



ШИНЭ МОНГОЛ ТЕХНОЛОГИЙН КОЛЛЕЖ  
КОМПЬЮТЕРЫН УХААНЫ ИНЖЕНЕРИЙН ТЭНХИМ

Оюутны код: s21c033b

Оюутны овог нэр: Мөнхсүлд МӨНХДОРЖ

**МАШИН СУРГАЛТЫН АРГААР ХӨРӨНГИЙН ЗАХ ЗЭЭЛИЙН ЧИГ ХАНДЛАГЫГ  
ТААМАГЛАХ ХУДАЛДААНЫ БОТ  
/ТӨГСӨЛТИЙН СУДАЛГААНЫ АЖИЛ/**

Удирдагч багш

Гүйцэтгэсэн оюутан

Н.СОРОНЗОНБОЛД

М.МӨНХДОРЖ

Улаанбаатар хот

2026 он

ШИНЭ МОНГОЛ ТЕХНОЛОГИЙН КОЛЛЕЖ  
КОМПЬЮТЕРЫН УХААНЫ ИНЖЕНЕРИЙН ТЭНХИМ

Төгсөлтийн судалгааны ажил (071309)

МАШИН СУРГАЛТЫН АРГААР ХӨРӨНГИЙН ЗАХ ЗЭЭЛИЙН ЧИГ ХАНДЛАГЫГ ТААМАГЛАХ  
ХУДАЛДААНЫ БОТ

Гүйцэтгэгч: М.МОНХДОРЖ

Удирдагч: Н.СОРОНЗОНБОЛД

Улаанбаатар хот

2026 он

---

**AI** Artificial Intelligence

**ROI** Region of Interest

**HOG** Histogram of Oriented Gradients

**SVM** Support Vector Machine

**LBP** Local Binary Patterns

**CNN** Convolutional Neural Network

**SIFT** Scale Invariant Feature Transform

**OpenCV** Open Source Computer Vision

**FFT** Fast Fourier Transform

## Ажлын төлөвлөгөө

Д/д	Гүйцэтгэх ажлын нэр	Эхлэх хугацаа	Дуусах хугацаа	Тайлбар	Явц
1	Сэдэв сонголт	2023.09.01	2023.10.01	Сэдэв, удирдагч багш, сэдвийн нэр, даалгаварийг тодорхойлох.	
2	Онолын судалгаа хийх	2023.10.01	2023.10.07	Бүлэг №1	
	Ижил төсөөтэй судалгаа, системүүдийг судлах	2023.10.10	2023.10.28		
3	Дүрс боловсруулалтыг аргыг судлах, хэрэгжүүлэх	2023.10.28	2023.11.04	Төгсөлтийн судалгааны ажлын үзлэг №1	
	Өгөгдөл цуглуулах	2023.11.04	2023.12.06		
4	Төгсөлтийн судалгааны ажлын үзлэг №1	2023.12.13		Бүлэг №2	
5	Загвар систем хөгжүүлэлт, судалгаа хийх	2023.12.14	2023.12.21		
	Туршилт хийхэд бэлдэх	2023.12.22	2024.01.10		
	Туршилт хийх	2024.01.11	2024.02.10		
6	Төгсөлтийн судалгааны ажлын үзлэг №2	2024.02.14		Төгсөлтийн судалгааны ажлын үзлэг №2	
7	Төхөөрөмжийн судалгаа, хөгжүүлэлт	2024.02.15	2024.03.01	Бүлэг №3	
8	Төхөөрөмж угсралт, хийх	2024.03.01	2024.03.11		
9	Төгсөлтийн судалгааны ажлын үзлэг №3	2024.03.12		Төгсөлтийн судалгааны ажлын үзлэг №3	
10	Үр дүн гаралтын системийг хөгжүүлэх	2024.03.13	2024.04.01	Бүлэг №4	
		2024.04.01	2024.04.10		
11	Төгсөлтийн судалгааны ажлын урьдчилсан хамгаалалт	2024.04.13		Төгсөлтийн судалгааны ажлын урьдчилсан хамгаалалт	
12	Нэмэлт сайжруулалт	2024.04.14	2024.04.30	Системийн нэмэлт сайжруулалт, хөгжүүлэлт хийх.	
		2024.04.30	2024.05.10	Судалгааны ажлын бичвэрийг сайжруулах.	
13	Төгсөлтийн судалгааны ажлын жинхэнэ хамгаалалт	2024.05.13		Төгсөлтийн судалгааны ажлын жинхэнэ хамгаалалт	

