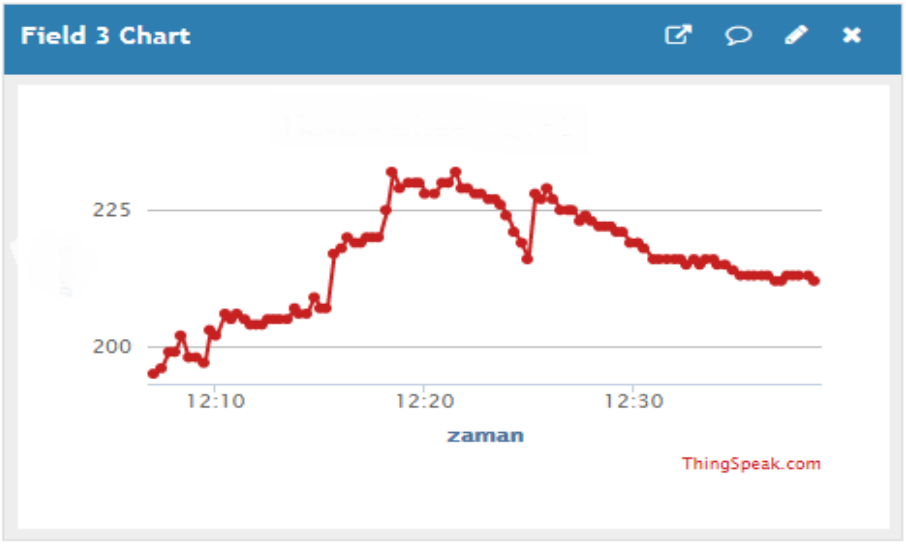
Şekil 4.9 : Sıcaklık artışının değişimi.

Sıcaklık artışına karşılık ortamın bağıl nem değeri ciddi biçimde azalmıştır. Bağıl nem oranı %50'den %30 seviyesinin altına inmiştir. Ortamda ısı enerjisinin ortaya çıkması ve sıcaklığın artması havadaki su buharının azalmasına sebep olmuştur. Sonuç olarak ortamdaki hava kurumuştur. Şekil 4.10'da ortamdaki nem değişiminin izleme ekranındaki görüntüsü verilmiştir.

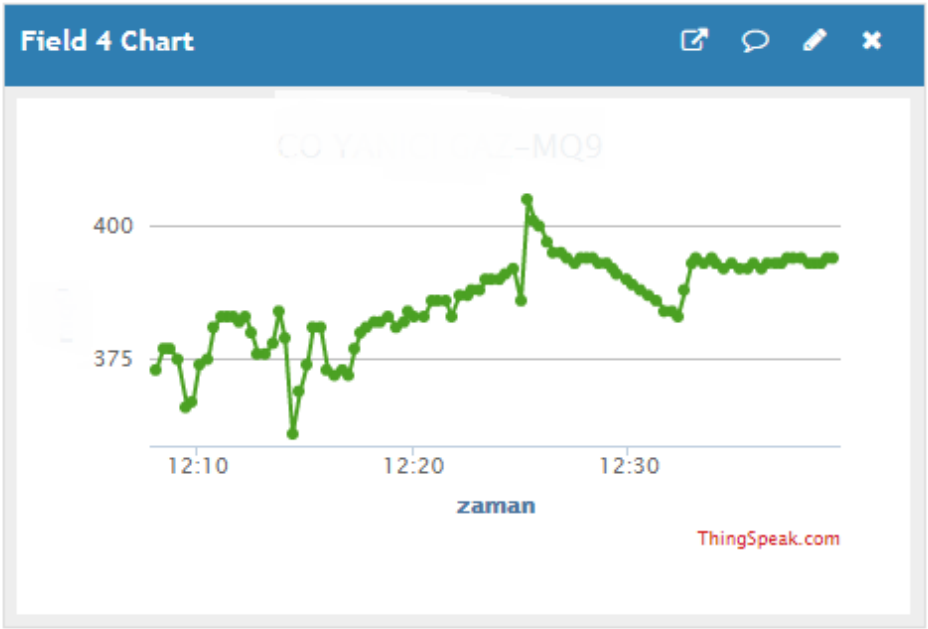


Şekil 4.10 : Sıcaklık artışında bağıl nem değişimi.

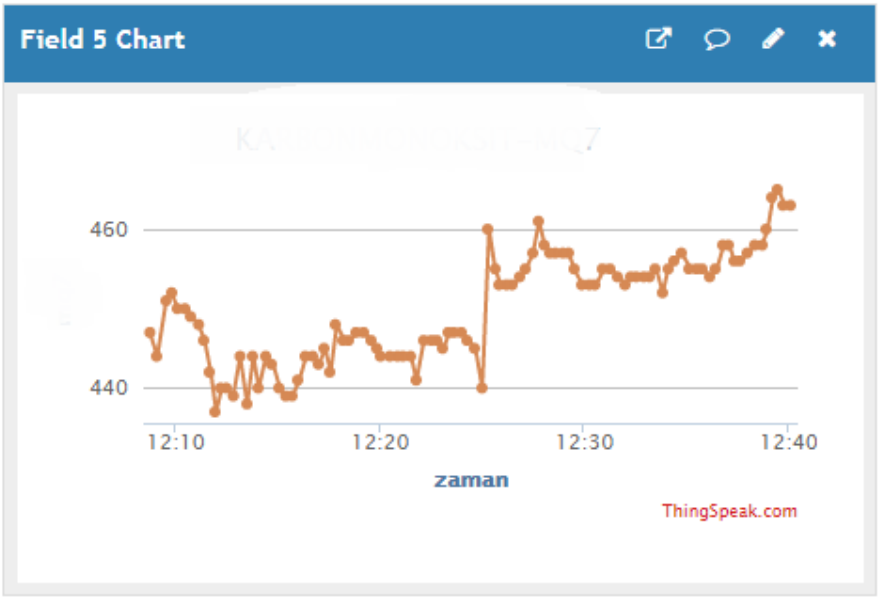
Şekil 4.11, 4.12 ve 4.13'te sıcaklık değişimine karşılık ortamdaki gaz konsantrasyonlarının değişimi verilmiştir. Ortam sıcaklığı yükseldikçe üç farklı gaz algılayıcısının ölçtüğü gazın genliği de bariz olarak artmıştır. Hava kalitesi kuruyan hava ve ortaya çıkan farklı gazların etkisiyle 230 seviyelerine çıkmıştır. Sıcaklık artışına bağlı olarak ortamdaki hava tekrar dengeye gelmiştir ve 222 civarında sabit kalmıştır. CO ve yanıcı gaz varlığı ortam ısınmaya başladığı andan itibaren yükselmeye başlamıştır. Ortamda yanma reaksiyonundan ötürü CO miktarı artmıştır. Tüm test süresince genliği 25 birim artmıştır. MQ-7 algılayıcısına bakarak ortamdaki CO miktarının daha ciddi oranda arttığı görülmüştür. Isınan ortam için beklenen bir sonuçtur. Tepkime noktalarına daha yakın konumda bir yerleştirme imkânı olsaydı genlik daha yüksek değerlere çıkabilecektir.



Şekil 4.11 : Sıcaklık artışında hava kalitesi değişimi.



Şekil 4.12 : Sıcaklık artışında CO ve yanıcı gaz değişimi.



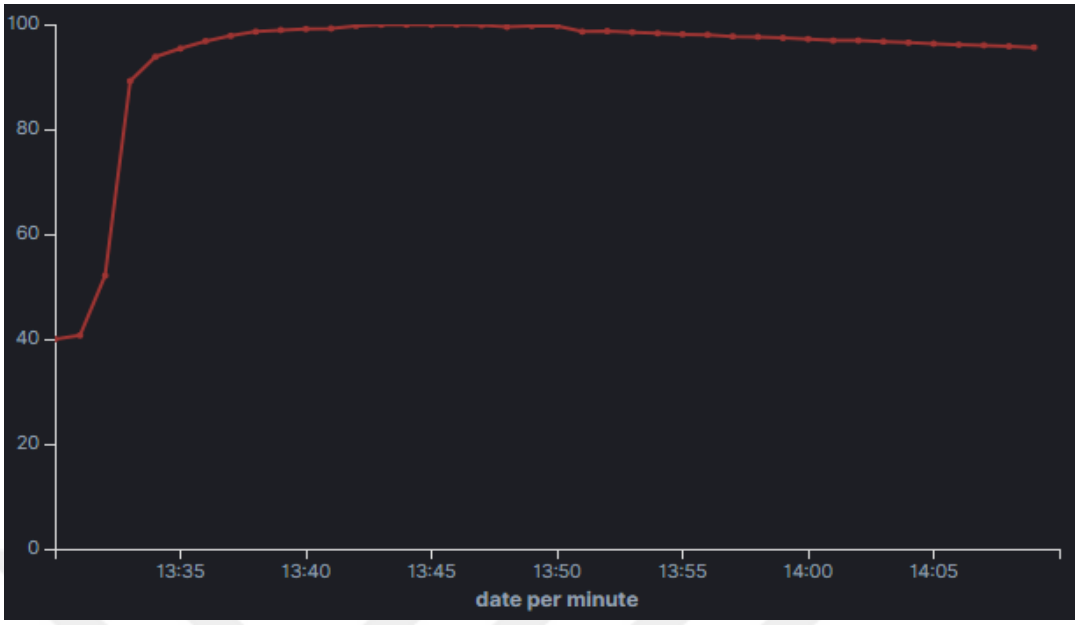
Şekil 4.13 : Sıcaklık artışında CO değişimi.

