



**T.C.**  
**SELÇUK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**GAZ ROBOTU GERÇEKLEŞTİRİLMESİ VE**  
**KONTROLÜ**  
**Ali Mardan Hameed QUTUB**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı**

**Şubat-2018**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Ali Mardan Hameed QUTUB tarafından hazırlanan “GAZ ROBOTU GERÇEKLEŞTİRİLMESİ VE KONTROLÜ” adlı tez çalışması 13/02/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Prof. Dr. Erkan ÜLKER

#### Danışman

Prof. Dr. İsamil SARITAŞ

#### Üye

Yrd. Doç. Dr. Onur İNAN

### İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa YILMAZ  
FBE Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



Ali Mardan Hameed QUTUB

13/02/2018

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

## GAZ ROBOTU GERÇEKLEŞTİRİLMESİ VE KONTROLÜ

**Ali Mardan Hameed QUTUB**

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. İsmail SARITAŞ**

**2018, 57**

**Jüri**

**Prof. Dr. Erkan ÜLKER  
Prof. Dr. İsmail SARITAŞ  
Yrd. Doç. Dr. Onur INAN**

Gaz, maddenin üç temel halinden biridir. Saf bir gaz, bireysel atomlardan, bir atom çeşidinden meydana gelen basit moleküllerden veya çeşitli atomlardan meydana gelen bileşik moleküllerden oluşabilir. Bir gaz karışımı, hava gibi çok çeşitli saf gazlar ihtiva edebilir. Bir gazı sıvılardan ve katılardan ayıran şey bireysel gaz parçacıklarının geniş aralıklar ile ayrılmasıdır. Bu ayrılma genellikle insan gözü için görünmez renksiz bir gazdır. Günlük hayatımızda hem evlerde hem de endüstride gaz kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır ve hayatımızın vazgeçilmez enerji kaynaklarından biri haline gelmiştir. Gaz sızıntısı doğal gaz veya diğer gazlı ürünlerin bir boru hattından veya diğer konteynerlerden birinden yaşam alanına veya gazın mevcut olmaması gereken diğer herhangi bir alana sızması anlamına gelmektedir. Yanıcı gazlar alev ve kıvılcımlara maruz kaldığında patlayabilir, bu durum halk için çok tehlikeli olabilir. Ayrıca yanıcı gaz sızıntıları büyük ağaçlar da dahil olmak üzere bitki örtüsünü yok edebilir ve güçlü sera gazlarını atmosfere salabilir. Bu çalışmada; farklı gaz türlerinin ölçümünü yapabilen ve bir kontrol paneli ile kumanda edilebilen gaz ölçüm robotu geliştirilmiştir. Gaz ölçüm robotunun farklı türdeki gazları ölçüm hassasiyeti ve birim mesafedeki ölçüm etkinliği üzerinde araştırmalar ve geliştirmeler yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Metan, Benzin, LPG, Gaz robotu, Kontrol.

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

#### **GAS ROBOT IMPLEMENTATION AND CONTROL**

**Ali Mardan Hameed QUTUB**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
SELÇUK UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE / DOCTOR OF PHILOSOPHY  
IN COMPUTER ENGINEERING**

**Advisor: Prof. Dr. İsmail SARITAŞ**

**2018, 57**

**Jury**

**Prof. Dr. Erkan ÜLKER  
Prof. Dr. İsmail SARITAŞ  
Yrd. Doç. Dr. Onur İNAN**

Gas is one of the three basic forms of matter. A pure gas can be composed of individual molecules, simple molecules coming from a variety of atoms, or compound molecules coming from various atoms. The gas admixture may have a wide kind of clear gases, similar as air. These separations is generally an invisible uncolored gas for the human viewer. In our daily life, both domestic and industrial gas usage is becoming widespread and becoming one of the indispensable sources of energy in our lives. Gas leakage means that native gas or different gases products leak of a pipelines or another's container to the staying space either each another space where the gases shouldn't will be present. The fiery gases be possible make explode when submitted to fire and sparks, which is so risky for the public. The extension by produce fire as well as boom hazards, escape might be killer plant cover, including a large number of trees, and deliver strength greenhouse gases for aura. In this study; this focus was for the mechanism and methodology of the improvements in gas check, the productions of sensors and later the investigation of the sensors and materials using the classification of the layers flammable gases may explode when exposed to flames and sparks, which can be very dangerous for the public. In addition, combustible gas spills can destroy plant cover, including large trees, and release strong greenhouse gases to the atmosphere. In this study; a gas detector robot has been developed which can detect different gas types and can be controlled by a control panel. The gas measuring robot has been researched and developed on the measurement accuracy of the different types of gases and the measurement activity at the unit distance.

**Keywords:** Methan, Benzin, LPG, Gas robot, Control.

## ÖNSÖZ

Hem kötü hem de iyi zamanlarımda beni destekledikleri için aileme teşekkür ederim. Ayrıca, danışmanım Prof. Dr. İsmail Sarıtaş'a engin bilgisi, desteği ve sabrından dolayı teşekkür ederim. Son olarak, diğer araştırma görevlisi arkadaşlarıma seminer çalışmam süresince bana moral ve destek oldukları için ve mutlu, huzurlu ve yapıcı bir iş ortamı sağladıkları için teşekkür ederim.

Ali Mardan Hameed QUTUB  
KONYA-2018



# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>vii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>2</b>
2.1. Gaz dedektörü .....	2
2.2. Gas sızıntısı .....	7
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>14</b>
3.1. Materyal .....	14
3.1.1. Arduino UNO R3.....	14
3.1.2. Adım Motoru (Step motor) .....	15
3.1.3. Motor Sürücüsü.....	15
3.1.4. nRF24L01 Radyo vericisi .....	16
3.1.5. MQ-4, MQ-5, MQ-8 ve MQ-135 Sensörleri .....	17
3.1.6. Kumanda kolu .....	17
3.1.7. MINI CCTV Kamera .....	17
3.1.8. AV alıcı 5.8G .....	18
3.1.9. AV Verici 5.8G.....	19
3.1.10. Bağlantı kabloları .....	20
3.1.11. LCD ekran .....	20
3.1.12. Rf transmitter .....	21
3.1.13. SD kart modülü .....	22
3.2. Yöntem.....	23
3.2.1. Robot hareket mekanizması.....	23
3.2.2. Kontrol paneli .....	24
3.2.3. Arduino (ARD) ve Gaz Sensörü.....	25
3.2.4. Arduino ve Motor sürücüsü .....	26
3.2.5. Arduino ve nRF alıcı-verici .....	27
3.2.6. Arduino ve LCD .....	28
3.2.7. Arduino ve RF verici .....	29
3.2.8. Arduino ve SD kart modülü.....	30
3.2.9. Gaz Robotunun Gerçekleştirilmesi .....	31
3.2.10. Verici ve Alıcı Algoritmaları .....	32
<b>4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>38</b>

4.1. Deneý Ortamý .....	38
4.2. Deneysel lümler .....	38
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>44</b>
5.1 Sonuçlar .....	44
5.2 neriler .....	44
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>46</b>
<b>6. ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>48</b>





## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Kısaltmalar

LPG	: Sıvı petrol gazı (Liquid petroleum gas)
ARD	: Arduino
B.B	: BreadBoard
KA	: Kablo
SEN	: Sensör
LCD	: Sıvı Kristal Ekran (Liquid Crystal Display)
HEMT	: Yüksek elektron mobilitesi transistörü (High-electron-mobility transistor)
ZnO	: Çinko Oksit
GAN	: Üretken Avantaj Şebekeleri (Generative Adversarial Networks)
VHF	: çok yüksek frekans (Very High Frequency)
VOC	: Uçucu Organik Bileşenler (Volatile Organic Compound)
SAW	: WLAN'lar için Spektrum Önemi (Spectrum Assignment For WLANS)
WSN	: Kablosuz Sensör Ağları (wireless sensor network)
TDOA	: Varış Zaman Farkı (Time Difference of Arrival)
RF	: Romatoid Faktör (Rheumatoid Factor)
SPI	: Seri arayüz (Serial Peripheral Interface)
GC	: Gaz kromatografisi (Gas Chromatography)
IRQ	: Kesme talehi Sorgusu (Interrupt Request)
RPWM	: İleri seviye veya PWM sinyal girişi (Reverse level or PWM signal input)
LPWM	: Dönüş seviyesi veya PWM sinyal girişi (Inverse level or PWM signal input)
R_IS	: İleriye sürüş akım algılaması alarmı çıkışı (Forward drive – side current alarm output)
L_IS	: Geriye sürüş tarafı akım alarmı çıkışı (Reverse drive – side current alarm output)
VCC	: Ortak kolektörde gerilim (voltage at the common collector)
GND	: Toprak (Ground)
MISO	: Master In Slave Out Konumunda (Master In Slave Out)
MOSI	: (Master Out Slave In) Konumunda
SCK	: Seri Saat (Serial Clock)
E	: Aktifleştirme (Enable)
CS	: Çip seç (Chip select)
CE	: Yonga aktifleştirmek (Chip enable)
SEL	: Seçmek (Select)
A	: Analog
D	: Digital / Sayısal
RS	: Kaydedici seçim (Register select)
RW	: Okuma yazma (Read / Write)
VSS	: Voltaj kaynağı (voltage source)
X	: Yatay (horizontal)
Y	: Dikey (vertical)
GSM	: Mobil için Küresel Sistem (Global System for Mobile)
ARM	: Gelişmiş RISC Makinesi (Advanced RISC Machine)
MCU	: Mikrodenetleyici birimi (microcontroller unit)
SD	: Güvenli Dijital (Secure Dijital) / Sayısal

## 1. GİRİŞ

Gaz, maddenin üç temel halinden biridir. Saf bir gaz, bireysel atomlardan (örneğin; neon gibi asal bir gaz), bir atom çeşidinden (örneğin; oksijen) meydana gelen basit moleküllerden veya çeşitli atomlardan (örneğin; karbondioksit) meydana gelen bileşik moleküllerden oluşabilir. Bir gaz karışımı, (örneğin hava) çok çeşitli saf gazlar ihtiva edebilir. Bir gazı sıvılardan ve katılardan ayıran şey bireysel gaz parçacıklarının geniş aralıklar ile ayrılmasıdır. Bu ayrılma genellikle insan gözü için görünmez renksiz bir gazdır (Chen ve ark., 2011).

Genel olarak bir gaz sızıntısı, doğal gaz veya diğer gazlı ürünlerin bir boru hattından veya diğer kapsama alanların birinden yaşam alanına ya da gazın mevcut olmaması gereken herhangi bir alana sızması anlamına gelmektedir. Alev ve kıvılcımlara maruz kaldığında yanıcı gazlar patlayabilir, bu durum insan hayatı için çok tehlikelidir. Yangın ve patlama tehlikelerine neden olmanın yanı sıra sızıntılar büyük ağaçlar da dahil olmak üzere bitki örtüsünü öldürebilir ve güçlü sera gazlarını atmosfere salabilir (Kletz, 2001).

Günlük hayatımızda önemli yeri olan gaz enerjisinin kullanımı vazgeçilmez boyuttadır. Gazların kullanımı evlerimizde, arabalarımızda ve pek çok endüstri kolunda gittikçe artmaktadır. Madenlerde grizu patlaması sonucu pek çok insan hayatını kaybetmektedir. İnsan hayatı, çevre ve binaların güvenliği için gazın kontrol edilmesi hayati önem taşımaktadır.

İnsan, çevre ve doğanın korunması için gaz kontrollerinin önemi büyüktür. Bu nedenle insan hayatını tehlikeye atmadan gaz kaçağı olan ev, işyeri, gaz depoları, taşıma boru hatları gibi pek çok alanda bir robot araçılığı ile kontrol edilmesi uygun olacağı düşünülmüştür. Bu amaçla kapalı ortamlarda LPG, BENZİN ve METAN gazlarının değerini ölçebilen ve uzaktan kumandalı bir robot tasarlanıp gerçekleştirilmiştir. Bu robotun uzaktan kontrol kiti üzerinde; görüntülü izleme, robotu yönlendirme ve gaz değerlerini görebilme işlemleri kablosuz iletişim ile sağlanmıştır. Ayrıca veriler bir (bellek kartına) kaydedilerek bu veriler üzerinde değerlendirmeler yapılması sağlanmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Genel olarak literatürde gazların tespiti ve gaz sızıntıları ile ilgili pek çok bilgi bulunmaktadır. Aşağıda gaz kaçağı tespiti için kullanılan gaz dedektörleri ile gaz kaçağı farklı bölümlerde ele alınarak tanımlanmış ve literatür araştırması verilmiştir.

### 2.1. Gaz dedektörü

Gaz dedektörleri yanıcı (Doğalgaz, metan, propan, hidrojen, aseton vb.) ve patlayıcı gazların belirlenen kısıt değerlerini aşması durumunu algılamamıza yardımcı olan dedektörlerdir. Günlük hayatta kullanılan bu gazların her birinin patlama limiti farklı olmaktadır. Dolayısıyla gaz dedektörleri gaz türüne özel olarak üretilmektedir. Gaz dedektörleri genel olarak aşağıda verilen temel öğelere sahiptir (Web2, 2008);

- Algılayıcı Sensör: Konulan konumdaki gaz kaçağını algılayan sonrasında içyapısında oluşturduğu elektriksel değişimi panoya yansıtan sistemin en mühim parçasıdır. Yarı iletken esaslı ve katalitik yanma esaslı tipleri bulunmaktadır.
- Elektronik Değerlendirme/ Gösterge/ Kontrol Panosu: Sensörden gelen değişimi değerlendirerek, gaz kaçağını bir göstergede veya kontrol panosunda gösteren, sonrasında sistemin nasıl tepki vereceğini belirleyen bir karar mekanizması (işlemci) olarak görev yapmaktadır.
- Sesli/ Işıklı Uyarı Düzenekleri: İlgililere durumu bildirmek için kullanılan sesli veya sessiz uyarı düzenekleridir.
- Otomatik Gaz Kesme Ventili: Selenoid valf olarak sisteme dahil edilen bu vanalar, gaz kaçağının algılanması durumunda sistemdeki gaz akışını durdurmakla görevlidir.

Yukarıda belirtilen ilk üç öğe genellikle gaz dedektörlerinin içinde bütünleşik halde bulunurlar, fakat bu öğeler ayrı ayrı da olabilmektedir.

Gaz dedektörleri ile ilgili yapılmış çalışmalar ve literatür araştırması aşağıda verilmiştir.

Gaz detektörleri, çalışma mekanizmasına (yarıiletkenler, oksidasyon, katalitik, fotoiyonizasyon, kızılötesi vb.) göre sınıflandırılabilir. Gaz detektörleri iki temel biçimdedir: taşınabilir cihazlar ve sabit gaz detektörleri. Anderson ve ark. yaptıkları çalışmada, ZnO nanotelleri ve GaN Yüksek Elektron Mobilite Transistörleri

(HEMT'ler) de dahil olmak üzere çeşitli cihazlar kullanılarak hidrojen için gaz sensörleri geliştirdiklerini belirtmişlerdir. ZnO nanotelleri duyarlılığını artıracak olan hacim oranı açısından büyük bir yüzey alanına sahiptirler, düşük akım seviyelerinde çalışırlar ve bir sensör modülünde düşük güç gereksinimine sahip olduğundan dolayı ilgi çekicidirler. GaN tabanlı cihazlar, HEMT yapısı, yüksek sıcaklıkta çalışma ve mevcut imalat teknolojisi ve algılama sistemleriyle basit entegrasyon avantajı sunmaktadır. (Anderson ve ark., 2009). ZnO nanorodları oda sıcaklığında ppm hidrojen konsantrasyonlarının saptanması için oldukça uygundur.

ZnO nanorodların temel avantajları, cam gibi ucuz şeffaf tabakalara yerleştirilebilmeleri, onları düşük maliyetli algılama uygulamaları için çekici hale getirmek ve çok düşük güç koşullarında çalışabilmeleridir. Taşınabilir detektörler personel çevresindeki atmosferi izlemek için kullanılırlar. Detektörler elde tutulabilir veya giysi üzerine bir kemer veya kemer takımı yardımıyla taşınırlar. Bu gaz detektörleri genellikle pille çalışırlar. Tehlikeli seviyelerde gaz buharı tespit edildiğinde alarm ve yanıp sönen ışıklar gibi sesli ve görülebilir uyarılar verirler. Bir veya daha fazla gaz tipinin tespiti için sabit tip gaz detektörleri kullanılabilir. Sabit tip detektörler genellikle bir tesis veya kontrol odasına yakın işlem alanına veya bir konutun yatak odası gibi korunacak bir konuma monte edilir. Genel olarak, endüstriyel sensörler sabit tip yumuşak çelik yapılara monte edilir ve bir kablo sürekli izleme için detektörleri bir SCADA sistemine bağlar. Acil durum için tetikleyici kilitleme etkinleştirilebilir.