Удирдагч багш:

Гүйцэтгэсэн оюутан:

/Н.СОРОНЗОНБОЛД/

/s21c033b, М.МӨНХДОРЖ/

# IoT-д суурилсан угаарын хийн мэдрэгч ухаалаг төхөөрөмжийн туршилт

Оюутан: КҮ-4 М.Мөнхдорж

Удирдач багш: КҮТ Б.Батчулуун

**Төслийн хураангуй:** Угаарын хий (CO) нь өнгөгүй, үнэргүй, хүний эрүүл мэндэд ноцтой аюул учруулдаг. Монгол Улсад, ялангуяа Улаанбаатар хотод өвлийн улиралд угаарын хийн хордлогоос үүдэлтэй осол, нас баралтын тоо нэмэгдэж байна. Энэхүү судалгааны зорилго нь IoT-д суурилсан ухаалаг угаарын хийн мэдрэгч төхөөрөмж хөгжүүлж, хэрэглэгчдэд бодит хугацаанд анхааруулга өгөх, алсаас хянах боломжтой систем бүтээхэд оршино. MQ-7 мэдрэгч болон ESP32-WROOM-32 микроконтроллерыг ашиглан угаарын хийн агууламжийг хэмжиж, MQTT протоколоор өгөгдлийг сервер рүү дамжуулан React-д суурилсан веб апликациинээр хэрэглэгчдэд харуулсан.

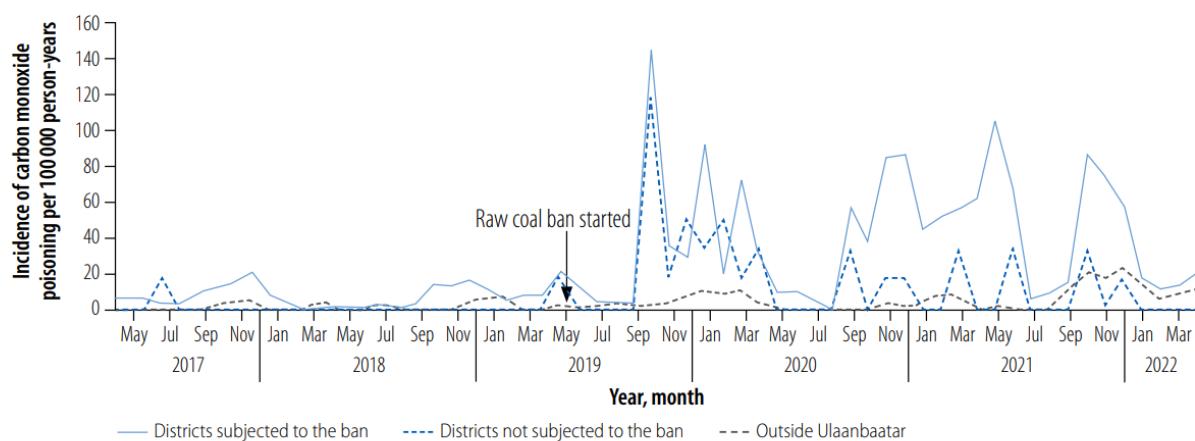
## I. Удиртгал

### 1.1 Үндэслэл

Улаанбаатар хотын 1.7 сая хүн амын 60 гаруй хувь нь өвлийн улиралд түлш түлж амьдардаг [1][2]. Энэ нь угаарын хий (CO)-ийн хордлогын гол эх үүсвэр болдог. Угаарын хий нь хүчилтөрөгчийн дутагдалтай орчинд түлшиний шаталтын явцад үүсдэг бөгөөд агааржуулалт муутай орчинд хуримтлагдан хүний амь нас, эрүүл мэндэд аюул

учруулдаг [3][4]. Дэлхийн Эрүүл Мэндийн Байгууллагын тайланд тусгагдсанаар, 2019–2022 онд Монгол Улсад 1633 хүн угаарын хийн хордлогонд орж, 91 хүн нас баржээ (Зураг 1) [5].