Sıcaklık artışı süresince ortamdaki ışık şiddetini etkileyen bir unsur oluşmamıştır. Algılayıcıdan okunan analog genlik 680-710 arasında değişmiştir. Ortamda aydınlık düzeyinin değişimine sebep olacak bir etki olmamıştır.

4.4. NEM ARTIŞ TESTİ

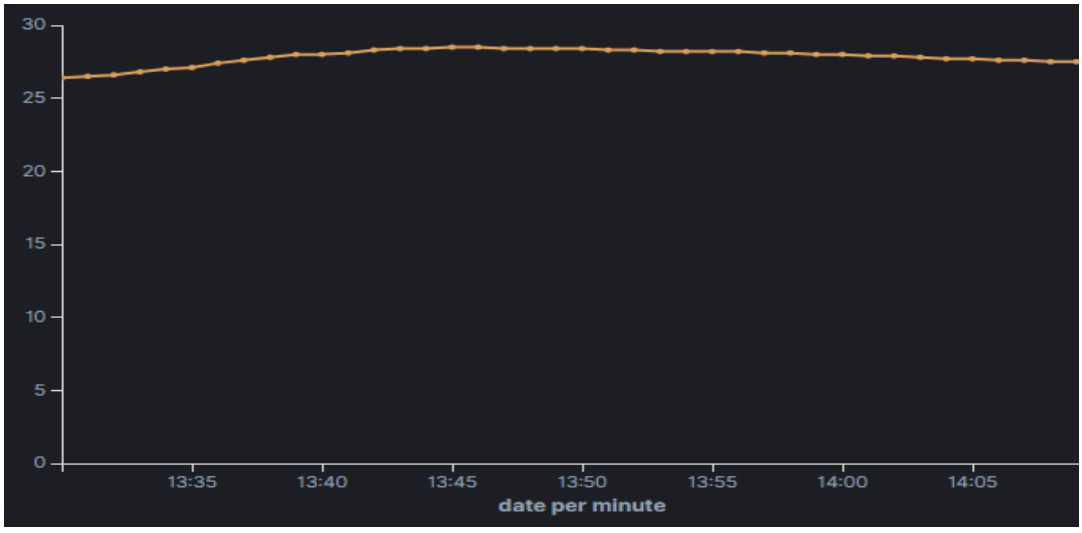
Kapalı ortamda transformatör nem artış durumunu modellemek için su buharı üretici kullanılmıştır. Ortamdaki bağıl nem değişimi ve buna karşılık diğer parametrelerde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Şekil 4.14'te ortamdaki bağıl nem değişimi verilmiştir. Önceden yapılmış belirli aralıktaki verilerin grafiklerini almak için Kibana platformu kullanılmıştır.

Bağıl nem oranı %50 seviyelerinden 5-6 dakika gibi bir sürede %95 seviyelerine çıkmıştır. Diğer algılayıcılar için bu bağıl nem değeri eşik değer sayılabilir. Uzun süre bu nem etkisine maruz kalmak sağlıklı ölçüm yapmayı güçleştirebilir.



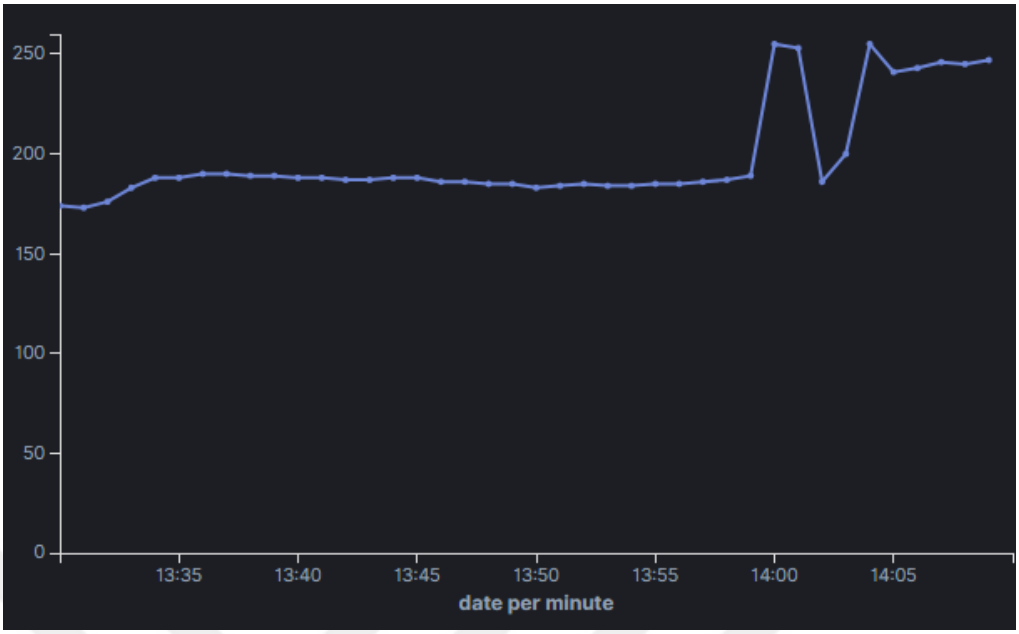
Şekil 4.14 : Bağıl nem artışının değişimi.

Şekil 4.15'te bağıl nem değişimine karşılık ortamın sıcaklık değişimi verilmiştir. Ortada su buharı üretildiği için sıcaklık 2°C kadar yükselmiştir. Sonrasında ortamdaki su buharı üretimi dursa da 27,5 °C'de sabitleşmiştir.



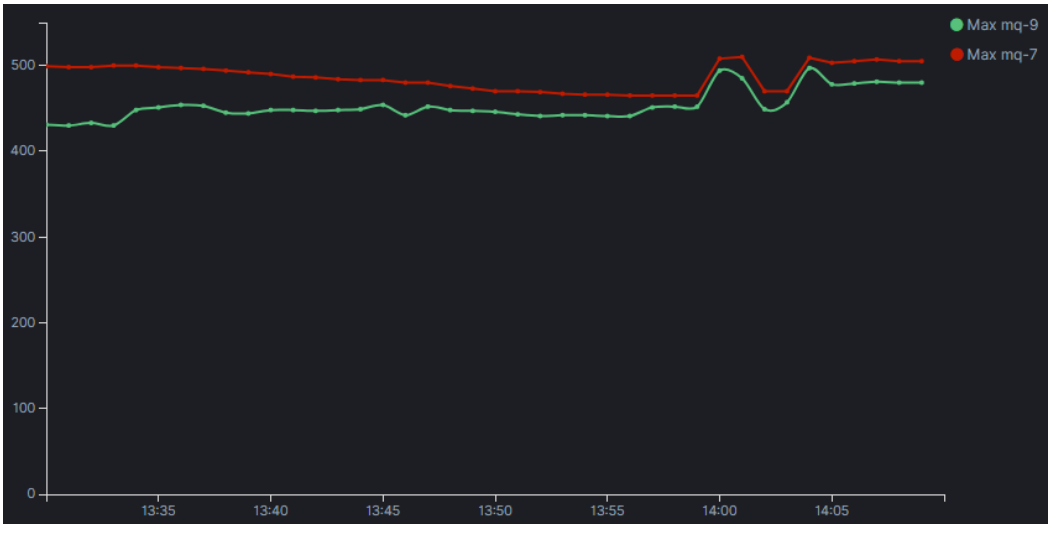
Şekil 4.15 : Bağıl nem artışında sıcaklık değişimi.

Şekil 4.16'da ortamdaki hava kalitesindeki değişim verilmiştir. Su buharı üretimi en üst noktaya ulaştığında ortamdaki kirlenme tepe değerine ulaşmaktadır. Havaya olması gerekenden fazla su buharı yüklenmiştir ve sıcaklık artışı ile beraber bu bozulmaya sebep olmuştur.



Şekil 4.16 : Bağıl nem artışında hava kalitesi değişimi.

Şekil 4.17'de CO ve yanıcı gaz konsantrasyonlarının değişimleri verilmiştir. Buhar üretimi üst değere geldiğinde ortamdaki gazların yoğunluğu artmaya başlamıştır. Sonrasında denge oluşmuştur. Bağıl nem seviyesinin artışı, baştaki sıcaklık artışı kaynaklı olarak artmaya başlamıştır. Bağıl nem açısından hava doygunluğa geldikten sonra CO ve yanıcı gaz değerleri sabit hale gelmiştir.