Algılama teknolojisi yaygın olarak araştırılmış ve gaz algılama için de kullanılmıştır. Gaz algılama teknolojilerinin farklı uygulamaları ve doğal kısıtlılıkları nedeniyle araştırmacılar gelişmiş gaz sensörlerinin kalibrasyonu ile farklı senaryolar üzerinde çalışmaktadırlar.

Elektrik ve diğer özelliklerin çeşitliliğine dayalı olarak algılama teknolojilerinin sınıflandırılması yapılmaktadır.

Elektriksel değişime dayalı algılama yöntemleri için metal oksit yarı iletkenleri, polimerler, karbon nanotüpleri ve nem emici malzemeler de dahil olmak üzere algılama malzemeleri kullanılmıştır. Optik, kalorimetrik, akustik ve gaz-kromatografik gibi çeşitleri olan algılama yöntemleri de bulunmaktadır. Liu ve ark. yaptıkları çalışmada kondens-adsorpsiyon etki tespitine dayalı uçucu organik bileşikler (VOC) için düşük algılama limitli ve hızlı yanıt veren bir yüzey-akustik-dalga (SAW) gaz sensörü geliştirmiştir. Bu sensörde bir gaz kromatografi (GC) kolonu ayırıcı ve bir çift rezonatör osilatörü detektör elemanı olarak görev yapmaktadır. Yüzey etkin elektriksel

geçirgenlik yöntemi, yoğunlaşma-adsorpsiyon etkisi ile ilişkili tepki mekanizması analizi, imalattan önce sensör performans tahmininde kullanılmaktadır. . Osilatörün geri bildirimini olarak işlev gören SAW rezonatörlerinin yeni tasarımları, ekleme kaybını azaltmak ve osilatörün üstün frekans stabilitesi ile sonuçlanan tek modlu kontrolü sağlamak için icat edilmiştir. Akıllı sistemlerde tipik bir uygulama olan gaz algılama, hem endüstri hem de akademik çevrelerde son zamanlarda önem kazanmaktadır. Gaz algılama teknolojilerinin, kullanım alanları aşağıda verilmiştir.

- Endüstriyel üretim (örn; madenlerde metan algılama) (Liu ve ark., 2011).
- Otomotiv endüstrisi (örn; araçlardan gelen kirli gazların tespiti) (Tamaekong ve ark., 2010).
- Medikal uygulamalar (e.g., insan koklama sistemi elektronik burun simülasyonu) (Chinvongamorn ve ark., 2008).
- Kapalı hava kalitesi denetimi (örn; karbon monoksit tespiti) (Chinvongamorn ve ark., 2008).
- Çevresel araştırmalar (örn; sera gazı izleme) (Hulko ve ark., 2011).
- Gaz algılama yöntemlerinin sınıflandırması (Chang ve ark., 2011).

Gaz algılama yöntemlerinin ve gaz sensörlerinin performansını değerlendirmek için bazı göstergeler dikkate alınmalıdır. Bu göstergeler aşağıda verilmiştir;

- Duyarlılık: Tespit edilebilen hedef gazların hacim konsantrasyonlarının minimum değeri.
- Seçicilik: Gaz sensörlerinin, bir gaz karışımı arasındaki spesifik bir gazı tanıma özelliği.
- Yanıt süresi: Gaz konsantrasyonunun belirli bir değere ulaştığı andan itibaren sensörün bir uyarı sinyali üretene kadar geçen süre.
- Enerji tüketimi: Gaz ölçümü için gerekli olan enerji ve tüketim miktarı
- Tersine çevrilebilirlik: algılama malzemelerinin algılanmadan sonra orijinal haline dönüp dönemeyeceği.
- Soğurma kapasitesi: Gaz konsantrasyonunun soğrulma miktarıdır. Bu miktar hassasiyeti ve seçiciliği de etkilemektedir
- Üretim maliyeti: Gaz konsantrasyonlarının tespiti için gerekli olan maliyetler  
Gaz sensörlerinde dengesizliği neden olabilecek faktörler aşağıda verilmiştir.
- Tasarım hataları (kaçınılması gerekenler),

- Tane büyüklüğü veya tane ağının çeşitliliği gibi yapısal değişiklikler,
- Genellikle algılama malzemeleri ile halledilen katıkların ayırım anlamına gelen faz kaymaları,
- Kimyasal reaksiyonlarla tetiklenen zehirlenme,
- Mevcut çevrenin çeşitliliği.

GaN malzeme sistemleri, ticari uygulamalar açısından çok ilgi çekmektedir. Malzemenin geniş bant aralığı nedeniyle termal olarak çok *stabildir* ve elektronik cihazlar 500°C'ye kadar sıcaklıklarda çalıştırılabilmektedir. Kimyasal olarak zorlu ortamlarda veya radyasyon akımlarında çalışması için onu çok uygun hale getiren, eriyen ıslak dağlayıcı olarak bilinen NaOH veya KOH malzemeleri kimyasal olarak *stabildir*. Yüksek elektron mobilitesinden dolayı Nitrit tabanlı yüksek elektron mobility transistör (HEMT)'ler Silisyum (Si) veya GaAs aygıtlarına kıyasla X-bant frekansları aracılığıyla daha yüksek kırılma voltajı, daha iyi termal iletkenlik ve daha geniş iletim bant genişliği ile çok yüksek frekansta (VHF) çalışabilir. GaN tabanlı HEMT'ler, halihazırda kullanılan gaz aygıtlarına göre önemli ölçüde yüksek güç yoğunluklarında ve empedanslarda çalışabilir (Duan ve Wu, 2003).

Gaz algılama sensörleri için temel taleplerden biri, havanın varlığında ve oda sıcaklığında hidrojeni seçici olarak algılama kabiliyetleridir. Ayrıca uygulamaların çoğunda sensörlerin çok düşük güç gereksinimiyle çalışması ve minimum ağırlığı sahip olması istenmektedir. Nanoyapılar bu tip algılamanın doğal adaylarıdır. Moleküler hidrojenin atomik formdaki ayrışma verimliliğini arttırmak için tipik olarak bir çipte ısıtıcı olarak kullanılır. Dolayısıyla düşük konsantrasyonlarda veya sıcaklıklarda hidrojen gibi gazları saptamak için hassasiyetlerinin artırılması önemlidir (Lu ve ark., 2004).

Liu ve ark. tarafından yapılan çalışma, kondens-adsorpsiyon etki tespitine dayalı uçucu organik bileşikler (VOC) için düşük algılama limitli ve hızlı yanıt veren bir yüzey-akustik-dalga (SAW) gaz sensörü geliştirilmişler. Bu sensörde bir gaz kromatografi (GC) kolonu ayırıcı eleman olarak görev yapmaktadır. Ayrıca bir çift rezonatör osilatörü detektör elemanı olarak görev yapmaktadır. Yüzey etkin elektriksel geçirgenlik yöntemi ile ilgili olarak yoğunlaşma-adsorpsiyon etkisi ile ilişkili tepki mekanizması analizi, imalattan önce sensör performans tahmini için kullanılmaktadır. Osilatörün geri bildirim olarak işlev gören SAW rezonatörlerinin yeni tasarımları,

ekleme kaybını azaltmak ve osilatörün üstün frekans stabilitesi ile sonuçlanan tek modlu kontrolü sağlamak için önerilmiştir. SAW osilatörünün tepki mekanizması, tasarımı ve imalatı ile ilgili yoğunlaşma-adsorpsiyon etkisine dayanan SAW gazı sensörleri üzerinde bazı çalışmalar, gaz sensörünün yanıt mekanizması teorik olarak analiz edilmekte ve yüzey efektif geçirgenlik yöntemine atıfta bulunarak sensör performansını tahmin edebilmektedir (Liu ve ark., 2011).

Vashpanov ve ark. yaptıkları çalışmada; taşınabilir, doğru ve güvenilir gaz sensörlerine, özellikle kirleticiler, patlayıcı malzemeler ve ilaçlar gibi uçucu organik bileşiklerin (VOC) varlığını ortaya çıkarmak için ihtiyaç duyulduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca gıda, içecek ve kozmetik gibi ürünleri izlemek için bu tipteki gaz sensörlerine ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir. Bu gibi alanlarda küçük boyutları, düşük maliyetleri, yüksek hassasiyetleri ve güvenilirlikleri nedeniyle yüzey akustik dalga (SAW) gaz sensörlerinin kullanılmasının önemli olduğunu vurgulamışlardır (Vashpanov ve ark., 2011).

Huyen ve ark., son yıllarda GC'ler ile birlikte SAW gaz sensörlerinin birçok prototipinin geliştirildiğini ve bazı ticari ürünlerin VOC tespiti için kullanıldığını belirtmişlerdir. Ayrıca buhar sensörleri olarak SAW rezonatörlerinin ve kuvarz kılcal kolonunun uygulamasını gerçekleştirmişlerdir. GC-SAW gaz sensörünün yapısını ve algılama sürecini tanımlamışlar ve uçucu-yarı uçucu organik bileşiklerin, yiyecek ve içeceklerin imalatçılar tarafından tespitinde birçok sensör deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Huyen ve ark., kimyasal süreç ölçümü için bir SAW detektörü ile donatılmış hızlı bir GC'nin performansını değerlendirmişler ve benzen, toluen, etilbenzen ve oksilen için sırasıyla 42, 10 ve 2,5 ppm ppm tespit sınırlarını elde etmişlerdir (Huyen ve ark., 2011).

Wang ve ark.; dış kütle yüklemesinden ve yoğunlaşma örneğinden gelen ve viskozite etkilerinden kaynaklanan SAW yayılım, hız kaymasını tanımlamak için basit bir yol sağladığını ifade etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada; sensör performansını, özellikle eşik saptama limitinin ağırlıklı olarak osilatörün frekans stabilitesine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Bu sebeple, frekans stabilitesinin geliştirilmesi SAW gaz sensörü araştırmalarının ana konularından biri olduğunu ifade etmektedirler. Çalışmalarında; günümüze kadar GC ile kombine edilen gaz sensörü için kullanılan SAW osilatörünün frekans stabilitesini iyileştirme ile ilgili bir literatür bilgisinin neredeyse olmadığını ifade etmişlerdir. Dış kütle yüklemesinden ve yoğunlaşma

örneğinden gelen viskozite etkilerinden kaynaklanan SAW yayılım hız kaymasını tanımlamak için Wang ve ark. basit bir yol sağlamışlardır (Wang ve ark., 2010).

## 2.2. Gas sızıntısı

Gaz sızıntısı, hem maddi hasarlar, hem de insan yaralanmalarıyla sonuçlanan çeşitli kazalara yol açabilmektedir. Patlama, alev alma ve boğulma riskleri bu olayların toksiklik, yangınlık vb. özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Son yıllarda, gaz tüplerinin patlamasına bağlı ölümlerde artışlar yaşanmaktadır. Bu patlamalar, standart olmayan tüpler, eskimiş vanalar ve regülatörler kullanılması ve gaz tüplerinin kullanımı konusundaki bilinç eksikliğinden dolayı meydana gelmektedir. LPG veya propan hidrokarbon gazlarının yanıcı bir karışımı olup; yüksek ısıl değer, daha az duman, daha az kurum ve çevreye çok daha az zarar vermesi gibi arzu edilen özellikleri nedeniyle evler, pansiyonlar, sanayi, otomobiller ve araçlar gibi birçok alanda yakıt olarak kullanılmaktadır. Doğalgaz, evlerde yaygın şekilde kullanılan bir diğer yakıt çeşididir. Her iki gaz da temiz enerji üretmek için kullanılır; ancak sızmaları durumunda ciddi problemler yaşatabilmektedir. Havadan daha ağır olan bu gazlar kolayca dağılmazlar. Solunduğunda boğulmalara ve patlamaya neden olabilirler. Gaz sızıntısı, konut, ticari binalar ve gazla çalışan ulaşım araçları için büyük bir sorun olabilmektedir. Dolayısıyla gaz kaçağı göz ardı edilemeyecek, sürekli kontrolün büyük önem arz ettiği bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Gaz kaçağı konusunda yapılan çalışmalar ve literatür araştırmaları aşağıda verilmiştir.

Gaz sızıntısıyla ilişkili tehlikeyi önlemek için tedbirlerden birisi de hassas noktalara bir gaz sızıntısı detektörü yerleştirmektir. Mahalingam ve ark. yaptıkları çalışmada, uygun maliyetli bir gaz sızıntı algılama sistemi önerisi, tasarımı ve laboratuvar prototipi olarak başarılı bir uygulamasını sunmuşlardır. Çalışmalarında sistemin testini, LPG'nin bir bileşenini oluşturan bütan esaslı çakmak kullanılarak yaptıkları görülmektedir (Mahalingam ve ark., 2012).

Attia ve Ali yaptıkları çalışmada; LPG patlamalarına bağlı ölümlerin sayısının son yıllarda artış gösterdiğini, bu problemin üstesinden gelmek için, LPG sızıntısını tespit edecek bir sisteme ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadırlar. Çalışmalarında gaz sızıntısı algılama sisteminin, potansiyel olarak tehlikeli gaz sızıntılarını çeşitli sensörler vasıtasıyla tanımlama işlemi olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada; LPG'nin, gelişmekte olan ülkelerde yemek pişirme ve ısıtma gibi evsel amaçların yanında birçok ticari, endüstriyel ve tarım alanında da yaygın olarak kullanılan önemli bir enerji kaynağı olduğu belirtilmiştir. Karmaşıklığı ve yüksek maliyeti önlemek için mikro denetleyici



tabanlı çözümler yerine alternatif bir çözüm olarak, elektronik ayırık bileşenlere dayalı komple bir sistem alarmı ve koruma sistemine yönelik simülasyon sonuçları içeren bir analog tasarım sunmuşlardır (Attia ve Ali, 2016).

Literatürde, LPG algılama ve uyarı sistemlerinin çeşitli tasarımları yer almaktadır. Apeh ve arkadaşları, mutfak gaz sızıntısı algılama ve otomatik gaz kapatma sistemi tasarlamışlardır. Ölümcül felaket ile sonuçlanan gaz sızıntıları, evlerde ve ev tipi gazın kullanıldığı diğer alanlarda ciddi bir sorun haline gelmiştir. Söz edilen sızıntıları tespit edebilen ve gaz tüpünün ateşleyicisinin gaz beslemesini kesen bir cihaz önermişlerdir (Apeh ve ark., 2014).

Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) kullanımı, düşük duman ve daha az kurum ürettiği için gelişmekte olan ülkelerde hızla artmaktadır. LPG, propan ve bütan gibi hidrokarbon gazlarının yanıcı bir karışımıdır. Gaz sızıntısı, sanayi sektörü, meskûn mahaller ve CNG (compressed natural gas- sıkıştırılmış doğalgaz) gibi gazla çalışan otobüsler ve otomobiller ile ilgili önemli bir sorundur. Shrivastava ve ark. yaptıkları çalışmalarında, düşük yoğunluktaki bir gaz sızıntısı tespit sistemi için yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Sızıntı, MQ-6 gaz sensörü yardımıyla tespit edilmektedir (Shrivastava ve ark., 2013).

Literatürdeki başka bir yöntem, gaz sızıntısını tespit etmekte ve ev sahibine SMS göndermektedir. Bu sistemde, mikrodenetleyici birimi (MCU) olarak ARM tabanlı mikro denetleyici LPC2368, zararlı gazı tespit etmek için MQ-2 duman sensörü, sıcaklığı izlemek için DS18B20 sıcaklık sensörü ve odadaki nemi kontrol etmek için HS1101 nem sensörü kullanılmaktadır. Bu sistem, ev veya depoların korunması için faydalıdır. Bu sistem birçok açıdan algılama yapabilir ve birçok alana uyarlanabilir. (Tang ve Shuai, 2011). Ancak bu yöntem, bir başka gaz sızıntısını durdurmak için önlem almak anlamına gelmez. Geliştirilen başka bir yöntem ise sadece gaz sızıntısını tespit etmekle kalmaz, aynı zamanda uyarılar verir (Bip sesi), ana güç ve gaz kaynaklarını kapatır ve bir SMS gönderir. SMS yollayarak kullanıcıyı ikaz eden bir GSM modülü kullanır (Shrivastava ve ark., 2013).