Одоогийн угаарын хийн мэдрэгчүүд нь ихэвчлэн энгийн дохиололтой бөгөөд алсаас хянах, бодит хугацааны өгөгдөл дамжуулах боломж хязгаарлагдмал байдаг. Иймд IoT-д суурилсан, хямд өртөгтэй, алсаас хянах боломжтой ухаалаг мэдрэгч хөгжүүлэх шаардлага бий.



Notes: The data show the monthly incidence per 100 000 person-years of people with fatal and non-fatal carbon monoxide poisoning in the six districts of Ulaanbaatar where domestic use of raw coal was banned in May 2019 and replaced with refined coal briquettes, the three districts of Ulaanbaatar not subjected to the ban, and areas outside Ulaanbaatar.

**Зураг 1 Нүүрстөрөгчийн дуттуу ислийн хордлогын тохиолдол (2017 оны 5-р сараас 2022 оны 4-р сар)**

### 1.2 Зорилго, зорилт

Энэхүү судалгааны гол зорилго нь IoT-д суурилсан ухаалаг угаарын хийн мэдрэгч системийг хөгжүүлж, хэ-

рэглэгчдэд бодит хугацаанд анхааруулга өгөх, алсаас хянах боломжтой шийдлийг бий болгох юм. Судалгааны зорилтууд:

- MQ-7 мэдрэгч болон ESP32-WROOM-32 ашиглан угаарын хийн хэмжилтийг бодит хугацаанд хийх;
- CO-ийн агууламж аюултай түвшинд (50 ppm-ээс дээш) хүрвэл дуут болон гэрлэн дохиолол өгөх;
- MQTT протоколыг ашиглан хэмжилтийн өгөгдлийг серверт дамжуулах;
- React-д суурилсан веб аппликаційнээр хэрэглэгч-дэд хэмжилтийн мэдээллийг харах боломж олгох.

## II. Онолын хэсэг

### 2.2 Ашигласан төхөөрөмжүүд ба тэдгээрийн үүрэг

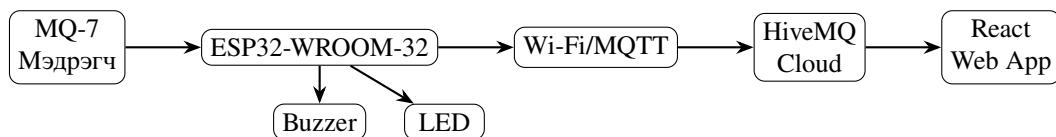
- **MQ-7 мэдрэгч** – Угаарын хийг илрүүлэх аналог мэдрэгч [6].
- **ESP32-WROOM-32** – Wi-Fi болон Bluetooth холбогчийн микроконтроллер [8].
- **LED гэрэл ба Buzzer** – CO-ийн түвшин өндөр болсон үед дохиолол өгөх.
- **Wi-Fi сүлжээ** – Өгөгдлийг алсын сервер рүү дамжуулах.

### 2.2 Системийн хөгжүүлэлт

Энэхүү систем нь дөрвөн гол бүрэлдэхүүн хэсгээс тогтоно:

- Угаарын хийн хэмжилт:** MQ-7 мэдрэгч ашиглан угаарын хийн хэмжээг тодорхойлно.
- Дохиолол:** Угаарын хийн хэмжээ тогтоосон хязгаараас хэтэрвэл LED гэрэл болон Buzzer ашиглан хэрэглэгчийг сэрэмжлүүлнэ.
- Өгөгдөл дамжуулалт:** ESP32 микроконтроллер Wi-Fi сүлжээгээр дамжуулан HiveMQ Cloud рүү MQTT протокол ашиглан мэдээлэл илгээнэ.
- Хэрэглэгчийн интерфэйс:** React веб аппликаційнээр хэрэглэгчид бодит хугацаанд мэдээлэл харах боломжтой.

Системийн архитектур (Зураг 2) нь MQ-7 мэдрэгч, ESP32-WROOM-32, Wi-Fi/MQTT холболт, HiveMQ Cloud сервер, React веб аппликаційнээс бүрдэнэ. MQ-7 мэдрэгч нь угаарын хийг илрүүлж аналог дохио үүсгэдэг бөгөөд ESP32 энэ дохиог уншин, дижитал хэлбэрт хөрвүүлж сервер рүү дамжуулна [6].