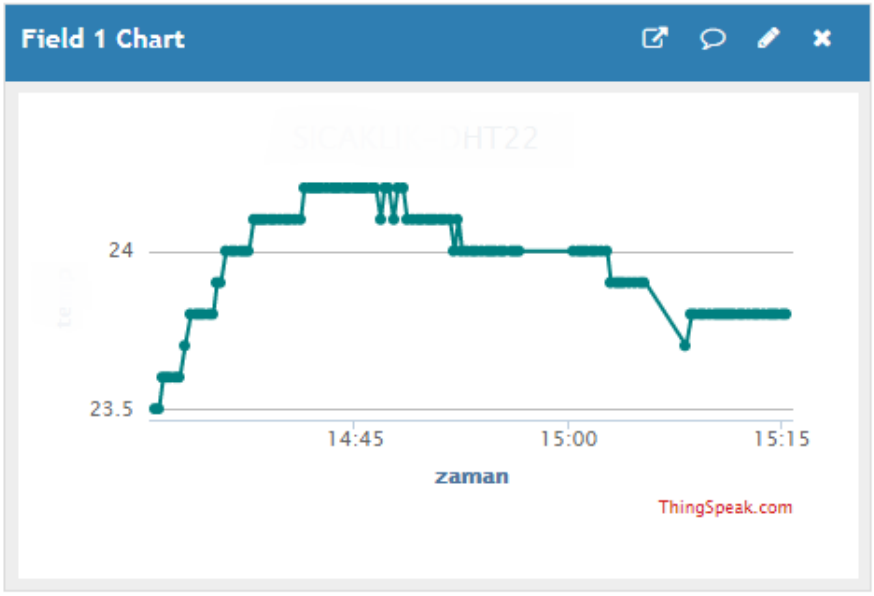


Şekil 4.17 : Bağıl nem artışında CO ve yanıcı gazların değişimi.

Bağıl nem artışı süresince ortamdaki ışık şiddetini etkileyen bir unsur oluşmamıştır. Algılayıcılardan okunan analog genlik 630-660 arasında değişmiştir.

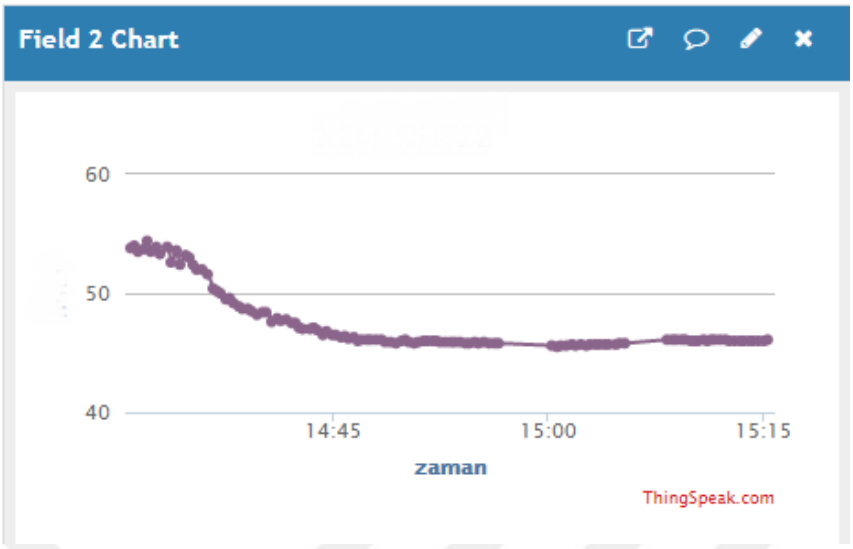
4.5. TRANSFORMATÖR DEŞARJ TESTİ

Kapalı alandaki transformatör farklı giriş gerilim seviyelerinde eşit sürelerde çalıştırılmıştır. Çıkış gerilimi çubuk-düzlem elektrot düzeneğine uygulanmıştır. Çubuk elektrot düzleminde atlama meydana gelmemesine dikkat edilerek ortamda kısmi deşarjlar meydana getirilmiştir. Transformatör maksimum gerilim değerine kadar çalıştırılmıştır. Ortamdaki değişiklikler Esp8266 aracılığıyla ve seriport üzerinden takip edilmiştir. Şekil 4.18'de transformatörün çalışma durumunda ortamın sıcaklık değişimi izleme ekranında verilmiştir. Transformatör deşarj üreterek çalışırken ortam sıcaklığı 1°C derece artmıştır.



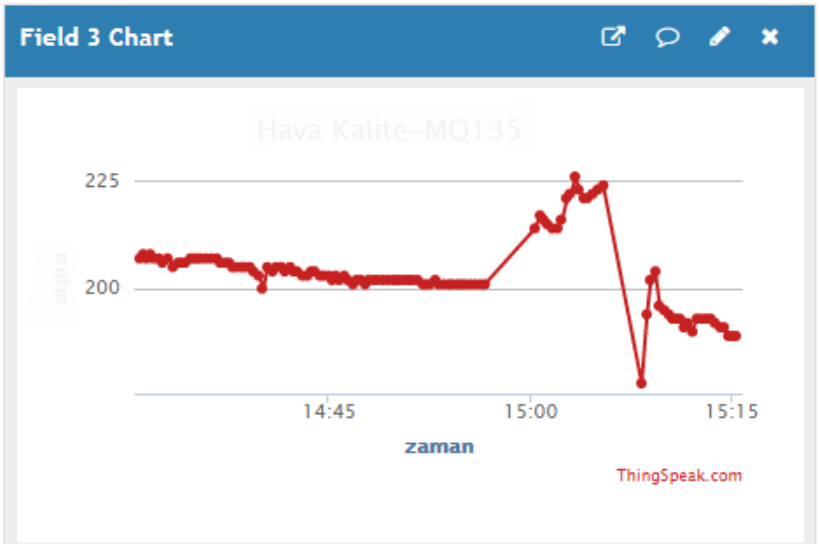
Şekil 4.18 : Deşarj süresince ortamdaki sıcaklık değişimi.

Şekil 4.19'da transformatör deşarj üretme halinde çalışırken ortamdaki nem değişiminin görüntüsü izleme ekranından verilmiştir. Başlangıçta %55 seviyelerinde olan bağıl nem seviyesi transformatör daha yüksek gerilimlerde çalıştıkça % 45 civarına düşmüştür. Bunun ilk sebebi, düşük de olsa hava sıcaklığının artmasıdır. İkinci sebebi, deşarj şiddeti arttıkça havada gaz yoğunluklarının değişmesi ve ortaya çıkan arklardır.



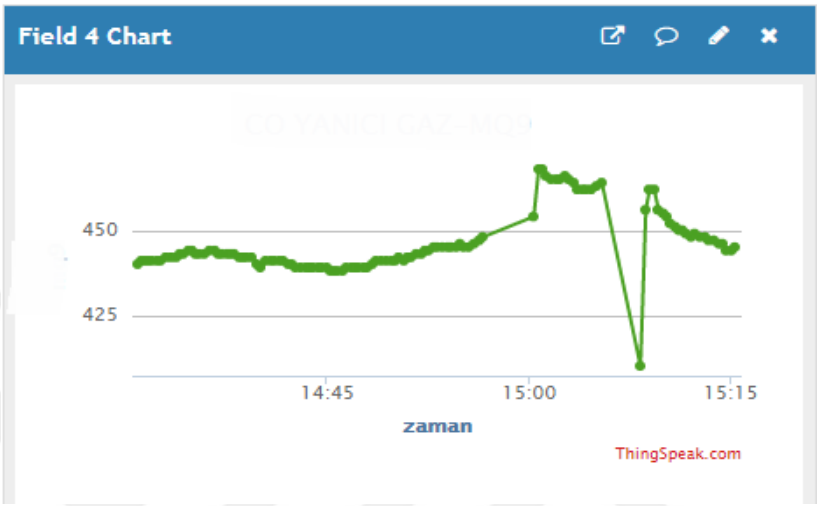
Şekil 4.19 : Deşarj süresince ortamdaki nem değişimi.

Şekil 4.20'de transformatör deşarj süresince ortamın hava kalite durumunun değişimi izleme ekranında gösterilmiştir. Ortamda deşarjlar meydana geldikçe kısa süreli ve büyük miktarda enerji açığa çıkışı olur. Basınç, sıcaklık ve gaz yoğunluklarına doğrudan etki eder. Deşarj sırasında ortama ozon ve karbon temelli gazlar salınmıştır. Bu etkiden dolayı ortamın hava kalitesinde istenmeyen ama beklenen artışlar olmuştur.

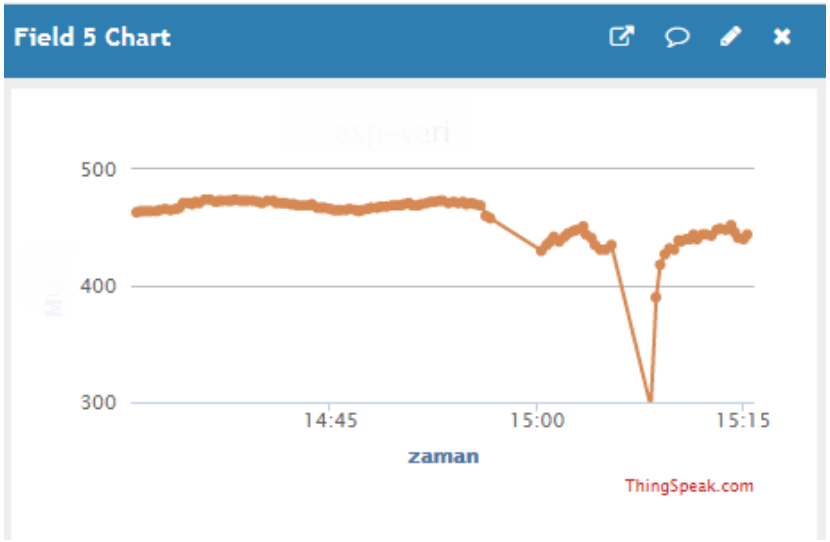


Şekil 4.20 : Deşarj süresince ortamdaki hava kalitesi değişimi.