(Apeh ve ark., 2014) yaptıkları çalışmada, evde güvenliği sağlamak için bir kablosuz LPG sızıntısı izleme sistemi tasarımı önermiştir. Bu sistem, LPG sızıntısını algılar ve tüketiciyi sızıntıyla ilgili SMS yoluyla ikaz eder, aynı zamanda acil durum tedbiri olarak alarmı etkinleştirir ve güç kaynağını devre dışı bırakır. Bu sistemin ilave avantajları, yük sensörü vasıtasıyla tüplerdeki mevcut LPG seviyesini sürekli olarak takip etmesi ve bu sayede gaz seviyesinin yaklaşık 2 kg olan eşik değerinin altına inmesi durumunda kullanıcıyı bir GSM modülü ile bilgilendiren bir cihaz tasarlamışlardır. Attia ve Ali. bu

cihazın ev ve iş yerlerinde kullanılan tüplerin gazlarının bittiği bilgilerini alarak yine GSM modülü ile otomatik tüp siparişi verebilen bir sistem içerdiğini belirtmişlerdir. Bu cihazın güvenlik sağladığını ve gaz sızıntısına bağlı boğulma ve patlamayı önlediğini savunmuşlardır. Bu çalışma, ARM 7 işlemcisiyle gerçekleştirilmiş ve Keil yazılımı ile simüle edilmiştir. Ayrıca sızıntıları tespit edebilen ve gaz tüpünün ateşleyicisinin gaz beslemesini kesen bir cihaz olarak da önermişlerdir.

Billmann ve Isermann yaptıkları çalışmalarında araştırmalarına göre petrol ve doğalgaz sevkiyatında kullanılan boru hatlarının sadece başlangıçta ve sonda kontrol edildiği için, normal bir sevkiyat sırasında boru hattı boyunca meydana gelebilecek bir sızıntı bilgisinin ancak bu mevcut ölçümlere dayandırılabiliceğini, çoğunlukla, sadece giriş ve çıkış akışının dengeli olduğunu belirtmektedirler. Bununla birlikte, doğal akış dinamikleri ve birleştirilmiş gürültüye göre, bu basit metotla sadece petrol boru hatları için  $>2\%$  ve doğalgaz boru hatları için  $>10\%$  olan sızıntılar tespit edilebileceğini ifade etmektedirler. Bu çalışma, çok daha küçük sızıntıları tespit edebilen sızıntı algılama yöntemlerini tartışmakta ve önermektedir. Yaptıkları çalışmada son yıllardaki araştırma faaliyetleri özetlenmekte, geliştirmelerin, boru hattı dinamikleri için doğrusal olmayan uyarlanabilir durum gözlemcileri, arıza tespiti için ise özel bir korelasyon tekniği kullanılarak yapıldığını belirtmişlerdir. Çalışmalarında; sinyal ölçümüyle teyit edilen petrol boru hattı ve doğal gaz boru hattı simülasyonu sızıntı deneylerinden elde edilen sonuçlar gösterilmiştir. Çalışmalarında boru hatlarındaki küçük sızıntıların ve konumlarının erken tespiti için, boru hattı giriş ve çıkışındaki basınç ve akış ölçümlerine dayalı, doğrusal olmayan uyarlanabilir bir durum gözlemcisi ve özel bir korelasyon tekniği geliştirdiklerini savunmuşlardır. Yaptıkları simülasyonların, ölçümler ve sızıntı deneylerinin, sıvı ve gaz boru hatlarındaki küçük sızıntıların erken tespitinin ve lokalizasyonunun önemli ölçüde iyileştirilebileceğini göstermişlerdir (Billmann ve Isermann, 1987).

Murvay ve Silea; dünya çapındaki doğalgaz sevkiyat ve dağıtım ağının karmaşık ve sürekli genişleyen bir alan olduğunu belirtmişlerdir. Sunulan çalışmaya göre, sevkiyat aracı olarak boru hatları en güvenli olanıdır, ancak bu riskleri olmadığı anlamına gelmemektedir. Bu nedenle, doğalgaz boru hattı altyapısının emniyetini sağlamak, enerji sektörü için kritik bir ihtiyaç haline gelmiştir. Boru hattı ağlarının emniyet noktasında başlıca tehdit, sızıntı meydana gelmesi durumudur. Boyutları ne olursa olsun, kayda değer etkileri nedeniyle boru hattı sızıntıları büyük bir endişe kaynağıdır. Bu etkiler, kesinti ve tamir giderleri maliyetlerinin de üzerine çıkar ve insan yaralanmalarının yanı sıra çevresel felaketlere de yol açabilir. Doğalgaz boru hattı kazalarının başlıca nedenleri dış müdahale, korozyon,

inşaat hataları, malzeme kusurları ve yer hareketleridir. Gaz sızıntıları, hem insan yaralanmaları, hem de maddi kayıplara yol açan büyük kazalara neden olabilir. Buna benzer durumlardan sakınmak ve gaz sızıntılarının tespit edilmesi için güvenilir tekniklerin geliştirilmesi adına önemli çabalar sarf edilmiştir. Gaz boru hatları için çok çeşitli sızıntı algılama teknikleri mevcuttur. Tekniklerin bazıları ilk hallerine göre bir hayli geliştirilmiştir. Bununla birlikte sensör üretiminde ve bilgisayar işletimli sistemlerin artması sonucu olarak bazı yeni sensör ve yöntemler tasarlanmıştır. Ancak, her birinin algılama yöntemi avantaj ve dezavantajları olduğu görülmektedir (Murvay ve Silea, 2012).

Liang ve ark.; gaz boru hattının, gaz ve petrokimya endüstrisinde kullanılan temel nakliye aracı olduğunu ve gaz boru hattının güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamak için, boru hattı sisteminin gerçek zamanlı monitöre ihtiyacı olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında belirttiklerine göre, boru hattı sızıntısının tam zamanında ve hassas koordinatta tespit edilmesi önemlidir ve bu, gaz nakil güvenliğinin önemli bir bileşeni olan gaz boru hattının istikrarlı bir şekilde çalışmasını sağlayabilir. Boru hattında sızıntı olduğunda, boru hattının içi ve dışı arasındaki yüksek diferansiyel basınç, esnek (elastik) enerjinin serbest bırakılmasına neden olacaktır. Bu işlem, gazın yüksek hızla dışarıya enjekte edilmesine yol açar ve aynı zamanda boru hattı boyunca ses titreşimi oluşmasına neden olur. Bu nedenle, akustik mekanizması, sızıntı karakteristiği ve boru hattı titreşimi araştırmaları gaz boru hattı sızıntısının akustik algılama yönteminde önemli bir yer tutmaktadır. Çalışmada ayrıca, gaz boru hattı sızıntısının, akustik veya titreşim sensörünün kurulumundaki deneyler ve gaz boru hattı sızıntı algılama sisteminin tasarımı için teorik bilgiler de verilmiştir. Çalışmalarında belirttiklerine göre gaz boru hattı sızıntısının akustik sinyali, kısa gecikme sürelerinde avantaj sağlar ve sızıntının fiziksel bilgilerini taşır. Gaz boru hattı sızıntısının tespit edilmesi zordur, bu nedenle, Liang ve ark. yaptıkları çalışmada akustik teknolojiye dayanan yeni bir ses basıncı yakalama yöntemi önermişlerdir. Bu yöntemle, ses basıncı hesaplama modelinde hava akustiği teorisini dikkate alarak, doğal gaz boru hattı sızıntı tespitinin zorluğuna çözüm bulmaya çalışmışlardır. Bu çalışmalarında aero akustiği teorisini ses basıncı hesaplayıcı model ile çözüme kavuşturan bir yöntem önermişlerdir (Liang ve ark., 2013).

Son 30 yıl boyunca, doğal ve endüstriyel gazların üretim bölgelerinden tüketim bölgelerine taşınması için büyük boru hattı ağları kurulmuştur. Bu karmaşık sistemlerin güvenli bir şekilde işletilmesi, işletim hataları nedeniyle ortaya çıkabilecek vahim sonuçlardan dolayı oldukça büyük önem taşımaktadır. Boru hattı sızıntıları özellikle önemli

ürün kayıplarına ve yöre halkının tehlikeli gazlara maruz kalmasına yol açabilir. Sızıntı nedenleri korozyon, çatlaklar ve boru bağlantılarındaki kusurlar gibi çeşitli faktörlere bağlı olabilir. Sızıntıları olan boru parçaları tespit edilmeli ve onarım için izole edilmelidir. Bu zor görev genellikle, sadece büyük sızıntıları tespit edebilen bakım operatörlerine bırakılmaktadır. Bu çalışmada uzun boru hatlarındaki sızıntıları tespit eden ve yerlerini belirleyen ve borulardaki gaz akışını temsil eden doğrusal olmayan Dağıtık Parametre (DP) sistemi için genişletilmiş bir Kalman filtresine dayanan yeni bir metodun geliştirildiği ifade edilmektedir (Benkherouf ve Allidina, 1988).

Son yıllarda, algılayıcı (sensör) ağların kullanım alanlarından biri de sıvılaştırılmış petrol gazının tespitinde olmuştur. Deshmukh ve ark. çalışmalarında WSN (Kablosuz Algılayıcı Ağı) tabanlı LPG gaz sızıntısı algılama, uzaktan izleme ve kontrol sistemleri kullanmışlardır. Uzak bölgelerin ve yerleşim yerlerinin izlenmesi gibi uygulanması zor sensör uygulamaları, WSN teknolojisinin sensörler için serbest mekanizma ve esneklik özellikleri sayesinde kolayca yapılabilir. Ayrıca, WSN teknolojisi sistemin güvenilir ve daha düşük maliyetli olmasını sağlar. Plandaki esneklik, geliştirilmiş hareket kabiliyeti, süreklilik, yayın menzili, indirgenmiş güç, maliyet-etkinlik vb. hususlar bu ağın faydalı özellikleridir. Çalışmada; madenlerdeki zararlı gazların tespiti, ev güvenliği ve egzoz gazı izleme vb. için algılama ve izleme sistemi önerilmiştir. Bir sızıntı meydana geldiğinde, sistem sızıntıyı tespit eder ve ilgili yere uyarı SMS'i gönderir, alarmı etkinleştirir ve elektromanyetik supap (selenoit valf) kullanarak gaz akış emisyonunu kontrol etmek için koruma devresini bütünleşmiş bir şekilde çalıştırır. Ayrıca, sistem tarafından önlem tedbirleri (zilin harekete geçirilmesi, egzoz fanı, vb.) alınır (Deshmukh ve ark., 2016).

Ultrasonik gaz sızıntısı algılama teknolojisine dayanan sistem, küçük hacime, kolay kullanıma ve yüksek hassasiyet avantajlarına sahiptir. Bu nedenle endüstride geniş uygulama olanağı sağlamaktadır. Kabul edilebilir sürelerde yapılan sızıntı tespiti üretim verimliliğini etkin bir şekilde geliştirebilir ve gereksiz enerji kaybını önler. Bu nedenle sızıntı tespiti ve konumlandırma teknolojisi araştırması ile birlikte ilgili algılama cihazlarının geliştirilmesi önemli bir uygulama değeri taşır. İlk olarak, ultrasonik gaz sızıntısı algılama teknolojisinde sızıntının yerinin tespit edilmesinin esası ses kaynaklı yer tespitidir. Günümüzde, ses kaynaklı yer tespiti teknolojisi ağırlıklı olarak varış algoritmasının (TDOA) yer tespiti teknolojisinin zaman farkını esas almaktadır. Sinyal kaynağı ile algılama noktaları arasındaki mesafe farkına göre, algılama noktası odak ve uzaklık farkı olan uzun eksenli rotasyonel (dönel) hiperboloitler oluşturulduğunda, sızıntının konumu birkaç rotasyonel (dönel) hiperboloit tarafından tespit edilir. Genellikle,

varış zaman farkı çapraz-ilişki (*çapraz-korelasyon*) işlemi ile elde edilir. Ultrasonik sinyaller çoğunlukla periyodiktir ve yöntem zaman farkının yalnızca bir sinyal döngüsünden daha az bir kısmını alabilir. Zaman farkı bir sinyal döngüsünden büyük olduğunda, bu yöntem doğru sonuçları alamaz. Üretilmiş ultrasonik dalgaların yayılmasıyla sızıntının ve konumunun belirlenmesi için, sensör dizisine dayanan ultrasonik gaz sızıntısı konumlandırma yöntemi önerilmiştir. Bu yöntemle, Mengjie ve Tao sadece sızıntı noktası ile sensörler arasındaki varış zaman farkını kullanarak sızıntı noktasının yerinin doğru bir şekilde tespit edilmesini başarmışlardır. Yaptıkları bu çalışma ile ilk olarak varış zaman farkının tüm döngü sayısını elde etmek için ultrasonik sinyallerden oluşan zarflar kullanılmış; ardından bir sinyal periyodundan daha geniş olsa da doğru varış zaman farkını hesaplayabilmişlerdir. Elde edilen varış zaman farkı ve bütün devir sayısı elde edilir ve daha sonra bir sinyal süresi daha büyük olsa bile, doğru varış zaman farkı elde etmek için ultrasonik sinyallerin zarfı kullanılır. İkinci olarak, bu çalışma, varış zaman farkı kullanarak kaçırma konumunun tahmin farkı, sızıntı noktasının konumunu gerçekleştirmek için sensör alan dizisi kullanımını önermektedir. Son olarak, Newton, en küçük kareler yöntemi kombinasyonu ile etkili bir kaçak noktasının konumunu tahmin etmek için kullanılmıştır (Mengjie ve Tao, 2017).

Dierks ve Kroll, çalışmalarında, metan gazı akış oranlarını uzaktan algılama vasıtasıyla ölçmek için bir yaklaşım sunmuşlardır. Farklı sensör verilerini birleştirmek ve metan akış hacim hızını ( $Q_n$ ) tahmin etmek için fiziksel bir model kullanılmıştır. Anılan yaklaşım, bir boru boyunca gaz akışı kullanan bir laboratuvar düzeneği ile test edilmiştir (Dierks ve Kroll, 2017).

Tez yazarı tarafından önemli bir problem olan yangın olaylarını önlemek ve sıvı doğal gaz (LPG) sızıntısını tespit edip izlemek için bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada LPG seviyesinin belirli bir eşik değerini geçtiğinde gaz sızıntısı tespiti yapabilen ve hızlı bir şekilde uyarı vermesini sağlayan bir sistem tasarımı yapılmıştır. Hava içersinde birçok gaz bileşeninin bulunduğu bu nedenle eşik değerinin belirlenmesi için ortamlarda denemeler yapılarak gaz bileşenlerine göre bir analiz yapılması gerekliliğini ifade etmişlerdir (Qutub ve Saritas, 2017).

Literatür taramalarından da görüleceği gibi gaz kaçaklarının tespit edilmesi ve konumunun belirlenmesi için pek çok çalışma yapılmıştır.

Bu çalışmaların daha çok sensör geliştirilmesi ve gaz kaçağı konumunu belirleme üzerine yapıldığı ve bunlar içinde sabit sensörlerin kullanıldığı görülmektedir. Özellikle yangın ve patlama tehlikesi içeren bu gazların tespit edilmesi ve gerekli

müdahalelerin yapılması için insan hayatı ve çevre açısından uzaktan kontrollü bir robot kullanımı konusunda eksikliklerin olduğu görülmüştür.

Bu tezde tespit edilen bu eksiklik üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Kablosuz iletişim ile bir uzaktan kontrol modülü içeren robot tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Bu robot üzerinde farklı gaz sensörleri, kamera ve veri kaydetme özellikleri mevcut iken uzaktan kontrol modülünde robotun bulunduğu ortamı izlemek için bir ekran, gaz değerlerinin görüldüğü ekran ve robotu kontrol eden oyun çubuğu (Joystick) veya kumanda kolu bulunmaktadır. Yapılan çalışmada kapalı ortamda gazlar (LPG, Metan ve Benzin) ortama verilerek ortamdaki gaz seviyelerini anlık gözlemi ve deneyleri yapılmıştır.