Зураг 2 Системийн архитектурын блок диаграм

### Мэдрэгчийн ажиллагаа

MQ-7 мэдрэгч нь угаарын хийн агууламжийг аналог дохиогоор (0–3.3 В) гаргадаг бөгөөд ESP32-ийн ADC оролтоор уншигдана [6]. Мэдрэгчийн халаагч нь 5 В тэжээлээр ажилладаг бөгөөд CO-ийн хэмжээ нэмэгдэхэд мэдрэгчийн эсэргүүцэл (Rs) буурч, гаралтын хүчдэл өсдөг.

Угаарын хийн концентрацийг тооцоолоходоо дараах алхмуудыг гүйцэтгэнэ:

- Аналог хүчдэлийн хэмжилт:** MQ-7 мэдрэгчийн гаралтын хүчдэлийг ESP32-ийн 12-битийн ADC (0–4095) ашиглан хэмжинэ. Хүчдэлийг дараах томъёогоор тооцоолно:

$$V_{\text{sensor}} = \frac{\text{ADC утга} \times 3.3}{4095}$$

2. **Мэдрэгчийн эсэргүүцэл (Rs) тооцоолох:** Мэдрэгч нь 10 кОм-ын ачааллын резистортой (RL) хамт хүчдэлийн хуваагч үүсгэдэг. Rs-ийг дараах томъёогоор тооцоолно:

$$R_s = \frac{(3.3 - V_{\text{sensor}})}{V_{\text{sensor}}} \times R_L$$

3. **Rs/R0 харьцаа:** R0 нь цэвэр агаарт (CO байхгүй үед) мэдрэгчийн эсэргүүцэл бөгөөд туршилтын өмнө калибровк хийж тодорхойлно. Rs/R0 харьцааг тооцоолно:

$$\text{Харьцаа} = \frac{R_s}{R_0}$$

4. **CO-ийн концентраци (ppm):** Мэдрэгчийн мэдрэмжийн муруйгаас авсан хүчдэлийн хамаарлын дагуу CO-ийн концентрацийг дараах томъёогоор тооцоолно[6]:

$$\text{ppm} = 1538.46 \times \left( \frac{R_s}{R_0} \right)^{-1.709}$$

Мөн R0-ийн калибровкийг хийхдээ мэдрэгчийг цэвэр агаарт 48 цагийн турш халааж, Rs-ийн утгыг хэмжин, R0-г дараах томъёогоор тооцно:

$$R_0 = \frac{R_{s,\text{air}}}{4.5}$$

энд Rs,air нь цэвэр агаарт хэмжигдсэн эсэргүүцэл, 4.5 нь мэдрэгчийн мэдрэмжийн муруй дээрх Rs/R0 харьцаа юм[6].

Эндээс тооцоолсон ppm утга нь угаарын хийн концентрацийг илэрхийлж, 50 ppm-ээс дээш бол дохиолол өгнө.

#### Өгөгдөл дамжуулах процесс

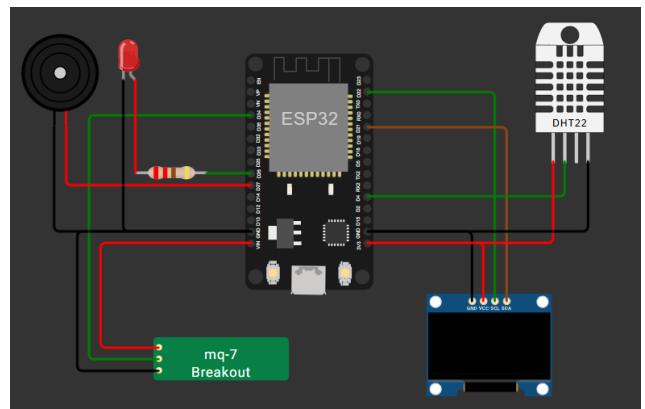
ESP32 нь Wi-Fi модулийн тусламжтайгаар HiveMQ Cloud MQTT брокерт холбогдож, мэдрэгчийн утгыг sensor/data topic рүү илгээнэ [7]. MQTT протокол нь

хурдан, найдвартай бөгөөд 5 секунд тутамд өгөгдлийг шинэчилдэг.