Şekil 4.21 ve 4.22'de transformatör çalışma süresince ortamdaki CO ve yanıcı gazların değişimi gösterilmiştir. Ortamda meydana gelen kısmi deşarjlar arttıkça havadaki CO ve yanıcı gazların derişimi artmıştır. Ortama salınan gazlar ve arklar bu değişime sebep olmuştur.

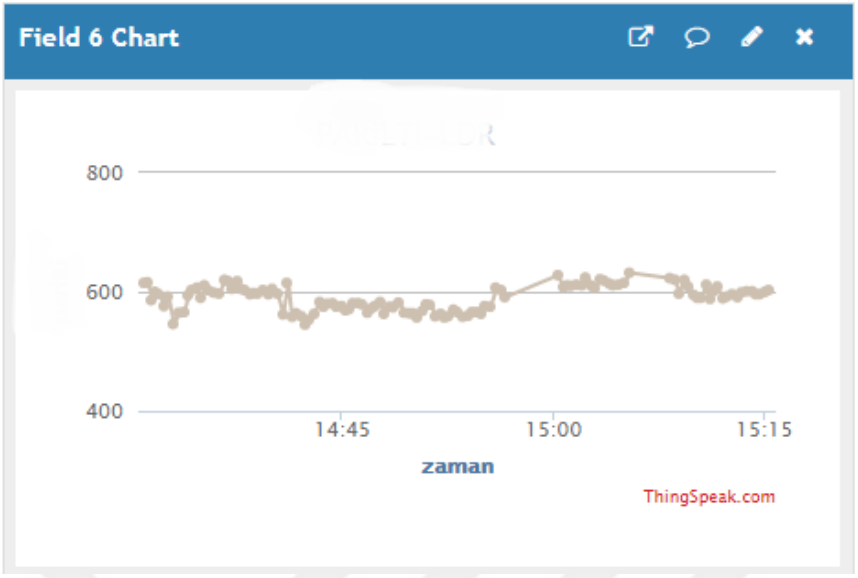


Şekil 4.21 : Deşarj süresince ortamdaki CO-yanıcı gaz değişimi.



Şekil 4.22 : Deşarj süresince ortamdaki CO değişimi.

Şekil 4.23'de transformatör deşarj üretme durumunda ortamdaki ışık şiddeti değişiminin analog genliği verilmiştir. Ortamın aydınlık düzeyi genel olarak sabit seyretmiştir. Anlık birkaç artış o an meydana gelen arklar kaynaklıdır.



Şekil 4.23 : Deşarj süresince ortamdaki ışık şiddeti değişimi.

4.6. VERİ ANALİZİ

3 farklı veri setini sınıflandırmak için en yüksek doğrulukta sınıflandırma yapan üç farklı algoritma kullanılmıştır. BayesNet, çok katmanlı algılayıcı ve rastgele orman algoritmaları performansa göre seçilmiştir. Tablo 4.1'de denenen algoritmalar ve doğruluk yüzdeleri verilmiştir.

BayesNet ve NavieBayes algoritmaları bayes ağlarından şekillendirilmiş algoritmalardır. LibSVM ve SMO destek vektör makineleri algoritmalarının çeşitli versiyonlarıdır. ÇKA yapay sinir ağları üzerine kurulmuş algoritmadır. J48 ve LMT karar ağaçları algoritmalarıdır. RF karar ağaçlarını temel alan geniş kapsamlı bir ağaç algoritmasıdır. Karar tablosu algoritması karar verme kurallarına dayanan algoritmadır.

Tablo 4.1 : Veri setlerinde denenen algoritmalar (%)

Veri/Alg	BayesNet	NaiveBayes	LibSVM	ÇKA	SMO	J48	LMT	RF	Dec Tab
1.veriseti	98.81	91.74	84.47	98.96	93.70	99.34	99.46	99.84	94.43
2.veriseti	95.24	94.51	78.89	94.87	93.77	94.87	96.70	97.07	92.31
3.veriseti	89.38	61.89	70.67	92.61	62.12	94.46	95.15	95.38	84.99

1.veri seti 2602 satır veriden oluşmaktadır. Veri seti içinde normal ortam çalışması, sıcaklık değişimi, nem değişimi, ışık şiddeti değişimi ve farklı giriş gerilimi seviyelerinde çalışma (deşarj meydana getirilen) verilerinden oluşturulmuştur.

1. veri seti için BayesNet algoritması uygulandığında %98,8086 doğrulukla sınıflandırılmıştır. Toplam 31 adet veri satırı yanlış sınıflandırılmıştır. Şekilde 4.24'te BayesNet algoritması için hata matrisi verilmiştir. 6 adet giriş özelliğine 5 tane çıkış sınıfı şeklinde model oluşturulmuştur.

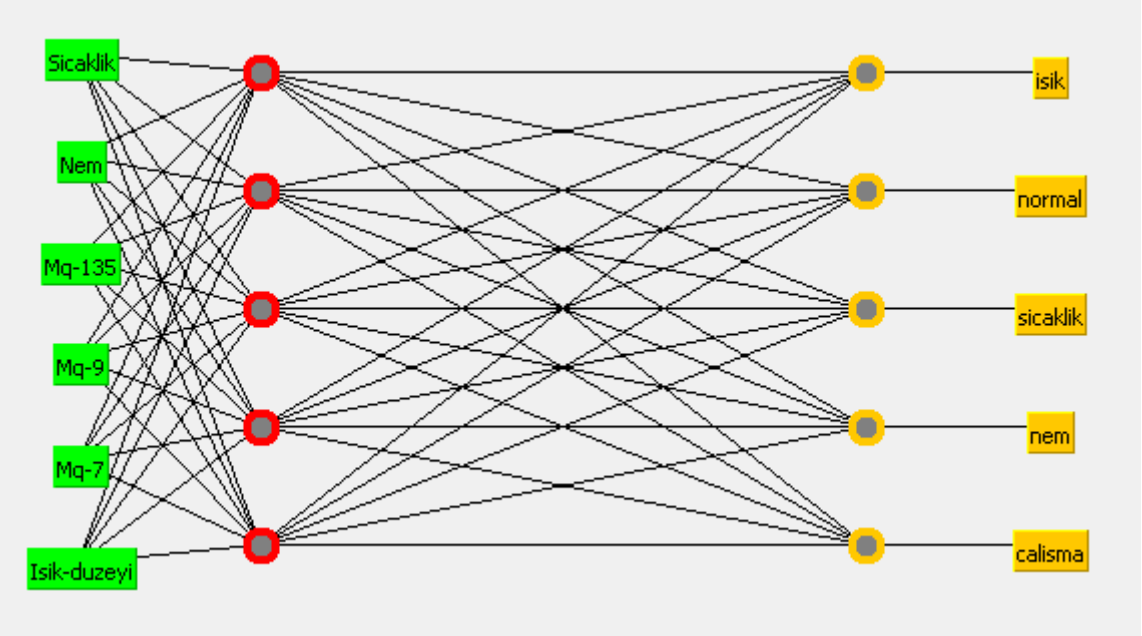
```
  a   b   c   d   e   <-- classified as
543   0   1   0   0 |   a = isik
  0 314   1   0   2 |   b = normal
  1   3 649   2  20 |   c = sicaklik
  0   0   1 632   0 |   d = nem
  0   0   0   0 433 |   e = calisma
```

Şekil 4.24 : 1.veri seti için BayesNet hata matrisi.

1. veri seti için ÇKA algoritması uygulandığında %98,9623 doğrulukla sınıflandırılmıştır. Şekil 4.25'te sınıflandırmanın hata matrisi verilmiştir. 27 adet veri satırı yanlış sınıflandırılmıştır. Şekil 4.26'da çok katmanlı yapı gösterilmiştir. 6 giriş düğümü ve 5 çıkış düğümü için ara katmanda 10 düğüm kullanmıştır. Modelin öğrenme oranı 0,3 ve momentumu 0,2 seçilmiştir.

```
  a   b   c   d   e   <-- classified as
544   0   0   0   0 |   a = isik
  0 316   0   0   1 |   b = normal
  1  15 644   7   8 |   c = sicaklik
  0   0   2 631   0 |   d = nem
  0   1   0   0 432 |   e = calisma
```

Şekil 4.25 : 1.veri seti için ÇKA hata matrisi.



Şekil 4.26 : 1.veri seti ÇKA modeli.