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

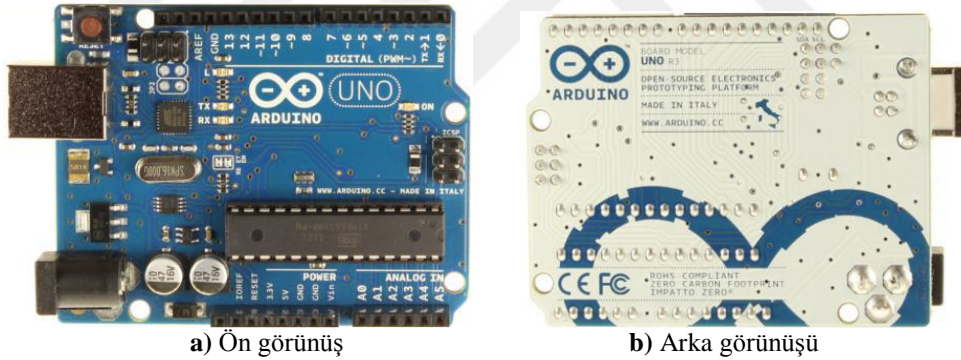
#### 3.1. Materyal

Bu bölümde, tez çalışmasındaki gaz robotunun geliştirilmesi için kullanılan elektronik ve mekanik parçalar tanıtılmıştır.

##### 3.1.1. Arduino UNO R3

Arduino Uno, ATmega328 temelli bir mikrodenetleyici kartıdır. 14 dijital giriş/çıkış pinleri (bunlardan 6 tanesi PWM çıkışları iken kullanılabilir), 6 analog girişi, 16 MHz seramik rezonatör, bir USB bağlantısı, bir güç prizi, bir ICSP başlığı ve bir sıfırlama düğmesine sahiptir. Uno, FTDI USB-to-serial sürücü çipini kullanmaması nedeniyle önceki tüm kartlardan farklıdır. Bunun yerine Atmega16U2 (Atmega8U2'den R2'ye kadar) USB-to-Serial dönüştürücü olarak kodlanır (Web1, 2017).

Arduino UNO R3 kart Şekil 3.1'de gösterilmektedir ve Çizelge 3.1'de teknik özellikleri verilmiştir.



a) Ön görünüş

b) Arka görünüşü

Şekil 3. 1. Arduino Uno R3 (Web1, 2017)

Çizelge 3. 1. Arduino Uno teknik özellikleri

	Arduino özellikleri
Mikrodenetleyici	ATmega328
Çalışma Gerilimi	5 v
Giriş Voltajı (önerilen)	7-12 v
Giriş Voltajı (sınırlar)	6-20 v
Dijital D / C Pimleri	14 (bunlardan 6'sı PWM çıkışı sağlamaktadır)
Analog Giriş Pimleri	6
D / C Pini başına DC Akımı	40 mA
3.3 V Pin	50 mA
DC flash bellek	32 K.B. (ATmega328)
SRAM	2 K.B. (ATmega328) EEPROM 1 Kilo byte (ATmega328)
	Saat Hızı 16 MHz

Arduino'nun beslemesi bir USB porttan veya harici bir güç kaynağından verilebilir. Arduino güç kaynağını otomatik olarak seçecektir. *Arduino (ARD)*'ya ait güç pinleri mevcuttur. Bu pinler (web 1 2017);

- VIN: Arduino Uno kartına harici bir güç kaynağı bağlandığında kullanılan voltaj girişidir.
- 5V: Bu pin Arduino kartındaki regülatörden 5 V çıkış sağlar. Kart DC power yakından (2 numaralı kısım) 7-12 V adaptör ile, ya da USB yakından (1 numaralı kısım) 5 V ile. VIN pininden 7-12 V ile beslenebilir. 5V ve 3.3V pininden voltaj beslemesi regülatörü bertaraf eder ve karta zarar verir.
- 3.3V: Arduino kart üzerindeki regülatörden sağlanan 3.3V çıkışıdır. Maksimum 50 mA dir.
- GND: Toprak pinidir.

### 3.1.2. Adım Motoru (Step motor)

Elektrik palslerini dönme hareketlerine çeviren elektro-mekanik cihazlara adım (step) motor denir. Adım motorlar açısal konumlarını adım attırarak değiştirirler ve klasik dc motorlardan farklı bir çalışma mantığına sahiptirler. Adım motorların her bir adımda ne kadarlık bir açı ( $90^\circ$  ,  $45^\circ$  ,  $18^\circ$  ,  $7.5^\circ$  ,  $1.8^\circ$  vb.) ile hareket edeceği katalog bilgilerinde verilmektedir. . Adım motorların dönüş yönü uygulanan palslerin sırasının değiştirilmesi ile saat yönünde veya tersi yönde hareket ettirilecek şekilde değiştirilebilir. Örnek bir adım motor Şekil 3.2'de gösterilmektedir.



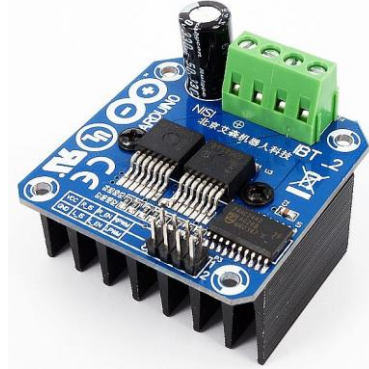
Şekil 3. 2. Adım motoru

### 3.1.3. Motor Sürücüsü

Mikrodenetleyicilerin veya mikrodenetleyici temelli hazır platformların çıkışları DC motorları sürmek için yetersiz kalmaktadır, dolayısıyla motor sürücü entegreler



(L293, L298 vb.) veya hazır motor sürücü kartları kullanılmaktadır. Motor sürücüler motorların yönünü ve hızını kontrol etmede de kullanılırlar. Hazır motor sürücülerinden BTS 796 Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 3. Motor Sürücü

BTS 7960, 28 V-20 A aralığında çalışabilen DC ve yüksek güçlü motorların kontrolünü kolaylaştıran bir motor sürücüsü olarak karşımıza çıkmaktadır. Lojik seviyede verilen sinyaller ile kontrol edilebilecek şekilde tasarlanmış ve birçok araştırmada rahatlıkla kullanılabilen bir yapıya sahiptir.

#### 3.1.4. nRF24L01 Radyo vericisi

nRF24L01, dünya çapında 2.4 - 2.5 GHz ISM için tek yongalı bir radyo vericisidir. Alıcı-verici tamamen entegre bir frekans sentezleyiciden, bir güç amplifikatör, kristal osilatör, demodülatör, modülatör ve geliştirilmiş ShockBurst protokol motorundan oluşur. Çıkış gücü, frekans kanalları ve protokol kurulumu kolay bir SPI arabirimi üzerinden programlanabilir. NRF24L01 RF Şekil 3.4'de gösterilmektedir.



Şekil 3. 4. NRF 24L01 vericisi

### 3.1.5. MQ-4, MQ-5, MQ-8 ve MQ-135 Sensörleri

MQ-4, MQ-5, MQ-8, MQ-135 sensörü bölgedeki gaz konsantrasyonlarının tespiti için uygundur, yüksek hassasiyet ve hızlı tepki süresi vardır. Sensör, gaz konsantrasyonuna dayalı analog bir dirençli çıktı sağlar. Sürücü devresi çok basit ve kullanışlıdır. Gaz sensörü Şekil 3.5’de gösterilmektedir.



Şekil 3. 5. Gaz sensörü

Sensörün çalışma voltajı 5V DC’dir. Gaz sensörü; mikro işlemci uyumlu *Transistör Transistör Logic* (TTL) çıkışına sahiptir, analog çıkışı havadaki gaz konsantrasyonunu orantısal olarak değiştirebilir, ölçüm aralığı 300-10000 PPM arasında değişebilir. Sensörün çalışma ömrü uzun, cevap süresi kısa, kullanım kolaylığı ve diğer geliştirme kartlarına uyumu büyük bir avantaj olarak ortaya çıkmaktadır.

### 3.1.6. Kumanda kolu

Kumanda kolu, X ve Y boyutlarında analog çıkış sağlar. Ayrıca komanda kolunda bir adette düğme bulunmaktadır. Kumanda kolu modülü Şekil 3.6’da gösterilmiştir.

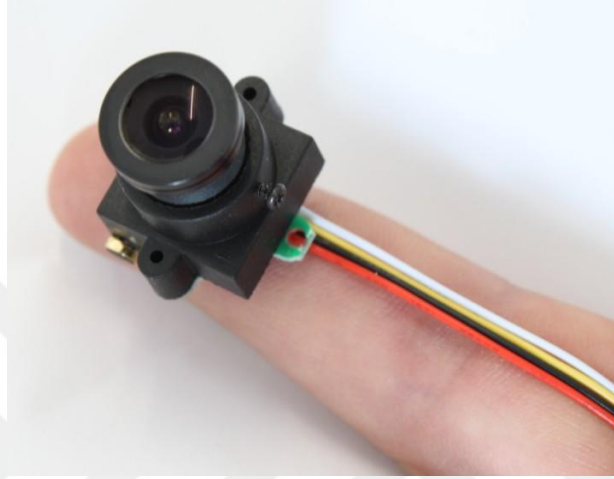


Şekil 3. 6. Kumanda kolu

### 3.1.7. MINI CCTV Kamera

CCTV (kapalı devre televizyon), sinyallerin halka açık bir şekilde dağıtılmadığı, öncelikle gözetim ve güvenlik amacıyla izlendiği bir TV sistemidir. CCTV kameraların stratejik olarak yerleştirilmesi ve kamera girişinin monitörlerde gözlemlenmesine dayanır. Kameralar, özel koaksiyel kablolu yayınlar veya kablosuz iletişim bağlantıları üzerinden monitörler ve/veya video kaydediciler ile iletişim kurduklarından içeriğine

erişimi yalnızca onu görebilen kişilerce sınırlı olduğunu belirtmek için "kapalı devre" işareti kullanılır. Eski CCTV sistemleri, etkileşimli özelliklere sahip olmayan küçük, düşük çözünürlüklü siyah beyaz monitörler kullanmıştır. Modern CCTV ekranlar renkli, yüksek çözünürlüklü görüntüler sağlar ve bir görüntüyü büyütebilir veya özelliklerinden birisini veya birilerini izleyebilme özelliğini içerebilir. CCTV haberleşmesi, bir denetçinin kameranın ilişkili hoparlörlerinin bulunduğu alanlardaki insanlarla konuşmasını sağlar. Mini kamera Şekil 3.7'de gösterilmektedir.



Şekil 3. 7. Mini camera

### 3.1.8. AV alıcı 5.8G

RC832 Alıcı, yer istasyonunuza kolay entegrasyon için küçük boyutludur, ancak kalitesi ve özellikleri fazladır. Alıcı, TS832 Verici ile kanalın frekansını değiştirdiği gibi aynı iki düğme arabirimini kullanmaktadır. Hem ses hem de video için iki bağımsız AV çıkışı vardır. Şekil 3.8'de AV alıcı bileşenleri ve Çizelge 3.2'de AV alıcı teknik özellikleri gösterilmektedir.



Şekil 3. 8. AV alıcı bileşenleri

En iyi iletim kalitesini elde etmek için 48. kanal seçimi bulunur. Neredeyse tüm 5.8G frekansıyla uyumludur ve hafif ağırlıklıdır. 600mW verici gücü, açık alanda 5 km

mesafeye kadar veri gönderebilir, daha büyük kazanç antenle çalışma durumunda 5-8 km'ye kadar veri gönderebilir.

**Çizelge 3. 2.** AV alıcı özellikleri

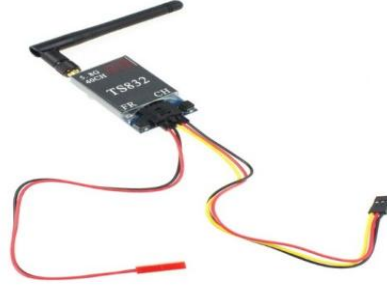
AV alıcı Özellikleri	
Öge Adı	: RC832 alıcı
Anten Kazancı	: 2db
Anten Empedansı	: 50Ω
Video Empedansı	: 75Ω
Video Biçimi	: NTSC / PAL otomatik
Güç Girişi	: 12 V
Çalışma Akımı	: 20 maksimum 200ma
Boyut	: 80x65x15 mm
Ağırlık	: Yaklaşık 85g
Konektör	: Alıcı modül tarafı RP-SMA jakı, anten RP-SMA fişi

### 3.1.9. AV verici 5.8G

TS832 verici, yer istasyonuna kolay entegrasyon için küçük boyutludur. TS832, RC835 alıcısıyla birlikte çalışabilir. AV vericisi Şekil3.9'de ve Av verici teknik özellikleri Çizelge 3.3'de gösterilmiştir.

**Çizelge 3. 3.** AV verici özellikleri

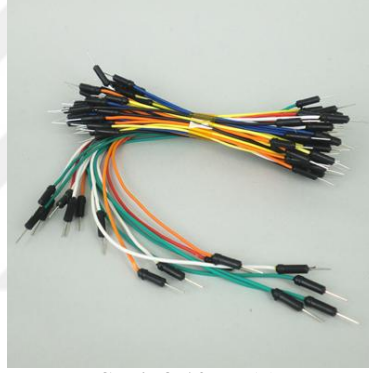
Av verici özellikleri	
Öge Adı	TS832 verici
Anten Kazancı	2db
Frekans	5.8G
İletim Gücü	600mA
Güç Girişi	7.4-16V (3S Lipo Önerildi)
Video Biçimi	NTSC / PAL Otomatik
Çalışma Akımı	12V'da 220mA
Ses Bant Genişliği	6.5M
Video Bant Genişliği	8M
Ağırlık	Yaklaşık 22g
Boyut	54x 32x 10mm (anten hariç)
Konektör	Verici modülü tarafı RP-SMA jakı, anten RP-SMA fişi



Şekil 3.9. AV verici

### 3.1.10. Bağlantı kabloları

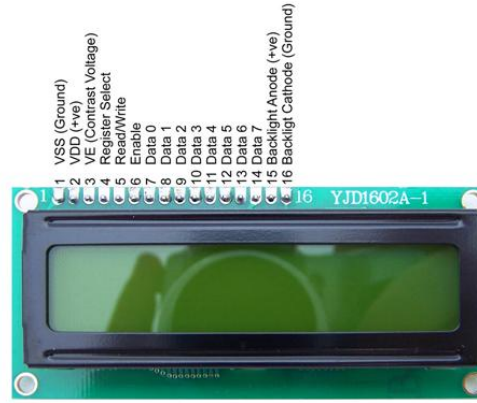
Gerçekleştirilecek robotta birimler arasındaki bağlantıların gerçekleştirilmesi için kullanılmıştır. Bağlantı kabloları Şekil 3.10'de gösterilmektedir.



Şekil 3.10. Kablo

### 3.1.11. LCD ekran

Sıvı Kristal Ekran (LCD), dizüstü bilgisayarlardaki ve daha küçük bilgisayarlardaki ekranlar için kullanılan teknolojidir. LCD'ler, ışık yayan diyot (LED) ve gaz-plazma teknolojileri sayesinde görünümlerinin katot ışın tüp (CRT) teknolojisinden çok daha ince olmasını sağlamıştır. LCD'ler, LED'i ve gaz ekranlı ekranlardan çok daha az enerji tüketirler çünkü ışık yaymadan ziyade bloke etme prensibi ile çalışırlar. LCD, Şekil 3.11'de gösterilmektedir.



Şekil 3.11. LCD ekran

### 3.1.12. Rf transmitter

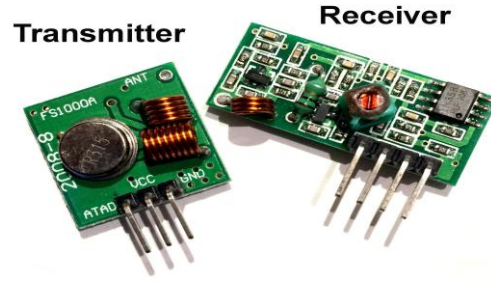
Bu Radyo verici ve Alıcı çifti, 500 adım uzaklığa kadar kablosuz olarak öğeleri kontrol etmenize izin vermek için mükemmel bir şekilde eşleştirilmiştir. Verici, Arduino'ya, Raspberry Pi'ye, diğer mikro denetleyiciye veya diğer hazır platformlara kolaylıkla bağlanabilir. Hem verici hem de alıcı aynı Radyo Frekansını ayarlar, böylece verici bir sinyal yayınladığında alıcı kablosuz olarak verileri alabilir. Şekil 3.12 ve Çizelge 3.4 ve 3.5’de Rf alıcı ve verici gösterilmiş ve teknik özellikleri sunulmuştur.