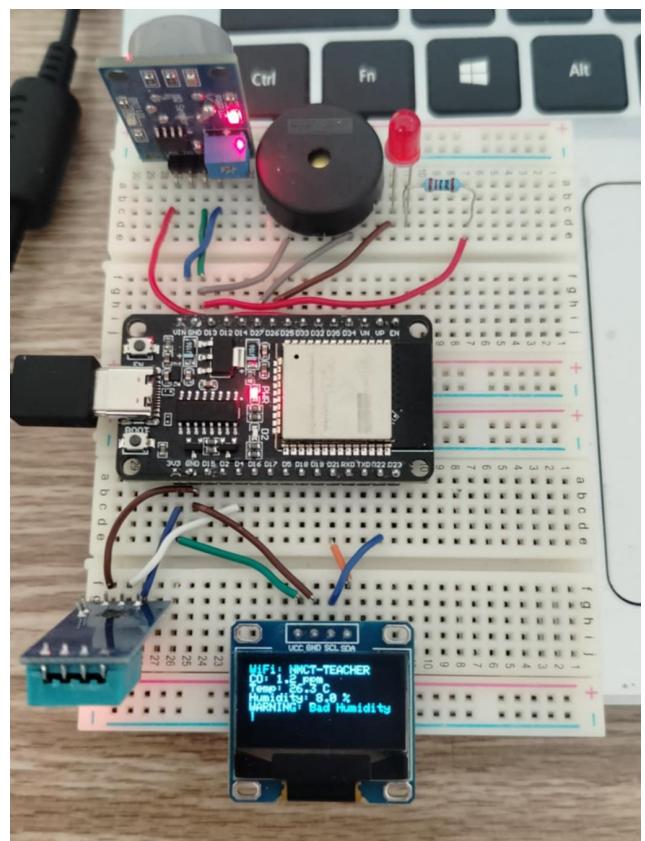
### III. Туршилтын хэсэг

#### 3.1 Арга зүй

Туршилтыг гэртээ энгийн орчинд явуулсан (Зураг 3) (Зураг 4).



Зураг 3 Хэлхээний ерөнхий загвар



Зураг 4 Хэлхээ (Үгсарсан байдал)

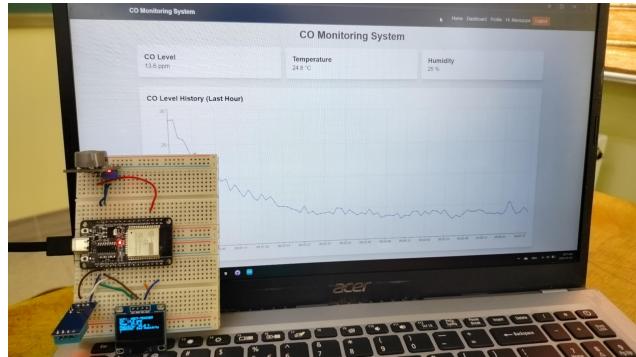
Угаарын хийн эх үүсвэр болгон жижиг шатах материал ашиглав. Туршилтын алхмууд:

- Вэб сайтан дээр өгөгдөл ирж буйг шалгах
- MQ-7 мэдрэгчийг ESP32-д холбож, хэсэг хугацаанд тогтвортжуулан халаав.
- Шатах материал асааж, угаарын хийн хэмжээ ихэсэн үед дохиолол хэрхэн ажиллаж байгааг шалгав.

### 3.2 Туршилт

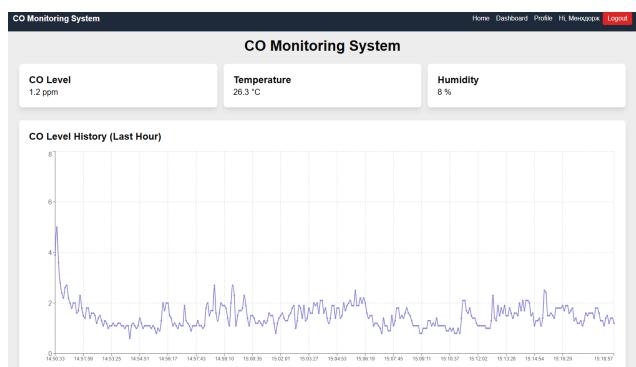
Туршилтыг дээр дурдсан алхмуудын дагуу явуулсан.