1.veri seti için RO algoritması uygulandığında %99.8463 oranla doğru sınıflandırılmıştır. Şekil 4.27' de RO için hata matrisi verilmiştir. Toplam 4 tane veri satırı yanlış sınıflandırılmıştır.

```
  a   b   c   d   e   <-- classified as
544   0   0   0   0 |   a = isik
  0 316   1   0   0 |   b = normal
  1   2 672   0   0 |   c = sicaklik
  0   0   0 633   0 |   d = nem
  0   0   0   0 433 |   e = calisma
```

Şekil 4.27 : 1.veri seti için RO hata matrisi.

2.veri seti 273 adet veri satırından oluşturulmuştur. Bu veri setinde transformatörün farklı giriş gerilimi seviyelerinde yaklaşık aynı sürelerde çalışması sağlanmıştır. Çubuk-düzlem elektrot düzeneğiyle ortamda kısmi deşarjlar meydana getirilmiştir. Giriş gerilim seviyesi değişimi ve kısmi deşarjlara bağlı olarak ortam parametrelerinin değişimleriyle sınıflandırma yapılmıştır. 6 adet giriş özelliğine karşın 6 farklı sınıf oluşturulmuştur ve buna karşılık sınıflandırma yapılmıştır.

2. veri seti için BayesNet algoritması uygulandığında %95,2381 doğrulukla sınıflandırmıştır. Şekil 4.28'de hata matrisi verilmiştir. 13 adet veri grubu yanlış sınıflandırılmıştır. Yanlış sınıflandırmalar çoğunlukla yakın gerilim değişimlerinde meydana gelmiştir. 100V giriş geriliminde tam doğrulukla sınıflandırma yapılmıştır.

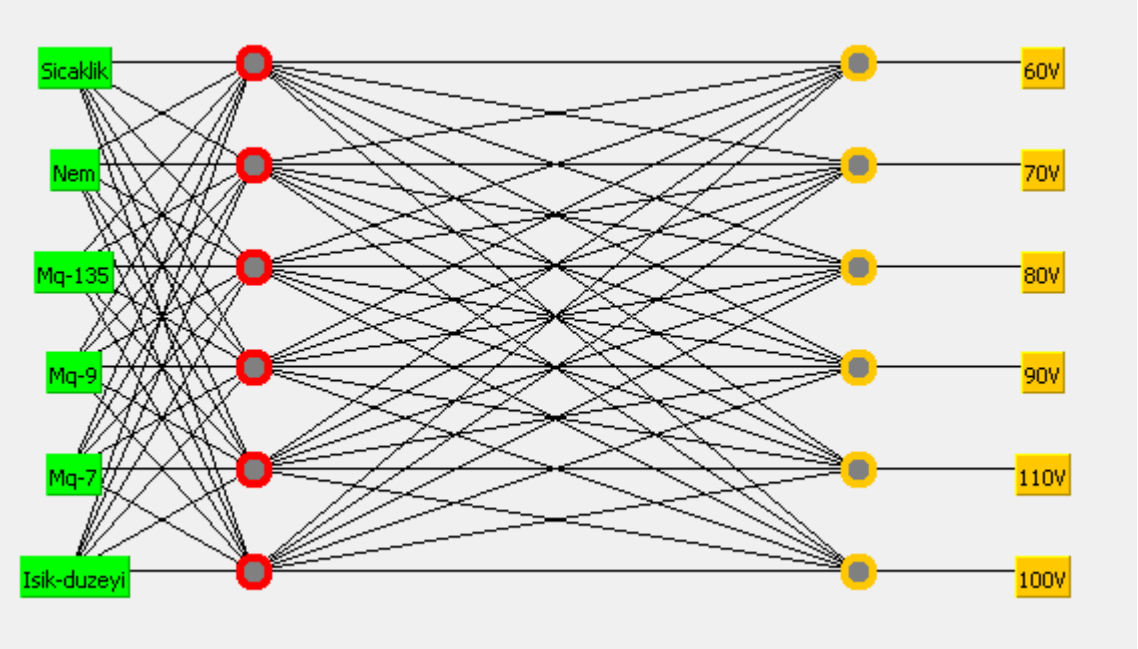
```
 a  b  c  d  e  f   <-- classified as
57  2  0  0  0  0 |  a = 60V
 1 28  1  0  0  0 |  b = 70V
 0  2 55  3  0  0 |  c = 80V
 0  0  1 37  1  0 |  d = 90V
 0  0  0  2 35  0 |  e = 110V
 0  0  0  0  0 48 |  f = 100V
```

Şekil 4.28 : 2.veri seti için BayesNet hata matrisi.

2. veri seti için ÇKA algoritması uygulandığında %94,8718 doğrulukla sınıflandırılmıştır. Şekil 4.29'da sınıflandırmanın hata matrisi verilmiştir. Sınıflandırma sonucu 14 adet veri satırı yanlış sınıflandırılmıştır. Şekil 4.30'da çok katmanlı yapı gösterilmiştir. 6 giriş düğümü ve 6 çıkış düğümü için ara katmanda 12 düğüm kullanılmıştır. Modelin öğrenme oranı 0,3 ve momentumu 0,2 seçilmiştir.

```
 a  b  c  d  e  f   <-- classified as
58  1  0  0  0  0 |  a = 60V
 1 27  2  0  0  0 |  b = 70V
 0  2 55  3  0  0 |  c = 80V
 0  0  3 36  0  0 |  d = 90V
 0  0  0  1 36  0 |  e = 110V
 1  0  0  0  0 47 |  f = 100V
```

Şekil 4.29 : 2.veri seti için ÇKA hata matrisi.



Şekil 4.30 : 2.veri seti ÇKA modeli.

2.veri seti için RO algoritması uygulandığında %97,0696 oranla doğru sınıflandırılmıştır. Şekil 4.31' de RO için hata matrisi verilmiştir. Toplam 8 tane veri satırı yanlış sınıflandırılmıştır. 100V giriş gerilim seviyesi %100 oranla doğru sınıflandırılmıştır.

```
  a  b  c  d  e  f   <-- classified as
 59  0  0  0  0  0 |  a = 60V
  1 28  1  0  0  0 |  b = 70V
  0  2 57  1  0  0 |  c = 80V
  0  0  2 36  1  0 |  d = 90V
  0  0  0  0 37  0 |  e = 110V
  0  0  0  0  0 48 |  f = 100V
```

Şekil 4.31 : 2.veri seti için RO hata matrisi.

3.veri seti 433 adet veri satırından oluşturulmuştur. Bu veri setinde transformatörün farklı giriş gerilimi seviyelerinde yaklaşık aynı sürelerde çalışması sağlanmıştır. Çubuk-düzlem elektrot düzeneğiyle ortamda kısmi deşarjlar meydana getirilmiştir. Sınıflandırmak için transformatörün giriş gerilim değerleri alınmıştır. 220V/40kV dönüşüm oranından çıkış gerilim değerleri üzerinden sınıflandırmayı adlandırmak da mümkündür. Yoğun miktarda kısmi deşarj oluşturulmasıyla alınan veriler için deşarj sınıfı oluşturulmuştur. Giriş gerilim seviyesi değişimi ve kısmi deşarjlara bağlı olarak ortam parametrelerinin değişimleriyle

sınıflandırılma yapılmıştır. 6 giriş özelliğine karşı 8 farklı sınıf oluşturarak model oluşturulmuştur.

3. veri seti için BayesNet algoritması uygulandığında %89,3764 doğrulukla sınıflandırılmıştır. Şekil 4.32'de hata matrisi verilmiştir. 46 adet veri satırı yanlış sınıflandırılmıştır. Yanlış sınıflandırmaların temelinde 54V ve 108V giriş gerilim seviyelerine düzenli artışın sırayla getirilmemesinden kaynaklanmıştır.

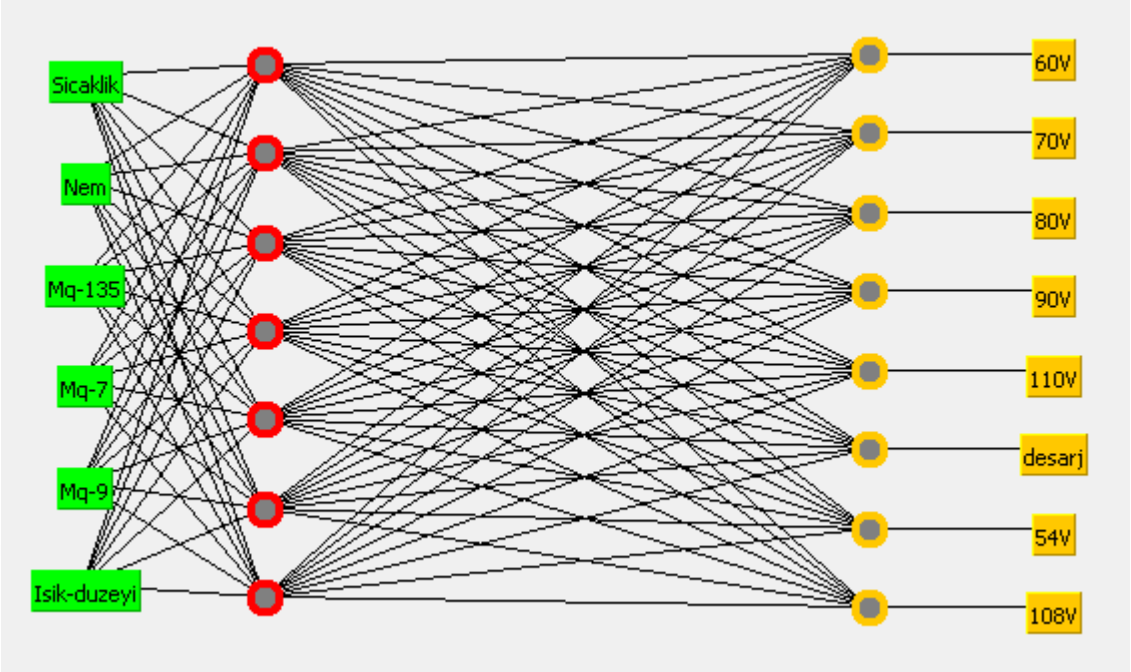
```
 a  b  c  d  e  f  g  h   <-- classified as
58  1  0  0  0  0  0  0 |  a = 60V
 1 28  1  0  0  0  0  0 |  b = 70V
 0  2 56  5  0  0 18  1 |  c = 80V
 0  0  1 37  1  0  0  0 |  d = 90V
 0  0  0  3 34  0  0  0 |  e = 110V
 0  0  0  0  0 93  0  9 |  f = desarj
 0  0  2  0  0  0 66  1 |  g = 54V
 0  0  0  0  0  0  0 15 |  h = 108V
```