Çizelge 3.4. Alıcı Modülü Özellikleri

Çalışma Gerilimi	DC 5V
Sessiz Akım	4mA
Alıcı Frekansı	315MHz veya 433.92MHz
Alıcı hassasiyeti	-105DB
Anten	32 cm solid core spiral wound
Pinout soldan sağa doğru	VCC, DATA, GND

Çizelge 3.5. Verici Modül Özellikleri

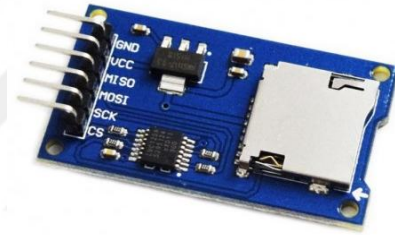
Başlatma mesafesi	20 - 200 metre (yüksek voltaj iyi sonuç)
Çalışma voltajı	3.3V - 12V
Çalışma modu	AM
Aktarım hızı	4KB / S
Verici güç	10mW
Verici frekans	315MHz veya 433MHz
Anten	25 cm solid core spiral wound
Pinout soldan sağa doğru	DATA, VCC, GND



Şekil 3. 12. RF transmitter

### 3.1.13. SD kart modülü

Güvenli Dijital (SD) kart modülü, SD kartların okunup yazılması için geliştirilmiştir. SD kartlara okuma yazma işlemi SPI protokolü kullanılarak yapılır. Birçok geliştirme platformunda kullanılabilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.13’de örnek bir SD kart modülü gösterilmektedir.



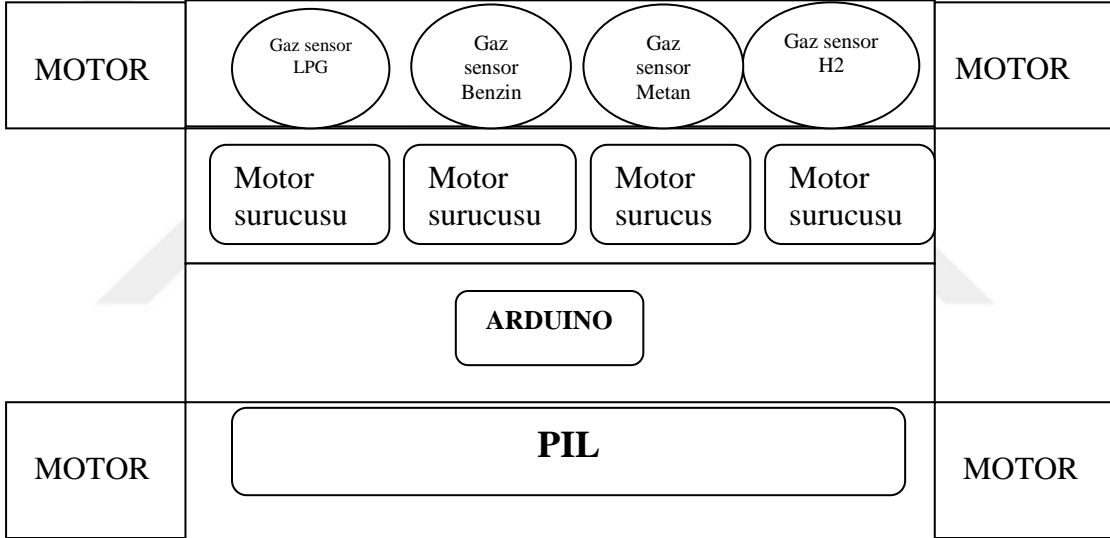
Şekil 3.13. SD kart modülü

### 3.2. Yöntem

Bu bölümde, tez çalışmasında geliştirilen gaz robotunun hangi elektronik veya mekanik parçalarla ve nasıl birleştirildiği hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

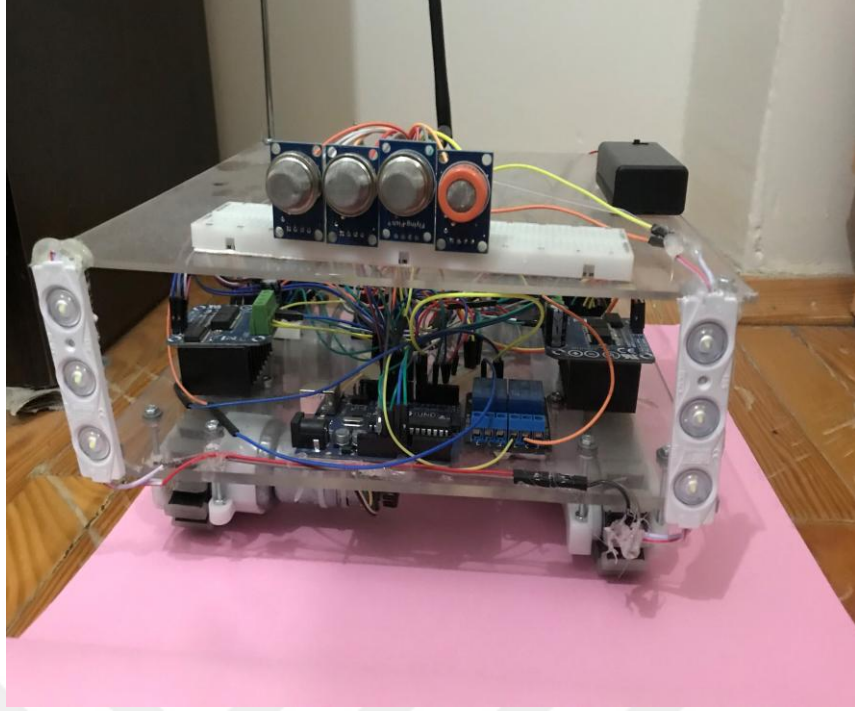
#### 3.2.1. Robot hareket mekanizması

Gaz ölçümünün etkin bir şekilde yapılabilmesi için, geliştirilen robota hareket kabiliyeti eklenmiştir. Robotun hareket mekanizması, dört adet DC motor, bu motorları kontrol etmek için motor sürücüleri ve nasıl hareket edeceğinin kontrolü için NRF modülünden oluşmaktadır. Hareket mekanizmasının tüm elemanları, geliştirilen robotta bulunan Arduino geliştirme kartına bağlanmıştır. Ayrıca hareket mekanizmasının beslemesi robot üstündeki bataryadan sağlanmaktadır. Robot hareket mekanizması Şekil 3.14’de gösterilmiştir. Gerçekleştirilen gaz ölçüm robotu Şekil 3.15’de gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Robot hareket mekanizması

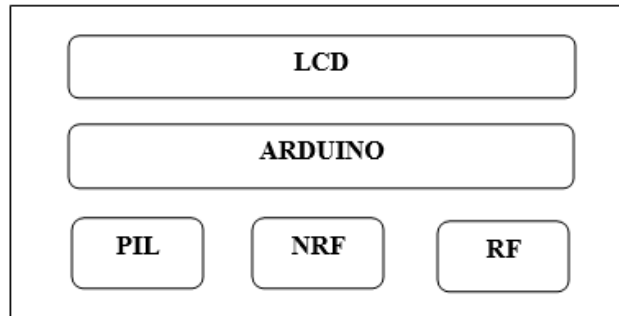




Şekil 3.15. Gaz ölçüm robotu

### 3.2.2. Kontrol paneli

Geliştirilen robotun hareket mekanizmasını kumanda edebilmek ve gaz sensörlerinden alınan değerlerin izlenebilmesi için bir kontrol paneli geliştirilmiştir. Kontrol panelinde, gaz sensörlerinden gelen verileri almak için RF modülü, bu verileri gösteren bir LCD, robotun hareket mekanizmasına kontrol sinyalleri gönderen NRF modülü ve tüm bu elektronik modüllerin bağlandığı Arduino geliştirme platformu bulunmaktadır. Kontrol paneline ait modül şeması Şekil 3.16’da verilmiştir. Kontrol panelinin görüntüsü Şekil 3.17’de verilmiştir.



Şekil 3.16. Kontrol paneli ve modüller



Şekil 3.17. Kontrol paneli

### 3.2.3. Arduino (ARD) ve Gaz Sensörü

MQ serisi sensörler, bir elektro-kimyasal sensör ile küçük bir entegre ısıtıcı kullanırlar. Çeşitli gazlara karşı duyarlıdır ve oda sıcaklığında kapalı alanda kullanılırlar. Çıktı analog bir sinyaldir ve Arduino'nun analog girişi ile okunabilir.

MQ serisi yakıt sensörleri, evlerdeki ve sanayi alanlarındaki yakıt sızıntısının tespiti için kullanıma uygundur. LPG, izobütan, propan, metan, ispiroto, hidrojen ve asen bu sensör tarafından tespit edilebilir. Bazı modüllerde, sensörün hassasiyetini ayarlamak için entegre bir değişken direnç bulunur. Sensör bir süre sonra oldukça ısınabilir, sensörün değişken gazlardaki davranışını görmek için Code bender (veya Arduino IDE) sıralı ekranını kullanılır. MQ sensörlerinde 4 pin bulunmaktadır Analog (A0), Dijital (D0), VCC ve GND. D0 kullanılmaz çünkü 1 ya da 0 değerini verir. Şekil 3.18 ve Çizelge 3.6'de arduino ve sensör bağlantısı gösterilmektedir.

Çizelge 3.6 Arduino ve sensör bağlantısı

Gaz sensor	Arduino UNO
A0	A0
VCC	3.3 v
GND	GND



Şekil 3.18. Arduino ve sensör bağlantısı

### 3.2.4. Arduino ve Motor sürücüsü

Mikrodenetleyiciler veya mikrodenetleyici temelli platformlardaki çıkışlar bir DC motorun sürülebilmesi için yetersiz kalabilmektedir. Bundan dolayı çıkışları motorları sürülebilmek için yükseltmek gerekir. Yükseltme işlemi transistörler veya özel motor sürücü entegreleri ile mümkün olabilmektedir. Gaz robotunun hareket mekanizması için BTS 7960 entegresinden faydalanılmıştır. BTS 7960 entegresi yüksek akım veren bir yarım köprü motor sürücü entegresidir. Bu entegreden iki tane kullanılarak motor sürücü tam köprü haline çevirilebilir. Böylelikle 43A 'e kadar akım verebilir ve istenildiğinde bu değer bir direnç ile sınırlandırılabilir. Kullanılan bu motor sürücüsünde 25Khz'e kadar PWM kontrolü yapabilmektedir. Motor sürücüsünün, arduino, motor ve batarya ya bağlantı şeması Şekil 3.19'da verilmiştir. Arduino ve motor sürücü bağlantısı için 6 pin kullanılmaktadır. Bu pinler RPWM, LPWM, R\_IS, L\_IS, VCC ve GND'dir. Bu bağlantılar Çizelge 3.7, Çizelge 3.8 ve Şekil 3.19'da gösterilmektedir.

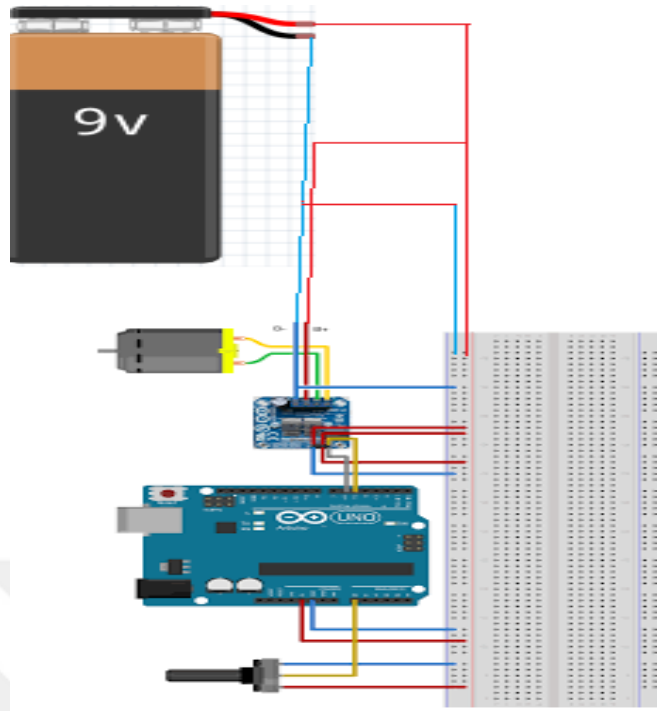
Çizelge 3.7. Motor sürücüsü ve arduino pin bağlantısı

BTS	Arduino UNO
RPWM	D 5
LPWM	D 6
R_IS	5 v
L_IS	5 v
VCC	5 v
GND	GND

Motor sürücü kartı ile DC motorları kontrol edebilmek için 4 pin kullanılmaktadır. Bu bağlantılar Çizelge 3.8'da gösterilmektedir.

Çizelge 3.8. Motor sürücüsü ile motor arasındaki pin bağlantısı

BTS	Motor
GND	GND
VCC	9 V
Motor out	Motor -
Motor out	Motor +



Şekil 3.19. Arduino ve motor sürücü bağlantısı

Motorların kontrol edilebilmesi için Enable pinleri aktif edilmelidir. Motorların hangi yönde hareket ettirileceği ise Giriş1 ve Giriş2 pinlerine uygulanacak lojik değerler ile kontrol edilmektedir. Çizelge 3.9'de DC motorların hangi lojik değerleri aldığında nasıl hareket edeceğine dair bilgiler gösterilmiştir.

Çizelge 3.9. Giriş değerlerine göre motor hareketleri

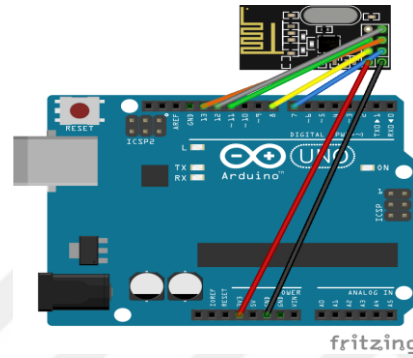
Giriş 1	Giriş 2	Aksiyon
Düşük	Düşük	Durur
Yüksek	Düşük	İleri döner
Düşük	Yüksek	Geri döner
Yüksek	Yüksek	Durur

### 3.2.5. Arduino ve nRF alıcı-verici

Nordic nRF24L01, 2.4GHz'lik bir RF alıcı-vericisi (uygulama denetleyicisi için yüksek hızlı bir SPI arabirimini destekleyen gelişmiş ShockBurst™ donanım protokol hızlandırıcısı içeren), düşük güçlü, kısa menzilli (50–200 feet civarı) alıcı-verici, arduino ara yüzü ve entegre anten ile kurulu bir panoda yer almaktadır. Yüksek güçlü bir versiyonu da mevcuttur. Nrf alıcı-verici modülünde 8 adet pin bulunmaktadır. Bu pinler; IRQ, MISO, MOSI, SCK, CSN, CE, VCC ve GND'dir. Arduino ile Nrf alıcı-verici bağlantısı Çizelge 3.10'de verilmiş ve Şekil 3.20'de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.10.** NRF ve arduino pin bağlantısı

nRF	Arduino UNO
VCC	3.3 V
GND	GND
CS	7
CE	8
MOSI	11
MISO	12

**Şekil 3.20.** Arduino ve nrf bağlantısı

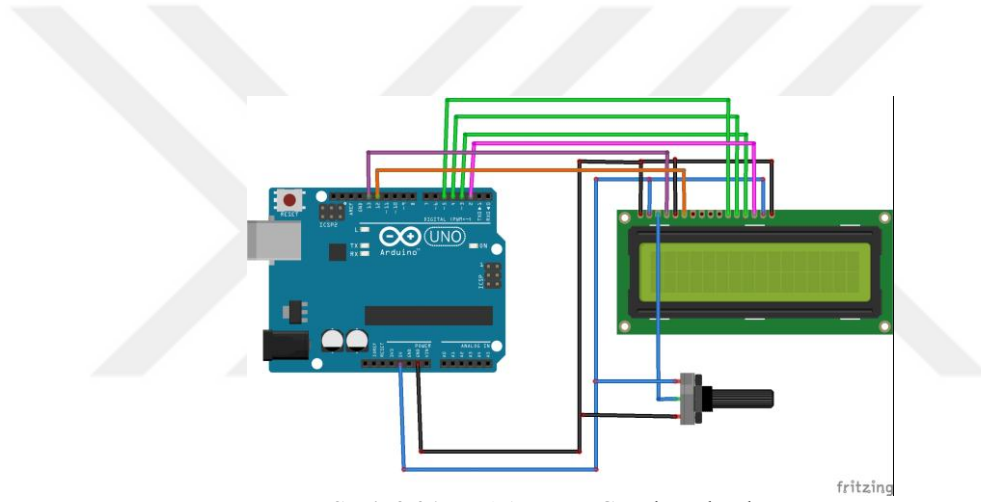
Yayımla aralığı (menzil), duruma ve şartlara göre belirlenir, görüş hattı açık olduğunda parçaların ve malzemelerin etkisinden dolayı dışarıda kapalı mekânlara nazaran daha uzundur. Tek çipli modüle sahip düşük güçlü modeller için ortalama mesafe 200 feet veya 100 metredir. Bu, 250KHz'lik bir veri hızı ile çalışan cihazların açık alandaki rakamlarıdır. Kapalı alanlarda duvarlar vb. engeller nedeniyle daha düşük olacaktır.