**Алхам 1:** Вэб болон төхөөрөмжийн уялдааг шалгав (Зураг 5).



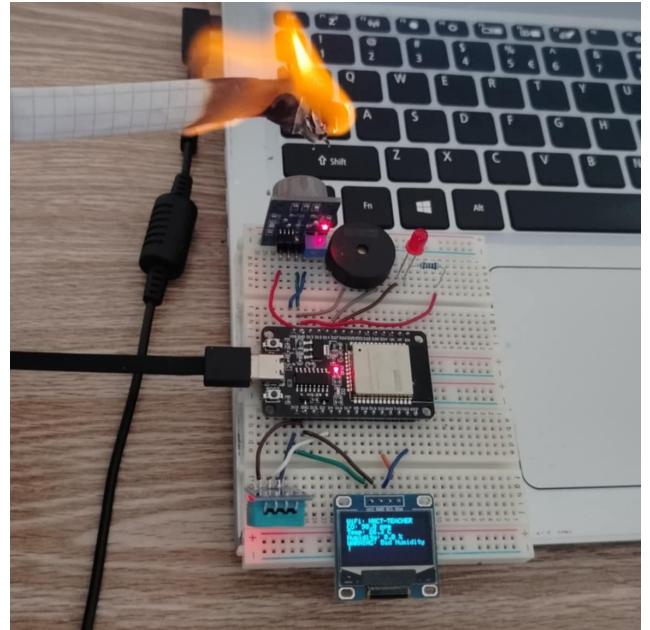
Зураг 5 Хэлхээ болон вэб сайт

**Алхам 2:** Мэдрэгчийг 20 минутын турш ажиллуулж, ажиллагааг тогтвортжуулав (Зураг 6) (Зураг 7).



Зураг 6 Мэдрэгчийг тогвортжуулж буй үеийн график

**Алхам 3:** Мэдрэгчний дэргэд цаас шатааж, угаарын хий ялгаруулж анхааруулга өгч буй эсэхийг шалгасан (Зураг 7).



Зураг 7 Цаас шатаан туришиж буй нь

### 3.3 Үр дүн

Туршилтын явцад MQ-7 мэдрэгч угаарын хийг илрүүлж, систем дохиолол өгсөн. Мөн өгөгдлийг сервер рүү зөв дамжуулж, веб аппликацийн дээр харагдаж байв.

## IV. Дүгнэлт, цаашдын хийх ажил

### 4.1 Дүгнэлт

Энэхүү судалгаагаар IoT-д сууринсан угаарын хийн мэдрэгч төхөөрөмжийг амжилттай хөгжүүлж, гэр ахуйн орчинд хордлогоос сэргийлэх боломжтойг харууллаа.

### 4.2 Цаашдын хийх ажил

- Мэдрэгчийн халаалтын хугацааг багасгах
- Эрчим хүчний хэрэглээг бууруулах
- Нэмэлт үйлдлүүдээр сайжруулан хөгжүүлэх

## **Эх сурвалж**

1. Нийслэлийн Статистикийн Хороо, ХҮН АМЫН ТОО, бүс, аймаг/нийслэл, хот/хөдөөгөөр, 2025.  
[https://www2.1212.mn/tables.aspx?TBL\\_ID=DT\\_NSO\\_0300\\_004V1](https://www2.1212.mn/tables.aspx?TBL_ID=DT_NSO_0300_004V1)
2. Ulaanbaatar, Mongolia Metro Area Population 1950-2025, 2025.  
<https://www.macrotrends.net/global-metrics/cities/21882/ulaanbaatar/population>
3. Global, regional, and national mortality due to unintentional carbon monoxide poisoning, 2000–2021, 2023.  
[https://www.thelancet.com/journals/lanpub/article/PIIS2468-2667\(23\)00185-8/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lanpub/article/PIIS2468-2667(23)00185-8/fulltext)
4. Mary E. Hanley, Pujan H. Patel, Carbon Monoxide Toxicity, 2023.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430740/>
5. World Health Organization, Carbon Monoxide Poisoning Statistics, 2023.  
<https://doi.org/10.2471/BLT.22.289232>
6. MQ-7 Carbon Monoxide Sensor Datasheet, Hanwei Electronics, 2020.  
<https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7.pdf>
7. MQTT Protocol Documentation, 2023.  
<https://mqtt.org>
8. ESP32 Documentation, Espressif Systems, 2023.  
<https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/>