Şekil 4.32 : 3.veri seti için BayesNet hata matrisi.

3. veri seti için ÇKA algoritması uygulandığında %92,6097 doğrulukla sınıflandırılmıştır. Şekil 4.33'te sınıflandırmanın hata matrisi verilmiştir. Sınıflandırma sonucu 32 adet veri satırı yanlış sınıflandırılmıştır. Şekil 4.34'te çok katmanlı yapı gösterilmiştir. 6 giriş düğümü ve 8 çıkış düğümü için ara katmanda 15 düğüm kullanmıştır. Modelin öğrenme oranı 0,3 ve momentumu 0,2 seçilmiştir.

```
 a  b  c  d  e  f  g  h   <-- classified as
58  0  1  0  0  0  0  0 |  a = 60V
 1 27  2  0  0  0  0  0 |  b = 70V
 0  3 73  4  0  1  1  0 |  c = 80V
 0  0  8 29  2  0  0  0 |  d = 90V
 0  0  0  0 37  0  0  0 |  e = 110V
 0  0  0  0  0 98  0  4 |  f = desarj
 0  0  3  0  0  0 66  0 |  g = 54V
 0  0  0  0  0  2  0 13 |  h = 108V
```

Şekil 4.33 : 3.veri seti için ÇKA hata matrisi.



Şekil 4.34 : 3.veri seti ÇKA modeli.

3.veri seti için RO algoritması uygulandığında %95,3811 oranla doğru sınıflandırılmıştır. Şekil 4.35'de RO için hata matrisi verilmiştir. Toplam 20 tane veri satırı yanlış sınıflandırılmıştır.

```
 a  b  c  d  e  f  g  h   <-- classified as
58  1  0  0  0  0  0  0 |  a = 60V
 1 28  1  0  0  0  0  0 |  b = 70V
 0  2 77  1  0  0  2  0 |  c = 80V
 0  0  2 36  1  0  0  0 |  d = 90V
 0  0  0  0 37  0  0  0 |  e = 110V
 0  0  0  0  0 98  0  4 |  f = desarj
 0  0  3  0  0  0 66  0 |  g = 54V
 0  0  0  0  0  2  0 13 |  h = 108V
```

Şekil 4.35 : 3.veri seti için RO hata matrisi.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Elektrik enerjisine olan talep her geçen gün daha fazla artmaktadır. Elektrik enerjisinin üretim, iletim ve dağıtım aşamalarına binen yük artmaktadır. Enerjinin üretim veriminin yükseltilmesi, iletim ve dağıtım sistemlerinin de iyileştirmesini gerektirmektedir. Özellikle enerjinin sürdürülebilir, kesintisiz ve ucuz şekilde tüketiciye ulaştırılması gerekir. Bu kısımda transformatörlere çok fazla görev düşmektedir. Transformatörlerin sağlıklı çalışması istenilen kalitedeki enerji için olmazsa olmazdır. Transformatörlerin düzenli kontrol edilebilir ve erişilebilir olması gerekli hale gelmiştir. Transformatörler güç sistemleri dâhilinde iletim ve dağıtım için dağınık yerleştirilmiştir. Bu sebeplerden dolayı transformatörlerin uzaktan takibi daha önemli olmaktadır.

Nesnelerin interneti, son 10 yılda yaşamın tüm alanlarına entegre olmaya başlayan cihazların, insan aracılığına ihtiyaç duymadan birbiriyle iletişim ve etkileşim halinde olmasıdır. IoT, sağlıktan enerjiye kadar farklı alanlar için birçok uygulama yapılmıştır. Güç sistemlerin anlık izlenmesi için çok sık başvurulan bir model olmaya müsaittir. Klasik izleme sistemlerine göre daha az karmaşık ve daha düşük maliyetli olması IoT uygulamalarını denenmesine imkân sağlamaktadır.

Bu tezde, kapalı alanda bulunan 220V/40kV'lık transformatörün ortam parametrelerini takip etmek için ölçüm düzeneği kurulmuştur. Ortamın sıcaklık, nem, gaz konsantrasyonları, ışık şiddeti parametrelerini ölçmek için algılayıcılar kullanılmıştır. Ortam parametrelerinin kablosuz internet ağıyla Thingspeak ağına gönderilmesi sağlanmıştır. Bu sayede internet erişimi olan bir noktadan transformatör ortam parametrelerine erişmek mümkün olmuştur. Ayrıca aynı düzenekten bir tane daha kullanarak doğrudan ortamdaki bilgisayara gönderim yapılmıştır. Veriler, bu bilgisayar üzerinden de Amazon Web Service bağlı bulut alana depo edilmiştir. Ayrıca AWS' ye ait olan Kibana gösterge paneli ile buradan da parametreleri eş zamanlı izlemek mümkün olmuştur.

Transformatör normal çalışması, sıcaklık artış modellenmesi, nem artış modellenmesi, ışık şiddeti değişimi üzerine testler yapılmıştır. Daha sonra transformatörün farklı giriş gerilim seviyelerinde deşarj üretmesi sağlanarak ortam parametrelerinin eş zamanlı izlenmesi ve değişimlerin incelenmesi yapılmıştır.

Tüm testlerden sonra elde edilen veriler düzenlenerek 3 farklı veri seti için sınıflandırma algoritmaları uygulanmıştır. Her veri seti için 6 adet ortam parametresi alınmıştır. Farklı durumları modellemek için yapılan testler her veri setinin sınıfını oluşturmuştur. Toplam 9 algoritma için deneme yapılmıştır ve en iyi doğruluğu veren 3 algoritma ile sınıflandırma yapılmıştır. BayesNet, çok katmanlı algılayıcı ve rastgele orman algoritmaları kullanılmıştır. Veri setlerinde daha yüksek doğrulukta sınıflandırma yapabilmek için k-katlamalı çapraz doğrulamalı test yöntemi kullanılmıştır.

1. veri seti 2602 adet veri satırı ve 5 sınıftan oluşmaktadır. 1.veri seti için BayesNet, ÇKA ve RO algoritmaları uygulandığında sırasıyla %98,8086, %98,655 ve %99.8463 doğrulukla sınıflandırılmıştır. Tüm algoritmalar içinde en iyi sonucu RO algoritması vermiştir.

2. veri seti 273 adet veri satırı ve 6 sınıftan oluşmaktadır. 2.veri seti için BayesNet, ÇKA ve RO algoritmaları uygulandığında sırasıyla %95,2381, %94,8718 ve %97,0696 doğrulukla sınıflandırılmıştır. Tüm algoritmalar içinde en iyi sonucu RO algoritması vermiştir.

3. veri seti 433 adet veri satırı ve 8 sınıftan oluşmaktadır. 3.veri seti için BayesNet, ÇKA ve RO algoritmaları uygulandığında sırasıyla %89,3764, %92,6097 ve %95,3811 doğrulukla sınıflandırılmıştır. Tüm algoritmalar içinde en iyi sonucu RO algoritması vermiştir.

Tüm test verileri ve denenen algoritmalar göz önüne alındığında rastgele orman algoritması en yüksek doğrulukla sınıflandırma yapan algoritmadır. Gerek veri setinin özellik sayısı gerek veri setinin büyüklüğü düşünüldüğünde rastgele orman algoritmasını kullanmak bu tez çalışması için son derece isabetli olmuştur.

Bu tez çalışma sonucunda, transformatör parametrelerini izleyen sistemleri geliştirmek mümkündür. Ortam parametreleri değişimi dışında transformatörün elektriksel büyüklükleri takip edilip anlık durumu daha net belirlenebilir. Haberleşme yöntemi değiştirilerek internet bağlantısına ihtiyaç duyulmadan başka bir merkeze bu verileri göndermek daha fazla transformatörü izlemeyi kolay hale getirebilir.