### 3.2.6. Arduino ve LCD

LCD, Liquid Crystal Display yani Sıvı Kristal Ekran elektrikle kutuplanan sıvının ışığı tek fazlı geçirmesi ve önüne eklenen bir kutuplanma filtresi ile gözle görülebilmesi ilkesine dayanan bir görüntü teknolojisidir. Birçok elektronik projenin gereksinimlerinden biri de çıktı değerlerinin sunulmasıdır. Bu işlem LCD'ler ile kolaylıkla yapılabilmektedir. Piyasada farklı LCD türleri bulunmaktadır. Bunlardan en çok kullanılanı 16x2 LCD modülleridir. Geliştirilen gaz robotuna ait kontrol panelinde gaz sensörlerinden gelen verileri göstermek için 20x4 LCD tercih edilmiştir. LCD ile arduino bağlantısı için gerekli olan pinler Çizelge 3.11'da verilmiştir. Ayrıca, Şekil 3.21'de örnek bağlantı şeması verilmiştir.

**Çizelge 3.11.** LCD ve arduino pin bağlantısı

LCD	Arduino UNO
VSS	GND ve resistor
VCC	3.3 v ve resistor
VEE	Resistor
RS	D 13
RW	D 12
E	D 11
D 0	D 10
D 1	D 9
D 2	D 8
D 3	D 7
D 4	D 6
D 5	D 5
D 6	D 4
D 7	D 3
LED +	3.3 v
LED -	GND

**Şekil 3.21.** Arduino ve LCD ekran bağlantısı

### 3.2.7. Arduino ve RF verici

Bu model verici ve alıcı çifti 315 Mhz'de çalışmaktadır. BreadBoard ile kolaylıkla birleştirilebilir ve çok basit bir kablosuz istatistik hattı oluşturmak için mikro denetleyicilerle uyumlu çalışırlar. Bunlar sadece verici olduğundan, verileri tek yönlü olarak iletecektir, verici/alıcı olarak kullanmak için iki parçaya (bu tür frekanslardan biri) ihtiyaç duyulur. Bu modüller bazen belli miktarlarda gürültüye neden olabilir. İki Verici ve alıcı yaygın frekanslarda çalışır ve kimliği (ID) yoktur. Bu nedenle, bu gürültüyü filtrelemek ve verici ile alıcıyı eşleştirmek için bir yöntem gerekecektir.

RF alıcıda ve vericide 3 pin kullanılmaktadır. Alıcıda kullanılan pinler VCC, GND ve DOUT, vericide ise VCC,GND ve DATA pinleridir. Çizelge 3.12'da RF alıcı ve arduino bağlantısında kullanılan pinler verilmiştir. Çizelge 3.13'de RF verici ile

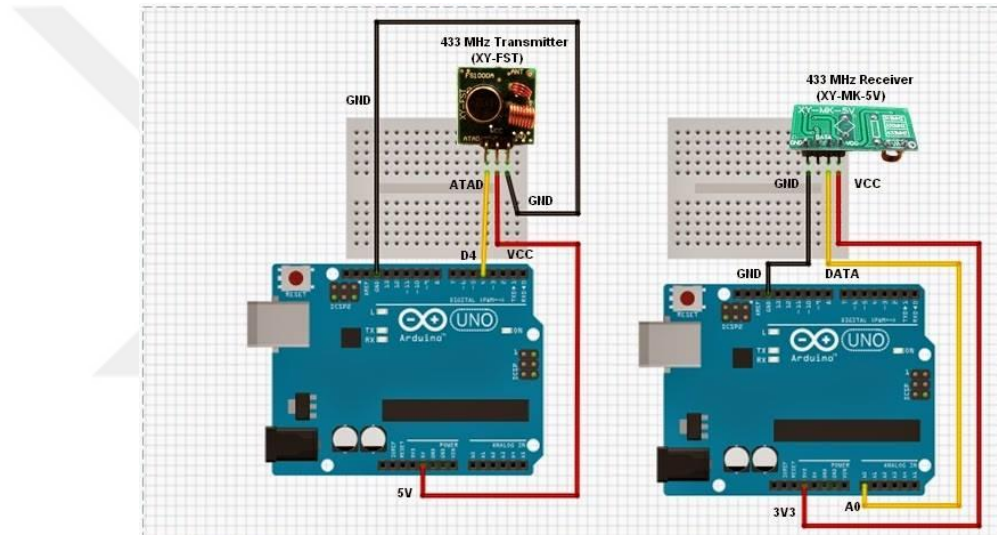
arduino bağlantısı için kullanılan pinler verilmiştir. Şekil 3.22’de arduino ve RF alıcı / verici bağlantısı gösterilmektedir.

**Çizelge 3.12.** RF alıcı ve arduino pin bağlantısı

RF Alıcı	Arduino UNO
VCC	3.3 v
GND	GND
DOUT	D 6

**Çizelge 3.13.** RF verici ve arduino pin bağlantısı

RF Verici	Arduino UNO
VCC	3.3 v
GND	GND
DATA	D 12



**Şekil 3.22.** Arduino ve rf alıcı / verici bağlantısı

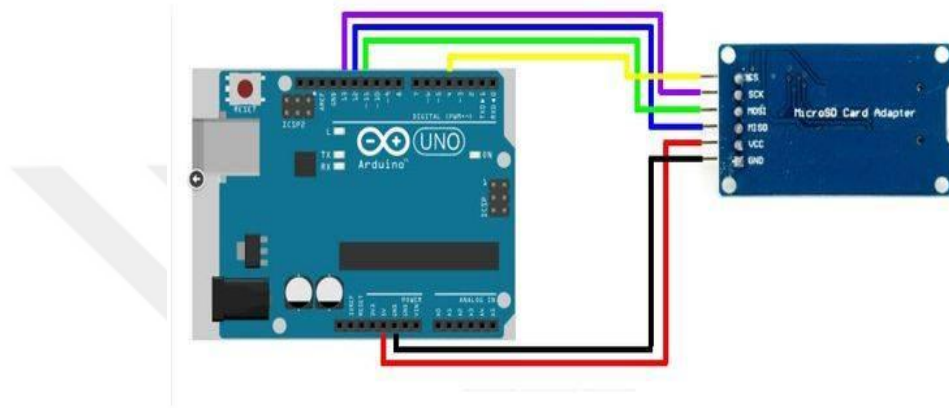
### 3.2.8. Arduino ve SD kart modülü

Bu Micro SD Kart modülü ile standart bir SD karta veri aktarmak ve veri almak için kullanılır. Pin yapısı Arduino ile uyumludur ve ayrıca farklı mikro denetleyicilerle birlikte kullanılabilir. Projemizde bulunan sd kart parçası sensörden gelen bilgileri kayıt etmektedir. SD kart modülünün kullanılması için 6 adet pin bağlantısı yapılmıştır. Bu pinler, CS, SCK, MOSI, MISO, VCC ve GND’dir. Pin bağlantıları çizelge 3.14 ve bağlantı şeması Şekil 3.23’de gösterilmiştir.



**Çizelge 3.14.** SD kartı ve Arduino bağlantısı

Kumanda	Arduino UNO
CS	D 4
SCK	D 13
MOSI	D 11
MISO	D 12
VCC	3.3 v
GND	GND

**Şekil 3.23.** Arduino ve SD kart modülü bağlantısı

### 3.2.9. Gaz Robotunun Gerçekleştirilmesi

Gaz sızıntılarının tespit edilmesi, büyük sanayi sitelerinde ve kamusal alanlarda insan hayatının ve büyük maliyetlerle yapılan teçhizat yatırımlarının güvenliğini sağlamak için kritik öneme sahiptir. Gaz sızıntıları, sabit gaz sensörleri tarafından tespit edilebilir; ancak, bununla birlikte, manuel tespitler çok daha etkilidir. Eğitimli personel, bir gaz sızıntı detektörüyle gaz ekipmanını ve borularını inceleyebilir ve tarayabilir. Petrol ve doğalgaz altyapı tesislerinin otomatik olarak mobil denetimini yapmak ve gaz sızıntılarının uzaktan algılanması ve izolasyonu için bir robot tasarlanmıştır. Robot, otomatik moda iken, önceden belirlenmiş bir rota boyunca ilerlemekte ve potansiyel sızıntı noktalarına çok yakın bir mesafede gaz yoğunluğunu uzaktan analiz edebilmektedir. Gaz yoğunluğu ölçümü, Emilim Yöntemi kullanarak ve çoklu gaz sensörleri ile gerçekleştirilir. Nokta ölçümü veya oda hacmi kullanıldığından, cihaz hareketli bir platform üzerine kurulmuştur. Bu projenin katkısı iki yönlüdür:

- 1- Hızlı ve verimli çalışan arama stratejileri geliştirmek için yeni bir yöntem önermek.



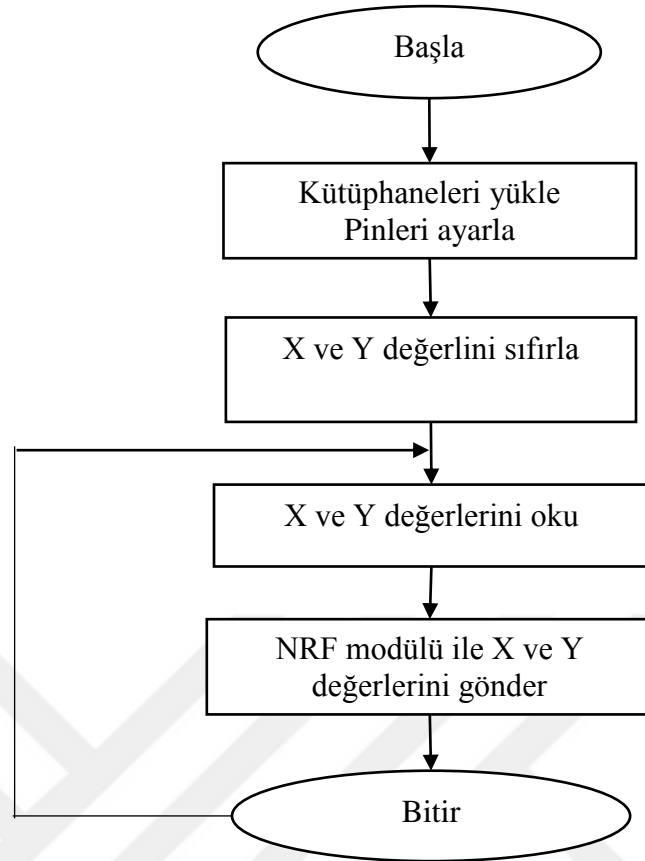
- 2- Önerilen yaklaşımı, simülasyon ortamında ve gerçek hayatta değerlendirmek. Sonrasında ise bu sonuçları kıyaslamaktır.

Cihazı, çoklu kullanım için tasarlayan metodoloji, robotun kullanılabilceği sanayi alanındaki modifikasyonlara bağlıdır; ayrıca, bu tez çalışmasındaki taşınabilir olarak tasarlanan gaz sensörü ise üzerine kurulan mekanizmaya bağlıdır. Tüm hücrelerin A seti, radyo frekansı kapsama sensörünün aralığına bağlı olarak bölünmüştür. Boru içinde herhangi bir gaz sızıntısı olduğunda, sonraki bölümde sonulan algoritmaya bağlı olarak çalışan gaz sensörleri, sensörlerden gelen değerleri kaydetmek için sıralı monitöre veri gönderir. Bu değerler, normal durum ile anormal durumu karşılaştırmak için Excel sayfasındaki değerleri dışarı aktarıp matematik hesaplar yapan ve çizim cetvellerini kullanan hafıza kartlarına kaydedilir.

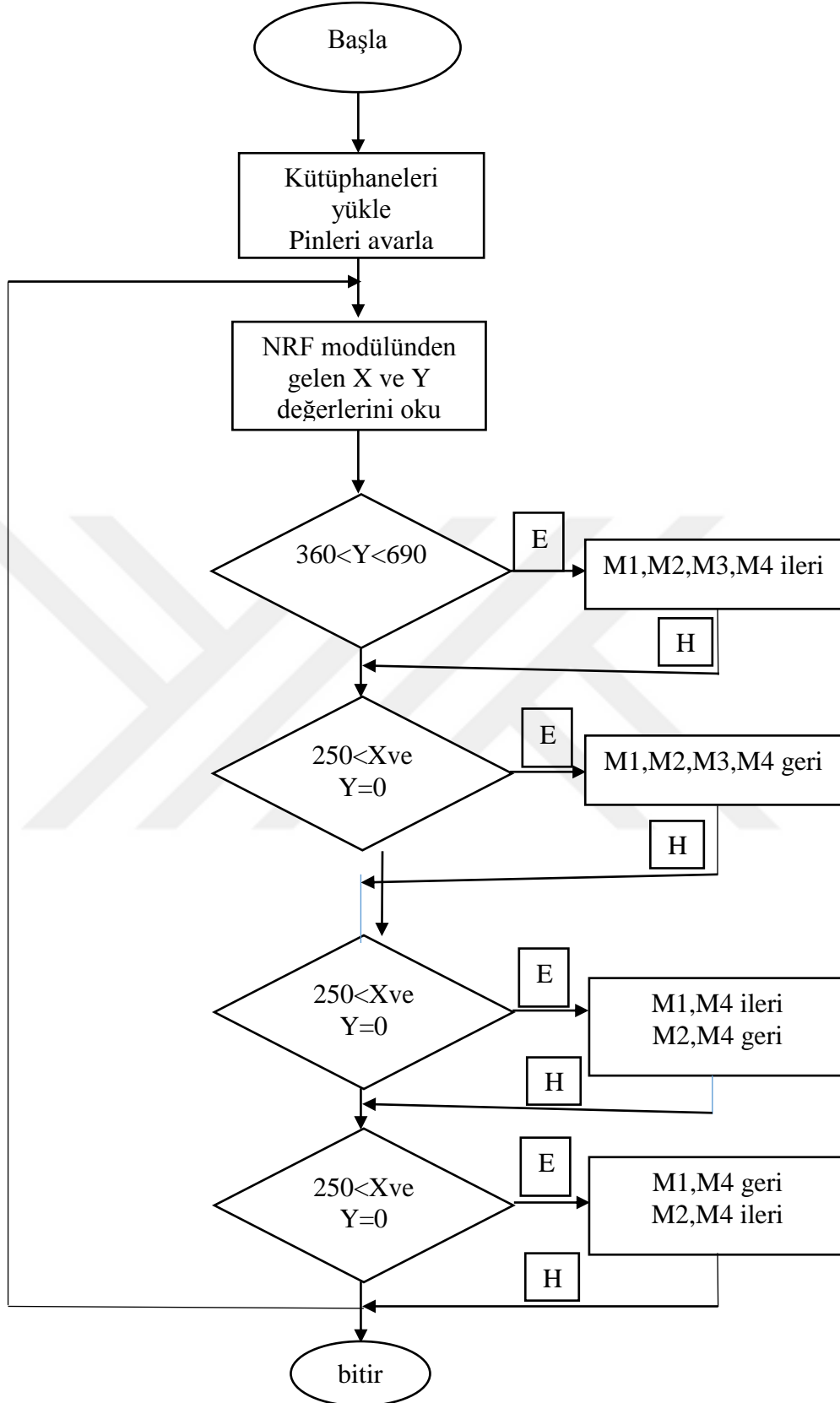
### **3.2.10. Verici ve Alıcı Algoritmaları**

Geliştirilen gaz ölçüm robotu ile kontrol paneli arasında motorların hareket ettirilmesi ve gaz sensörlerden alınan verilerin aktarılması için kablosuz haberleşme teknolojilerinden faydalanılmıştır.

Gaz ölçüm robotunda bulunan motorların sürülebilmesi için kontrol panelindeki kumanda kolu kullanılmaktadır. Kumanda kolunun üretmiş olduğu kontrol sinyalleri NRF modülü aracılığı ile kontrol panelinden gaz robotuna gönderilmektedir Şekil 3.24. Gaz robotuna gelen kontrol sinyalleri arduino içinde değerlendirilir ve bu değerlendirmeye göre motor sürücüleri vasıtasıyla motorlara iletilir. Böylece motorlar kumanda kolunun hareketine göre dört yönde (ileri, geri, sağa ve sola) hareket etmektedir. Kontrol panelinin akış diyagramı Şekil 3.24'de ve Gaz robotunun kumanda kolunun akış diyagramı Şekil 3.25'de gösterilmiştir.



Şekil 3.24. Kontrol paneli kumanda kolu veri iletimi akış diagramı

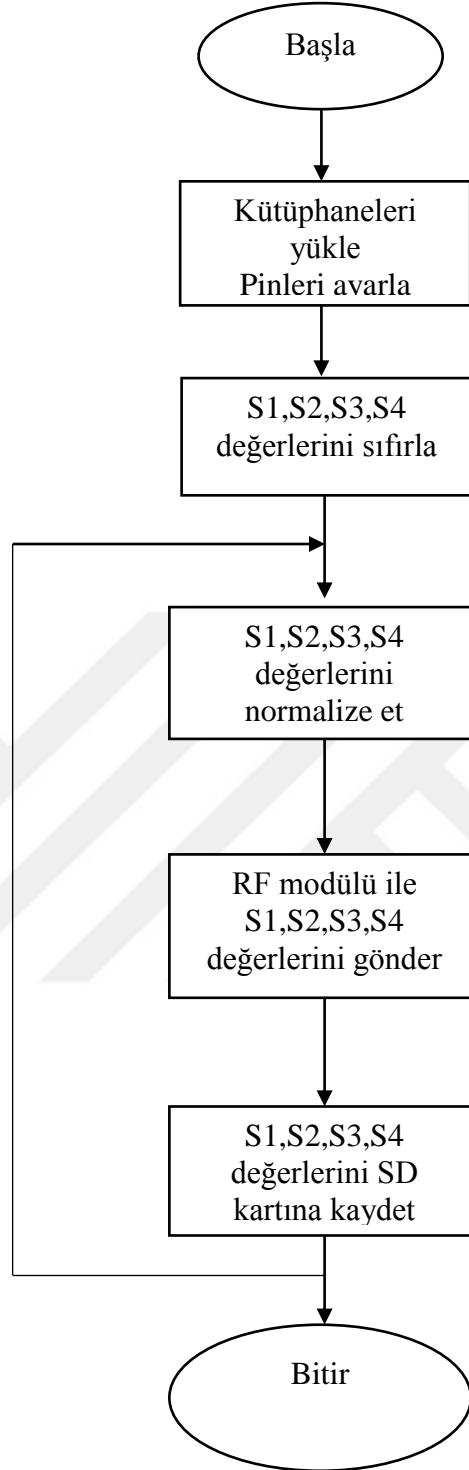


Şekil 3.25. Gaz robotu kumanda kolu veri alış ve motor sürücüsü akış diyagramı

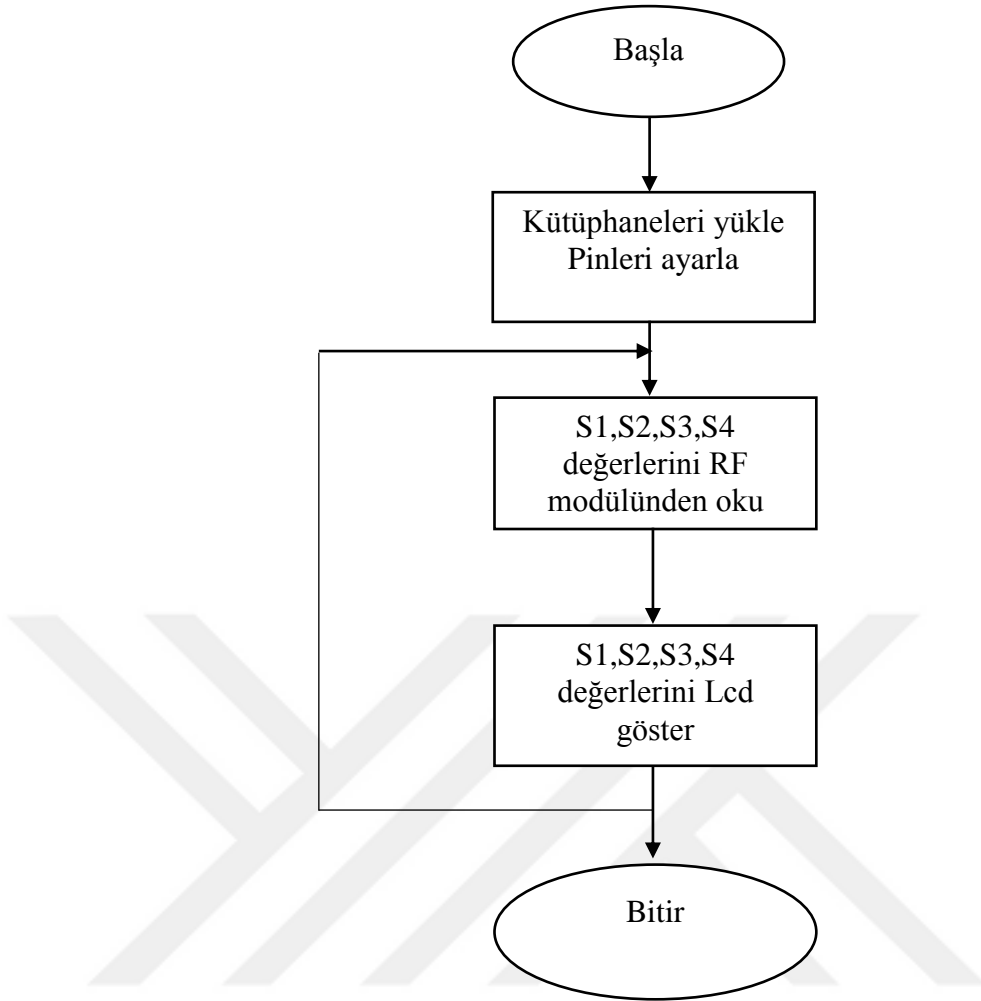
Kontrol panelinde ölçülen gaz değerlerinin gösterilebilmesi için bir adet 20x4'lük bir LCD kullanılmıştır. LCD'de lpg, benzin, metan ve hidrojen gazlarının hem

analog hem de dijital değerleri gösterilmektedir. Gaz lm değerleri, gaz robotunda bulunan MQ serisi sensörlerden alınan verilerdir. Bu değerler kontrol paneline RF modül vasıtasıyla gönderilmektedir. Kontrol paneline sinyaller dijital veri olarak gönderilmektedir. Gelen dijital veriler kontrol panelinde öncelikle analog olarak da hesaplanır. Sonrasında LCD’de analog ve dijital veriler kullanıcıya gösterilir. Ayrıca geliştirilen gaz ölüm robotunda, her ölüm değeri daha sonra incelenebilmesi için bir SD kart içine de kaydedilmektedir. Bu kayıtlar SD kart içinde oluşturulmuş olan bir text dosyada tutulmaktadır. Sensörlerden gelen verilere ait akış diyagramı Şekil 3.26’da ve kontrol paneline gelen verinin akış diyagramı Şekil 3.27’de sonulmuştur.





Şekil 3.26. Sensörlerden kontrol paneline gaz ölçüm veri iletimi akış diyagramı



Şekil 3.27. Kontrol paneli sensör veri alma akış diyagramı

## 4. DENEYSSEL ÇALIŞMALAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Deney Ortamı

Deneyler, 2m x 3m x 2.66m ebatlarındaki yaklaşık 16 m<sup>2</sup>'lik kapalı bir odada gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılan oda boştur. Ölçüm esnasında sıcaklık değeri 24-26 derece arasında ve nem değeri %45 -50 arasındadır. Gerçekleştirilen her ölçümden sonra odanın normal şartlara dönmesi beklenmiştir. Ölçümler için LPG gazı, Metan gazı ve Benzin kullanılmıştır.

Tüm ölçümler, tez çalışmasında geliştirilen gaz ölçüm robotu ile yapılmıştır. Gaz ölçüm robotunda 4 adet MQ serisi sensör bulunmaktadır. Bu sensörler robotun ön kısmında ve birbirlerine paralel olarak yerleştirilmişlerdir. Yapılan ölçümler hem kontrol paneli hem de arduino serial monitörden kontrol edilmiştir. Bu işlem hem veri iletiminde bir kayıp yaşanıp yaşanmadığının kontrolü için hem de veri iletimindeki bir kayıptan kaynaklı yanlış ölçüm değeri elde etmemek için yapılmıştır.

### 4.2. Deneysel Ölçümler

Deney ortamında ölçümler mesafe değeri değiştirilerek her bir gaz için ayrı ayrı yapılmıştır. Bu bölümde öncelikle 5cm, 25 cm, 50 cm, 75 cm ve 100 cm'daki gazların (LPG, Metan ve Benzin) yapılan ölçümleri verilmiştir.

LPG gazı ile yapılan örnek deneyde; LPG gazı odaya verilmeden önce sensör odadaki havadan dolayı 2251 PPM değerindedir. Odaya gaz verilmeye başladığında 1 sn sonra 5 cm'lik mesafede sensör 8397 PPM değerini göstermiştir Şekil 4.1.

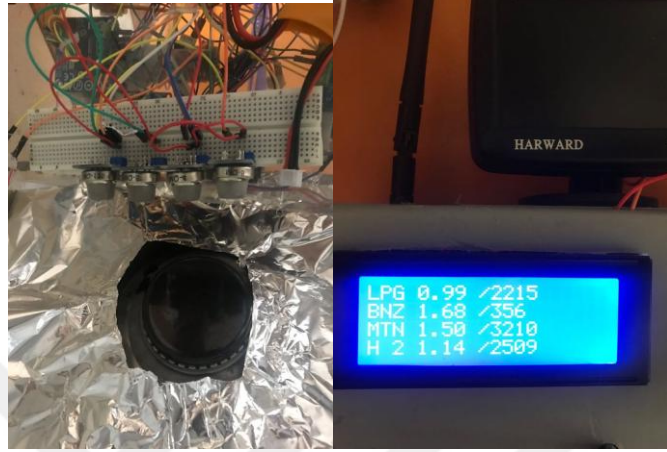


a) Deney düzeneği

b) LCD ekran görüntüsü

Şekil 4.1. 5 cm mesafede LPG deney

Metan gazı ile yapılan örnek deneyde; Metan gazı odaya verilmeden önce sensör odadaki havadan dolayı 1712 PPM değerindedir. Odaya gaz verilmeye başladığında 1 sn sonra 5 cm'lik mesafede sensör 3210 PPM değerini göstermiştir Şekil 4.2.



a) Deney düzeneği

b) LCD ekran görüntüsü

Şekil 4.2. 5 cm mesafede METAN deney

Betan gazı ile yapılan örnek deneyde; Benzin gazı odaya verilmeden önce sensör odadaki havadan dolayı 156 PPM değerinde. Odaya gaz verilmeye başladığında 1 sn sonra 5 cm'lik mesafede sensör 829 PPM değerini göstermiştir Şekil 4.3.


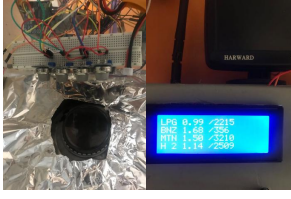




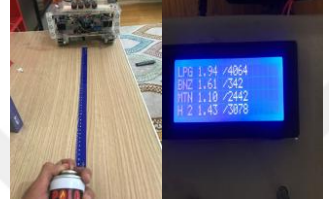

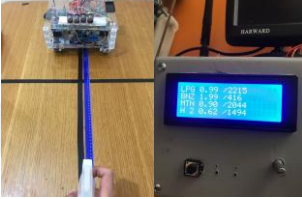

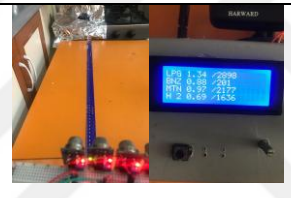
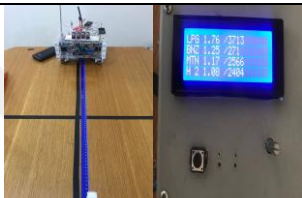


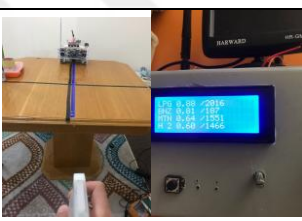


a) Deney düzeneği

b) LCD ekran görüntüsü

Şekil 4.3. 5 cm mesafede BENZİN deney



Mesafe	LPG	Metan	Benzin
5			
25			
50			
75			
100			

Şekil 4.4. 5, 25, 50, 75 ve 100 cm mesafede LPG, Metan ve Benzin ölçümleri

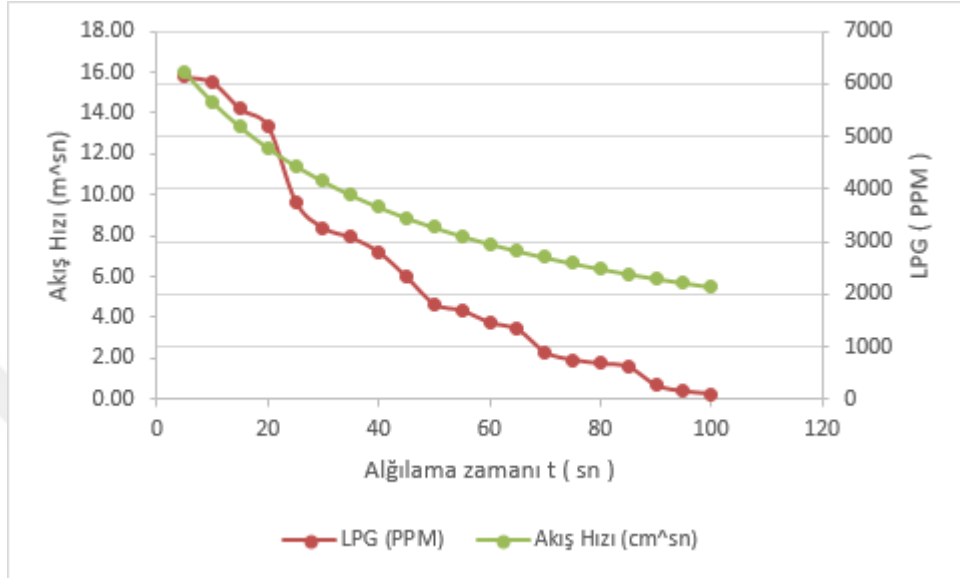
Deneysel çalışmalar kısmında ayrıca 5cm, 25cm, 50cm, 75cm ve 100cm’de tek tek tüm gazlar için yapılan deneylerin görüntüleri Şekil 4.4’de sunulmuştur. Ölçümler yapılırken öncelikle normal oda koşullarında hedef gaz değeri ölçülmüş, daha sonra belirlenen mesafeden ortama gaz verildikten sonra tekrar ölçüm yapılmıştır. Tüm deneysel çalışma kapsamında gaz ölçümleri; 5cm mesafeden başlayarak 100cm’ye kadar 5’er cm mesafe artırılarak yapılmış ve tüm ölçüm sonuçları toplu olarak çizelge 4.1’de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. 5-100 cm mesafede gaz ölçümleri