Transformatörlerin izlenmesi sayesinde sadece anlık parametrelerin takibi yapılmayıp, parametrelerin toplanması ve düzenli veri seti haline getirilmesi, ardından yapay öğrenme algoritmaları kullanarak işlenmesiyle ortam şartlarının sınıflandırılması, olası arıza tahmini,

transformatör kalan ömür tahmini, kestirimci bakım önerisi gibi uygulamalar yapmak mümkün hale gelebilir.

KAYNAKLAR

[1] Abu-Elanien, A. E., & Salama, M. M. A., 2007, Survey on the transformer condition monitoring. In *2007 Large Engineering Systems Conference on Power Engineering*, pp. 187-191.

[2] Gezegin, C., 2018, *Transformatör sargı sıcaklığı kestirimi için yeni bir yöntem*, Tez (Doktora), OnDokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

[3] Gayathri, R., Nanthini, S,. Maheshwari, M., & Akila, S., 2018, Transformer health monitoring system based on internet of things, *International Journal of Pure And Applied Mathematics*, 119 (15), 959-964.

[4] Mijailovic, V., 2013, Probabilistic model for planning keeping of power transformer spare components with general repair time distribution, *Electric power systems research*, *97*, 109-115.

[5] Han, Y., & Song, Y. H., 2003, Condition monitoring techniques for electrical equipment-a literature survey. *IEEE Transactions on Power delivery*, 18(1), 4-13.

[6] Trappey, A. J., Trappey, C. V., Ma, L., & Chang, J. C., 2015, Intelligent engineering asset management system for power transformer maintenance decision supports under various operating conditions, *Computers & Industrial Engineering*, 84, 3-11.

[7] Jayakumar, J., Queen, J. H. J., James, T., Hemalatha, G., & Lonappan, N. 2013, Distribution transformer monitoring using GPRS, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4(6), 1199-1204.

[8] Sarathkumar, D., Uvaraj, M., Kumar, K. C. V., & Kalaiselvi, A., 2018, Real time transformer health monitoring system using IoT, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 5 (11), 7353-7359.

[9] Özvural, G., 2015, *System design for internet of tihing and network coding applications in wireless personel area network*, Thesis(MSc), ITU Graduate School of Science Engineering and Technology.

[10] Da Xu, L., He, W., & Li, S., 2014, Internet of things in industries: A survey, *IEEE Transactions on industrial informatics*, 10(4), 2233-2243.

[11] Ferdoush, S., & Li, X., 2014, Wireless sensor network system design using Raspberry Pi and Arduino for environmental monitoring applications, *Procedia Computer Science*, *34*, 103-110.

[12] Ray, P. P., 2018, A survey on Internet of Things architectures, *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 30 (3), 291-319.

[13] Adhya, S., Saha, D., Das, A., Jana, J., & Saha, H., 2016, January, An IoT based smart solar photovoltaic remote monitoring and control unit, In *2016 2nd international conference on control, instrumentation, energy & communication (CIEC)*, pp. 432-436.

[14] Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. (2017). Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. *Engineering*, 3 (5), 616-630.

[15] https://azure.microsoft.com/tr-tr/overview/iot/industry/energy/#demo [Ziyaret tarihi: 15 Nisan 2020].

[16] Kawale, M. L., Kumar, E., V. & Yadav K., V., 2016, Design and implemention of low cost distribution transformer monitoring system for remote electric power grid, *International Journal of Industrial Electronics and Electrical Engineering*, 4 (10), 9-12.
[17] Şimşek, M. A., 2015, *Arduino kart ile tasarlanmış sistemlerin internet tabanlı kontrolü ve izlenmesi*, Tez(Yüksek Lisans), Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
[18] Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P., & Witten, I. H., 2009, The WEKA data mining software: an update. *ACM SIGKDD explorations newsletter*, *11*(1), 10-18.
[19] Babacan, E. K., & Karaduman, M. Ö., 2018, Bayes Ağları-K2 Algoritması Üzerine Bir Çalışma. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, *8*(2), 24-38.
[20] Arı, A., & Berberler, M. E., 2017, Yapay sinir ağları ile tahmin ve sınıflandırma problemlerinin çözümü için arayüz tasarımı. *Acta Infologica*, *1*(2), 55-73.
[21] Ercire, M., 2019, *Kısa süreli güç kalitesi bozulmalarının dalgacık analizi ve rastgele orman yöntemi ile sınıflandırılması*, Tez(Yüksek Lisans), Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
[22] Haliloğlu, A. B., 2012, *Güç transformatörlerinin standartlara göre termal analizi*, Tez(Yüksek Lisans), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
[23] Tören, V., 2018, *Dış ortamlarda kullanılabilir kuru tip transformatörün grafen temelli ısıl analizi*, Tez(Doktora), Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
[24] Melkebeek, J. A., 2018, *Electrical Machines and Drives Fundamentals and Advanced Modelling*. Springer International Publishing, Cham (Switzerland), ISBN: 978-3-319-72730-1.
[25] McLyman, C. W. T., 2017. *Transformer and inductor design handbook (3rd ed.)*. California (USA), CRC press. ISBN: 0-8247-5393-3.
[26] Chapman, S. J., Akın, E., & Orhan, A., 2007, *Elektrik makinalarının temelleri*. Çağlayan Kitabevi.
[27] Bekıroglu, E., 2009, Transformatör merkezlerinin güvenlik amaçli uzaktan izlenmesi ve otomasyonu. *Engineering Sciences*, *4*(4), 459-470.
[28] Esenboğa, B., 2019, *Modelling and realization of dry type transformer with optimum weight and efficiency characteristics*, Thesis(MSc), Alparslan Türkeş Science ve Technology University Graduate School of Natural and Applied Science.
[29] Beyin, I., 2019, *Kuru tip transformatörlerin çelik parçalarında şekil optimizasyonu,* Thesis(MSc), Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
[30] https://www.ulusoyelektrik.com.tr/uploads/urunler/Transformer_Catalog_EN_October_2019.pdf [Ziyaret tarihi: 16 Nisan 2020].
[31] Mahmoud, S. K., 2008, *Yağlı dağıtım transformetörlerde kayıpların hesaplanması,* Tez(Yüksek Lisans), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
[32] Işık, F., 2014, *Amorf çekirdekli33/0.4kV 1MVA dağıım transformatörü tasarım ve performans analizi*, Tez(Doktora), Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
[33] Zağlı, M., *Transformatörlerde enerji verimliliği ve çevresel etkileri, iyileştirme boyutları,* http://www.emo.org.tr/ekler/c354020203a5332_ek.pdf [Ziyaret tarihi: 20 Nisan 2020].
[34] Ouamara, D., & Dubas, F., 2019, Permanent-Magnet eddy-current losses: A global revision of calculation and analysis, *Mathematical and Computational Applications*, 24(3), 67.
[35] Rathod, P., & Sarode, B., *Losses of transformer and how to reduce it*, http://www.descoet.co.in/assets/img/NCQuest/trackEE/EE014.pdf [Ziyaret tarihi: 28.04.2020].

[36] İlkkahraman, M., 2008, *Güç transformatör arızalarının incelenmesi*, Tez(Yüksek Lisans), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
[37] Pekin, H., 1995, Transformatör arızaları ve sebepleri, *Elektrik Mühendisliği Dergisi*, 117, 22-28.
[38] Minhas, M. S. A., Reynders, J. P., & De Klerk, P. J., 1999, Failures in power system transformers and appropriate monitoring techniques, In *1999 Eleventh International Symposium on High Voltage Engineering*, 1, 94-97.
[39] Oral, O., & Çakır, M., 2017, Nesnelerin interneti kavramı ve örnek bir prototipin oluşturulması. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1, 172-177.
[40] Tan, L., & Wang, N., 2010, Future internet: The internet of things. In *2010 3rd İnternational Conference On Advanced Computer Theory And Engineering (ICACTE)*, 5, 376-380.
[41] Ateş, S. B., 2018, *Akıllı şebekeler uygulamalarına yönelik nesnelerin interneti (IoT) tabanlı prototip transformatör merkezi tasarımı ve uygulaması*, Tez(Yüksek Lisans) Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
[42] Blanter, A., & Holman, M., 2020, Internet of things 2020: A glimpse into the future. *Available at Kearney https://www.atkearney. com/documents/4634214/6398631/AT+ Kearney_Internet+ of+ Things* [Ziyaret tarihi: 21 Nisan 2020].
[43] Gökrem, L., & Bozuklu, M., 2016, Nesnelerin interneti: Yapılan çalışmalar ve ülkemizdeki mevcut durum, *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, (13), 47-68.
[44] Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M., 2015, Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications, *IEEE communications surveys & tutorials*, 17(4), 2347-2376.
[45] Moustapha, M., 2019, *Nesnelerin internetine dayanan akıllı sağlık bakım sistemi geliştirilmesi*, Tez(Yüksek Lisans), Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
[46] Işık, A. F. (2013). *Sensör çeşitleri, robotik alanda kullanılan sensörler ve FSR sensör uygulaması*, Tez(Yüksek Lisans), Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
[47] Hwang, E. O., 2004, *Microprocessor design Principles and Practices with VHDL*, Chapter 1&2, Brooks/Cole.
[48] Kaushik, D. K., 2010, *An introduction to microprocessor 8085*, Dhan-pat Rai Publishing Company, New Delhi.
[49] Califona, J., 2018, *How to Choose a Microcontroller for IoT*, https://dzone.com/articles/how-to-choose-a-microcontroller-for-iot [Ziyaret tarihi: 26 Nisan 2020].
[50] Başçiftçi, F., & Gündüz, K. A., 2019, Nesnelerin interneti uyumlu mikrodenetleyiciler üzerine bir araştırma, *Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi*, 18, 62-71.
[51] Jonsson, A., Pettersson, M., Rune, J., Larsson, T., & Mehes, A., 2008, *U.S. Patent Application No. 11/629,192*.
[52] Güney, M., 2010, *Zigbee tabanlı ev otomasyon sistemi*, Tez(Yüksek Lisans), Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
[53] Kinney, P., 2003, Zigbee technology: Wireless control that simply works, *In Communications design conference*, 2, 1-7.
[54] Al-Alawi, A. I., 2006, WiFi technology: Future market challenges and opportunities, *Journal of Computer Science*, 2(1), 13-18.
[55] https://www.wi-fi.org/discover-wi-fi [Ziyaret tarihi: 24 Nisan 2020].