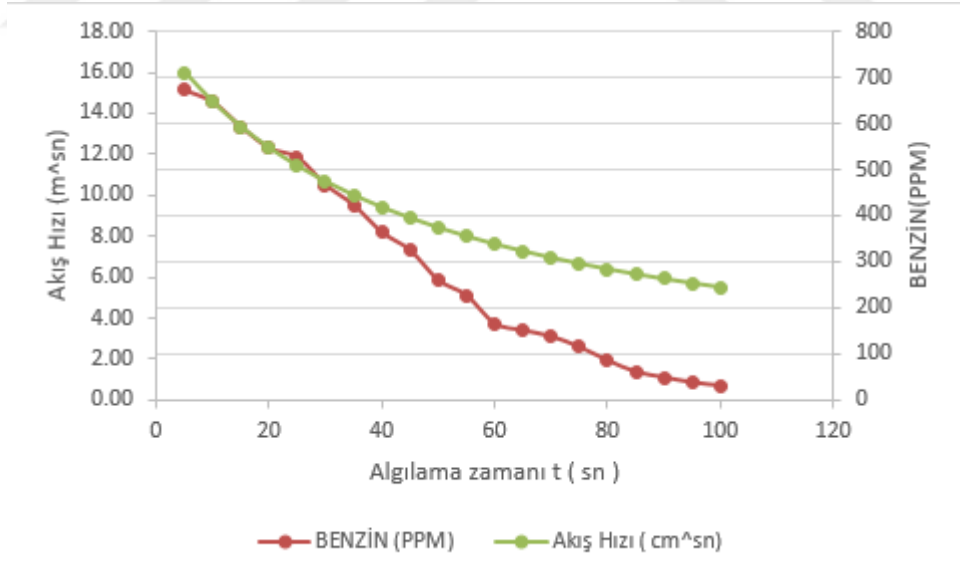
V (m <sup>3</sup> )	Sensör Mesafesi (cm)	Algılama Süresi (sn)	Gaz Akış Hızı (m <sup>2</sup> /sn) (Q = V/T)	MQ5 (LPG) (ppm)	MQ135 (Benzin) (ppm)	MQ4 (Metan) (ppm)
16	5	1	16,00	6146	673	1498
16	10	1,1	14,55	6032	647	1470
16	15	1,2	13,33	5530	593	1318
16	20	1,3	12,31	5198	547	1214
16	25	1,4	11,43	3757	527	1176
16	30	1,5	10,67	3264	467	1034
16	35	1,6	10,00	3083	423	986
16	40	1,7	9,41	2799	364	939
16	45	1,8	8,89	2325	325	882
16	50	1,9	8,42	1813	260	806
16	55	2	8,00	1690	227	759
16	60	2,1	7,62	1462	166	664
16	65	2,2	7,27	1329	151	598
16	70	2,3	6,96	893	138	541
16	75	2,4	6,67	751	115	465
16	80	2,5	6,40	684	86	275
16	85	2,6	6,15	618	61	209
16	90	2,7	5,93	267	49	190
16	95	2,8	5,71	153	38	161
16	100	2,9	5,52	106	31	95

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi, mesafe değiştikçe ölçümdeki hassasiyet düşmektedir. LPG gazının normal oda koşullarında 5cm ölçüm değeri 2251 ppm iken LPG gazı ortama uygulandığında 8397 ppm olarak ölçülmüştür ve gaz ölçüm değerinde %273’lük bir değer artışı olduğu görülmektedir. Fakat ölçüm mesafesi 100cm olduğunda ve LPG gazı ortama uygulandığında 2357 ppm değeri ölçülmüştür. 5cm ile 100 cm arasındaki ölçüm değeri %71 oranında düşmüştür. Benzin normal oda koşullarında 5cm ölçüm değeri 156 ppm iken Benzin ortama uygulandığında 829 ppm olarak ölçülmüştür ve gaz ölçüm değerinde %431’lik bir değer artışı olduğu görülmektedir. Fakat ölçüm mesafesi 100cm olduğunda ve Benzin ortama uygulandığında 187 ppm değeri ölçülmüştür. 5cm ile 100 cm arasındaki ölçüm değeri %77 oranında düşmüştür. Metan gazının normal oda koşullarında 5cm ölçüm değeri 1712 ppm iken Metan gazı ortama uygulandığında 3210 ppm olarak ölçülmüştür ve gaz ölçüm değerinde %87’lik bir değer artışı olduğu görülmektedir. Fakat ölçüm mesafesi 100cm olduğunda ve Metan gazı ortama uygulandığında 1807 ppm değeri ölçülmüştür. 5cm ile 100 cm arasındaki ölçüm değeri %43 oranında düşmüştür.

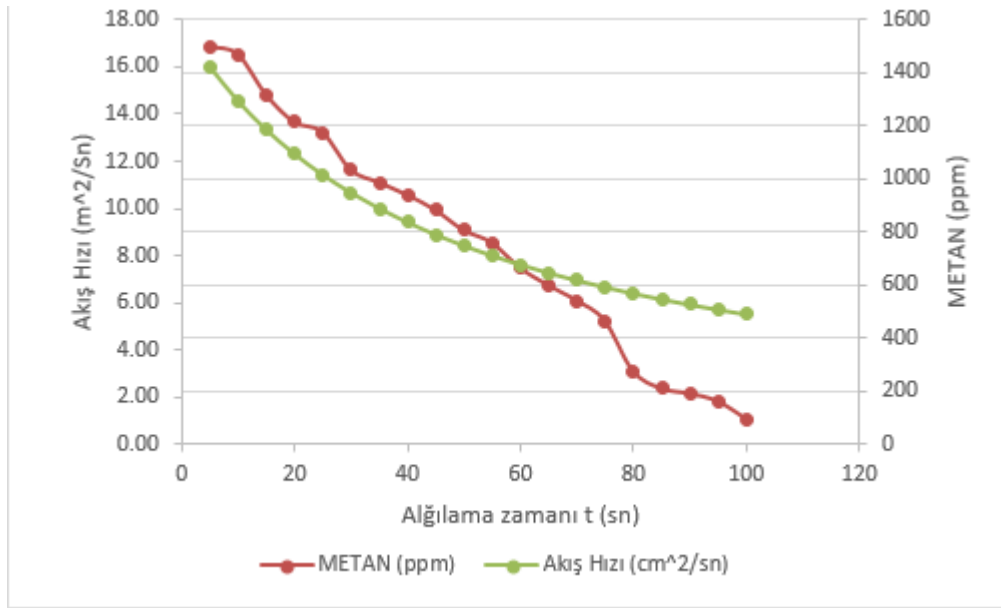
Ayrıca mesafenin artması ile sensörlerin algılama süreleri de artmaktadır. Algılama süreleri ve gaz ölçümündeki hassasiyet gazın akış hızına bağlı olarak değişmektedir. Gazların (Lpg, Metan ve Benzin) türüne göre akış hız değişimi ve gaz ölçüm değerleri Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. LPG ve akış hızı değişim grafiği



Şekil 4.2. Benzin ve akış hızı değişim grafiği



Şekil 4.3. Metan ve akış hızı değişim grafiği

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1 Sonuçlar

Gaz kullanımı artık hayatımızın bir parçası haline gelmiştir. Isınma, aydınlanma ve enerji üretimi konularındaki hayati gereksinimlerimizi karşılamamıza yardımcı olmaktadır. Gaz kullanımı sadece sanayi kollarında değil artık evlerde de büyük bir ihtiyaç haline gelmiştir. Gaz kullanımı, fosil yakıtlarına nazaran daha az hava kirliliği yaratması nedeniyle de ekolojik bir tercih olarak karşımıza çıkmaktadır ve kullanımı teşvik edilmektedir.

Hayatımızın bir gerçeği olan gazın yanlış kullanımları, gaz kaçakları veya dikkatsizliklerden doğan hatalar olumsuz birçok soruna sebebiyet verebilmektedir. Bu sorunlar kısaca mal, can kayıpları ve çevresel zararlardır.

Gaz kaçağı; gaz taşımada kullanılan materyallerden (çelik, pe boru, vana odası, tanklar, regülatör vb.), doğal felaketlerden veya kullanım esnasındaki hatalardan doğan kontrolsüz gaz çıkışı olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımda bahsi geçen gazların kaçağı göz ile görülememektedir fakat kokusu alınabilmektedir. Gaz kaçaklarına ani ve doğru müdahaleler hayati olmaktadır.

Genellikle gaz kaçakları el tipi gaz ölçüm cihazları ve sabit sensörlerle ile yapılmaktadır. Fakat her ortamda bu cihazların kullanılması söz konusu olmamaktadır.

Bu çalışmada gaz kaçaklarının tespiti için gaz ölçümü yapabilen, hareket edebilen, bir kontrol paneli ile kumanda edilebilen ve bir dahili kamera ile görüntü alınıp yönlendirilebilen bir gaz ölçüm robotu geliştirilmiştir. Geliştirilen gaz ölçüm robotu ile insanların kolaylıkla ulaşamadığı yerler kontrol edilebilir, insan sağlığına çok hızlı bir şekilde zarar verebilecek gazlı ortamların kontrolü yapılabilir ve gaz kaçakları tespiti yapılabilir. Ayrıca bu çalışmada, gaz ölçüm sensörlerinin birim mesafelerdeki ölçüm hassasiyeti üzerine çalışmalar yapılmış ve elde edilen sonuçlar üzerinde değerlendirmelerde bulunulmuştur.

### 5.2 Öneriler

Bundan sonraki çalışmalarda, gaz ölçüm robotuna olay yeri müdahalesi için bir robot kolu eklenebilir. Daha farklı gaz türleri için sensörler eklenebilir veya daha hassas sensörler kullanılabilir. Ayrıca enerji tüketiminin azaltılması için farklı yaklaşımlar üzerinde araştırma yapılabilir. Robotun boyutları küçültülebilir veya zorlu ulaşım

ortamları için farklı tasarımlar geliştirilebilir. Robotun internet vasıtasıyla akıllı telefon, tablet veya bilgisayar ile kontrolünün yapılabileceği bir sistem de geliştirilebilir.



## KAYNAKLAR

- Anderson, T., Ren, F., Pearton, S., Kang, B. S., Wang, H.-T., Chang, C.-Y. ve Lin, J., 2009, Advances in hydrogen, carbon dioxide, and hydrocarbon gas sensor technology using GaN and ZnO-based devices, *Sensors*, 9 (6), 4669-4694.
- Apeh, S., Erameh, K. ve Iruansi, U., 2014, Design and Development of Kitchen Gas Leakage Detection and Automatic Gas Shut off System, *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS)*, 5 (3), 222-228.
- Attia, H. A. ve Ali, H. Y., 2016, Electronic Design of Liquefied Petroleum Gas Leakage Monitoring, Alarm, and Protection System Based on Discrete Components, *International Journal of Applied Engineering Research*, 11 (19), 9721-9726.
- Benkherouf, A. ve Allidina, A., 1988, Leak detection and location in gas pipelines, *IEE Proceedings D-Control Theory and Applications*, 142-148.
- Billmann, L. ve Isermann, R., 1987, Leak detection methods for pipelines, *Automatica*, 23 (3), 381-385.
- Chang, Y.-C., Bai, H., Li, S.-N. ve Kuo, C.-N., 2011, Bromocresol green/mesoporous silica adsorbent for ammonia gas sensing via an optical sensing instrument, *Sensors*, 11 (4), 4060-4072.
- Chen, D., Lei, S. ve Chen, Y., 2011, A single polyaniline nanofiber field effect transistor and its gas sensing mechanisms, *Sensors*, 11 (7), 6509-6516.
- Chinvongamorn, C., Pinwattana, K., Praphairaksit, N., Imato, T. ve Chailapakul, O., 2008, Amperometric determination of sulfite by gas diffusion-sequential injection with boron-doped diamond electrode, *Sensors*, 8 (3), 1846-1857.
- Deshmukh, L., Mujawar, T., Kasbe, M., Mule, S., Akhtar, J. ve Maldar, N., 2016, A LabVIEW based remote monitoring and controlling of wireless sensor node for LPG gas leakage detection, *Electronics and Smart Devices (ISESD), International Symposium on*, 115-120.
- Dierks, S. ve Kroll, A., 2017, Quantification of methane gas leakages using remote sensing and sensor data fusion, *Sensors Applications Symposium (SAS), 2017 IEEE*, 1-6.
- Duan, Y. ve Wu, C., 2003, Chowdhury. S.; Lee, ML; Xiong, G. A point-charge force field for molecular mechanics simulations of proteins based on condensed-phase quantum mechanical calculations, *J. Comp. Chem*, 24, 1999-2012.
- Hulko, M., Hospach, I., Krasteva, N. ve Nelles, G., 2011, Cytochrome C biosensor—A model for gas sensing, *Sensors*, 11 (6), 5968-5980.
- Huyen, D. N., Tung, N. T., Thien, N. D. ve Thanh, L. H., 2011, Effect of TiO<sub>2</sub> on the gas sensing features of TiO<sub>2</sub>/PANi nanocomposites, *Sensors*, 11 (2), 1924-1931.
- Kletz, T. A., 2001, Learning from accidents, 3, *OXFOR AUCKLAND BOSTON JOHANNESBURG MELBOURNE NEW DELHI*, Gulf Professional Publishing, p. 40-42.
- Liang, W., Zhang, L., Xu, Q. ve Yan, C., 2013, Gas pipeline leakage detection based on acoustic technology, *Engineering Failure Analysis*, 31, 1-7.
- Liu, J., Wang, W., Li, S., Liu, M. ve He, S., 2011, Advances in SAW gas sensors based on the condensate-adsorption effect, *Sensors*, 11 (12), 11871-11884.
- Lu, Y., Li, J., Han, J., Ng, H.-T., Binder, C., Partridge, C. ve Meyyappan, M., 2004, Room temperature methane detection using palladium loaded single-walled carbon nanotube sensors, *Chemical Physics Letters*, 391 (4), 344-348.
- Mahalingam, A., Naayagi, R. ve Mastorakis, N., 2012, Design and implementation of an economic gas leakage detector, *Recent Researches in Applications of Electrical and Computer Engineering*, 20-24.

- Mengjie, X. ve Tao, W., 2017, Study on gas leakage localization method based on ultrasonic sensor area array, *Advanced Intelligent Mechatronics (AIM), 2017 IEEE International Conference on*, 136-141.
- Murvay, P.-S. ve Silea, I., 2012, A survey on gas leak detection and localization techniques, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 25 (6), 966-973.
- Qutub, A. ve Saritas, I., 2017, Meanwhile Anatomy of Gases with Stubborn Gas Sensors to Increase the Detection Efficiency. ICAT'17. Istanbul - TÜRKİY, International Conference on Advanced Technologies & science: 784-787.
- Shrivastava, A., Prabhaker, R., Kumar, R. ve Verma, R., 2013, GSM based gas leakage detection system, *International Journal of Emerging Trends in Electrical and Electronics (IJETEE-ISSN: 2320-9569)*, 3 (2).
- Tamaekong, N., Liewhiran, C., Wisitorsaat, A. ve Phanichphant, S., 2010, Flame-spray-made undoped zinc oxide films for gas sensing applications, *Sensors*, 10 (8), 7863-7873.
- Tang, Z. ve Shuai, W., 2011, Remote alarm monitor system based on GSM and ARM, *Procedia Engineering*, 15, 65-69.
- Vashpanov, Y., Choo, H. ve Kim, D. S., 2011, Dynamic control of adsorption sensitivity for photo-EMF-based ammonia gas sensors using a wireless network, *Sensors*, 11 (11), 10930-10939.
- Wang, Y., Tong, M. M., Zhang, D. ve Gao, Z., 2010, Improving the performance of catalytic combustion type methane gas sensors using nanostructure elements doped with rare earth cocatalysts, *Sensors*, 11 (1), 19-31.
- Web1, 2017, Arduino UNO, <https://www.farnell.com/>, <https://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf>: [31.01.2018].
- Web2, 2008, Gas Sensors, <http://www.sinerjiyangin.com>, [http://www.sinerjiyangin.com/files/gaz\\_dedektorleri.pdf](http://www.sinerjiyangin.com/files/gaz_dedektorleri.pdf): [31.01.2018].



## 6. ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : ALI MARDAN HAMEED QUTUB  
**Uyruğu** : IRAK  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : KERKUK 12.01.1990  
**Telefon** : 05312926395  
**Faks** :  
**e-mail** : [ali\\_kutub@yahoo.com](mailto:ali_kutub@yahoo.com)

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Kerkuk Erkek Lisesi	2008
Üniversite	: Al-Rafıdaen University College	2012
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi	
Doktora	:	

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
-----	-------	--------

**UZMANLIK ALANI** Bilgisayar Mühendisliği

**YABANCI DİLLER** Arabça, İngilizce

### BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

### YAYINLAR

Qutub, A.M.H. Saritaş, İ. “ Meanwhile anatomy of gases with stubborn gas sensors to increase the detection efficiency ”, International Conference on Advanced Technologies & science ( İCAT’17),9-12 may17 , İstanbul , Turkey, pp: 784-787.