[56] Usta, O., & Yumak, K., 2013, Akıllı elektrik şebekeleri ve veri iletişimi, *TMMOB EMO Akıllı Şebekeler ve Türkiye Elektrik Şebekesinin Geleceği Sempozyumu*.
[57] Tanrıkulu, H., 2008, WiMAX Standartları.
[58] Kesayak, B., 2019, Nesnelerin internetin 11bağlantı protokolü, https://www.endustri40.com/nesnelerin-internetinde-11-baglanti-protokolu/ [Ziyaret tarihi: 25 Nisan 2020].
[59] Geylani, M., Çıbuk, M., Çınar, H., & Ağgün, F., 2016, Geçmişten günümüze hücresel haberleşme teknolojilerinin gelişimi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 18(54), 606-623.
[60] Yassein, M. B., Mardini, W., & Khalil, A., 2016, Smart homes automation using Z-wave protocol, In *2016 International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS)*, 1-6.
[61] Sinha, R. S., Wei, Y., & Hwang, S. H., 2017, A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT. *Ict Express*, *3*(1), 14-21.
[62] Elverir, M., 2019, *Arduino ile suyun suyun fiziksel parametrelerinden sıcaklık, pH ve bulanıklık verilerini ölçen taşınabilir bir laboratuvar ortamının kurulması ve boinin ölçülmes*i, Tez(Yüksek Lisans), Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
[63] Choudhury, S., Kuchhal, P., & Singh, R., 2015, ZigBee and Bluetooth network based sensory data acquisition system, *Procedia Computer Science*, 48, 367-372.
[64] Karami, M., McMorrow, G. V. & Wang, L., 2018, Continuous monitoring of indoor environmental quality using an Arduino-based data acquisition system. *Journal of Building Engineering*, 19, 412-419.
[65] Aygör, Y., 2019, Arduino ile güneş enerjili sera otomasyonu, Tez(Yüksek Lisans), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
[66] Alabdi, H. A. A., 2017, *Zigbee tabanlı enerji izleme ve bilgilendirme sistemi*, Tez(Yüksek Lisans), Süleyman Demirel Ünivrsitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
[67] Wang, Y., 2017, Design and implementation of a wireless sensor network node based on Arduino, *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 13(11), 128-135.
[68] Çınar, A., Kervan, E., & Alboyacı, B., 2018, Transformatör Arızalarının Tespiti ve Bakım Yönetimi İçin İzleme Yazılımı Geliştirilmesi, Ankara, *Güç Sistemleri Konferansı*, 42-46.
[69] Yaman, O., 2019, *Nesnelerin interneti (IoT) tabanlı transformatör izleme sistemi*, Tez(Yüksek Lisans), Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
[70] Subbulakshmy, R., Balaji, M., Ragland, S., Prakash, C., Kumar, S. A., & Scholar, U. G., 2016, Online analysis and fault finding system for distribution transformers using IoT, *International Journal of Engineering Science*, 6 (3), 3022-3027.
[71] Mudakannavar, M. S., Linge, S., Mali, A., Shinde, V. & Dhonukshe, S., 2018, IoT based real time monitoring of distribution transformer. *International Journal of Recent Trends in Engineering & Research (IJRTER) Volume*, 4 (3), 224-228.
[72] Şen,M., 2010, *Asenkron motor büyüklerinin zigbee haberleşme protokolü kullanılarak izlenmesi*, Tez(Yüksek Lisans), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
[73] Benhuseın, A. H., 2019, *Nesnelerin internetini kullanarak üç fazlı asenkron motorun gerçek zamanlı izlenmesi ve denetimi*, Tez(Doktora), Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
[74] Bakır, H. (2016). *Fotovoltaik sistem entegreli akıllı şebeke için ZigBee aygıtları ile enerji kontrolü ve izlemenin gerçekleştirilmesi*, Tez(Yüksek Lisans), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

[75] Mnati, M. J., Van den Bossche, A. & Chisab, R. F., 2017, A smart voltage and current monitoring system for three phase inverters using an android smartphone application. *Sensors*, 17(4), 872.
[76] Pankajavalli, P. B., Karthick, G. S., Sridhar, M.& Muniyappan, A., 2017, A system for monitoring the electricity sub-station using ınternet of things, *International Journal of Advande Research in Science and Engineering*, 6 (12), 682-690.
[77] Hasan, W. K., Ran, Y., Alraddad, A., Alkelsh, M. A., Ashour, A. & Ajele, R. A., 2019, Design and ımplementation smart transformer based on IoT, In *2019 International Conference on Computing, Electronics & Communications Engineering (iCCECE)* , 16-21.
[78] Pandey, R. K., & Kumar, D., 2013, Distributed transformer monitoring system based on zigbee technology, *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, 4 (5), 1981-1983.
[79] Acakpovi, A., Odazie, C., Majeed, I. B., Eduful, G. & Asabere, N. Y., 2019, Transformer wireless monitoring system using Arduino/XBEE, *American Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 8(1), 1-10.
[80] Pawar, R. R., & Deosarkar, S. B., 2017, Health condition monitoring system for distribution transformer using Internet of Things (IoT), In *2017 International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)*, 117-122.
[81] Ghoorun, M. M., 2018, *Internet of thıngs based hybrıd home automatıon system control vıa androıd app,* Thesis(MSc), Universiyt of Gaziantep Graduate School of Natural & Applied Science.
[82] Bahir, S. K., 2016, *Arduıno based smart home automatıon system*, Thesis(MSc), Yüzüncü Yıl Unıversıty Instıtute Of Natural And Applıed Scıence.
[83] https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3 [Ziyaret tarihi: 30 Nisan 2020].
[84] Yang, Y., & Li, L., 2015, A smart sensor system for air quality monitoring and massive data collection. In *2015 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, 147-152.
[85] *Techincal data MQ-135 Gas Sensor* https://www.olimex.com/Products/Components/Sensors/Gas/SNS-MQ135/resources/SNS-MQ135.pdf [Ziyaret tarihi : 2 Mayıs 2020].
[86] Ali, H., Soe, J. K., & Weller, S. R., 2015, A real-time ambient air quality monitoring wireless sensor network for schools in smart cities. In *2015 IEEE First International Smart Cities Conference (ISC2)*, 1-6.
[87] Coroz, A., 2019, *Akıllı şehircilik kapsamında bir kamu binasında çevresel ortam parametrelerinin izlenmesi*, Tez(Yüksek Lisans) Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
[88] Kodali, R. K., & Mahesh, K. S., 2016, A low cost implementation of MQTT using ESP8266. In *2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I)*, pp. 404-408.
[89] Pasha, S., 2016, ThingSpeak based sensing and monitoring system for IoT with Matlab Analysis, *International Journal of New Technology and Research*, *2*(6).
[90] Bajer, M., 2017, Building an IoT data hub with Elasticsearch, Logstash and Kibana, In *2017 5th International Conference on Future Internet of Things and Cloud Workshops (FiCloudW)*, 63-68.
[91] Charalampopoulos, I. & Anagnostopoulos, I., 2011, A comparable study employing weka clustering/classification algorithms for web page classification. In *2011 15th Panhellenic Conference on Informatics*, pp. 235-239.

[92] Yüksel, B. S., Eroğlu, Ö., & Yüksel, S., 2018, Araştırmalarda Karar Süreci Ve Bayes Teoremi, *International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Science,* ın 2018, 6, 56-66.
[93] Beyaztoprak, S., 2019, *Kuruluşların enerji talebi analizi ve tahmini*, Tez(Yüksek Lisans), İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

EKLER

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Mehmet HASIR
Doğum Yeri	İstanbul
Doğum Tarihi	13.04.1991
Uyruğu	☑ T.C. ❒ Diğer:
Telefon	0542 483 59 41
E-Posta Adresi	mehmethasir@gmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Teknik Üniversitesi
Fakülte	Elektrik Elektronik
Bölümü	Elektrik Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2016

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Elektrik-Elektronik Mühendisliği

Makale ve Bildiriler