

INF340 Mikroislemciler

Proje Raporu

Toplu Taşıma Araçlarında Kaliteli Hava Sağlama
ve Bildiri Sistemi



Bilgisayar Mühendisliği
Galatasaray Üniversitesi
02.06.2022

Dilara Elif Narin

Taner Hacıoğlu

İçindekiler

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Proje Amacı | 2 |
| 2 | Proje Çalışma Prensibi | 2 |
| 2.1 | Proje Genel Akışı | 2 |
| 2.2 | İnen Yolcuların Hesaplanması | 3 |
| 2.3 | Bulaşı Riskinin Hesaplanması | 3 |
| 2.4 | Havalandırma Seviyesinin Hesaplanması | 5 |
| 3 | Kullanılan Malzemeler & Teknolojiler | 6 |
| 4 | Projenin Teknik Tasarımı | 7 |
| 5 | Sorunlar | 8 |
| 5.1 | Karşılaşılan Sorunlar | 8 |
| 5.2 | Olası Sorunlar | 10 |
| 6 | Yapılabilecek Geliştirmeler | 10 |
| 7 | Çalışma Takvimi | 11 |

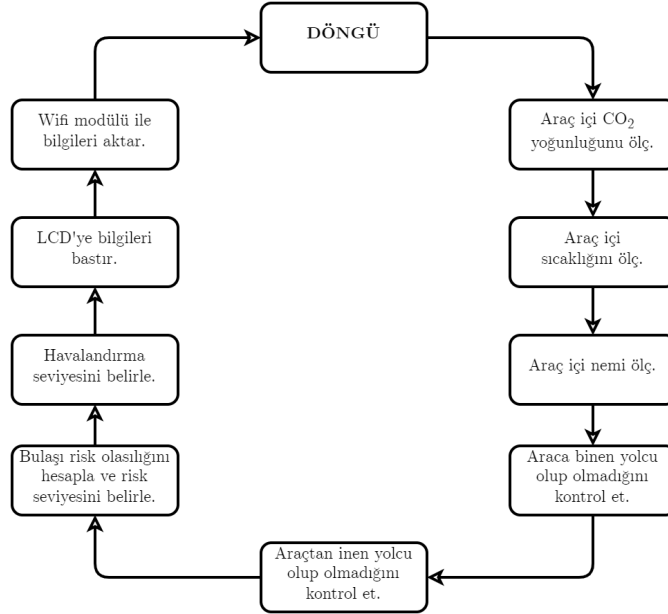
1 Proje Amacı

Toplu taşıma araçları gibi havalandırmanın yeterli bir seviyeye ulaşamadığı kapalı ve kalabalık alanlarda COVID-19 bulaş riskinin görece yüksek olduğu kanıtlanmıştır. Bu proje, araç içerisine yerleştirilmiş olan sensörler sayesinde havanın nem ve kalitesinin ölçülmesini ve gerektiğinde havalandırmayı artırarak bu değerin istenilen bir eşik değerinin üzerinde tutulmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Aynı zamanda araçtaki yolcu sayısını hesaplayarak, ölçümünün yapıldığı CO₂ değeri ile birlikte anlık COVID-19 bulaş riskini hesaplar. Bu risk seviyesi ve ölçülen diğer değerler toplu taşıma aracı içerisinde ekran aracılığı ile şoföre bildirildiği gibi, kablosuz olarak internet aracılığı ile toplu taşıma araçlarını kullanan yolculara aktarılır.

2 Proje Çalışma Prensibi

2.1 Proje Genel Akışı

Projenin genel akış şeması Şekil 1’de görüldüğü gibidir. Öncelikle sensörlerden gerekli olan CO₂ yoğunluğu, sıcaklık ve nem ölçümleri yapılır. Bu ölçümlerin ardından yolcu sayısının hesaplanması adına birtakım işlemler yapılmaktadır.



Şekil 1: Genel döngü akış şeması

Öncelikle, araca binen bir yolcu olup olmadığı kontrol edilir. Kart okuyucuya yaklaştırılmış bir kart yolcu sayısının 1 artmasına neden olur. Araçtan inen yolcu olup olmadığının kontrol edildiği aşamanın çalışma prensibi 2.2’de detaylı olarak açıklanmıştır.

Yolcu sayısının belirlenmesinin ardından, bulaş riskinin hesaplanması için gerekli olan tüm bilgiler (CO₂ yoğunluğu ve anlık yolcu sayısı) elde edilmiş olur. Dolayısıyla, bulaş riskinin hesaplanmasıyla devam edilir. Bu aşama 2.3’de detaylı olarak açıklanmıştır.

Risk seviyesinin belirlenmesinin ardından, sıra havalandırma seviyesinin belirlenmesine gelir. Bu aşama da 2.4’de açıklanmıştır.

Ölçümlerin yapılması, yolcu sayısının belirlenmesi, risk ve havalandırma seviyelerinin hesaplanması ardından tüm bu bilgiler öncelikle araçta bulunacak olan LCD ekrana bastırılır, sonrasında ise WiFi modülü ile kablosuz olarak aktarılır.

Projenin demo videosuna [buradan](#) ulaşabilirsiniz.

2.2 İnen Yolcuların Hesaplanması

Toplu taşıma araçları içerisine yerleştirilen sensörler ile hava kalitesi, nem ve sıcaklık girdileri kullanılmıştır. Toplu taşıma araçlarına binen yolcu sayısını ölçmek için araçlarda bulunan kart okutma cihazlarındaki veriler ele alınmıştır. İnen yolcuyu hesaplamak adına ise, araçlardaki her kapıya iki adet hareket sensörü yerleştirilmiştir. İki adet hareket sensörünün kullanılma sebebi, kapıdan geçen yolcuların yönünü algılayarak o yolcunun araçtan indiğini belirlemektir. İnen yolcu hesaplamasının akış diyagramı Şekil 2’de bulunmaktadır.

İnen yolcu hesaplaması için kullanılan algoritma mantığında ilk olarak iniş yönündeki ilk hareket sensörünün tetiklenip tetiklenmediği kontrol edilir. Eğer birinci sensör bir hareket algıladı ise bu bilgi kaydedilir ve ikinci sensördeki tetiklenmeye bakılır. İkinci sensörde hareket algılandı ise bu bilgi de kaydedilir. Ardından bu kaydedilen bilgilere göre son iki tetiklenmenin sırasıyla birinci ve ikinci sensörlerden gelip gelmediği kontrol edilir. Sırayla geldiyse, yolcu sayısı bir azaltılır. Böylelikle ters yöndeki bir hareketi sensörlerin algılaması ve araçtan inen yolcu olmamasına rağmen yanlışlıkla yolcu sayısının azaltılması engellenir.

2.3 Bulaşı Riskinin Hesaplanması

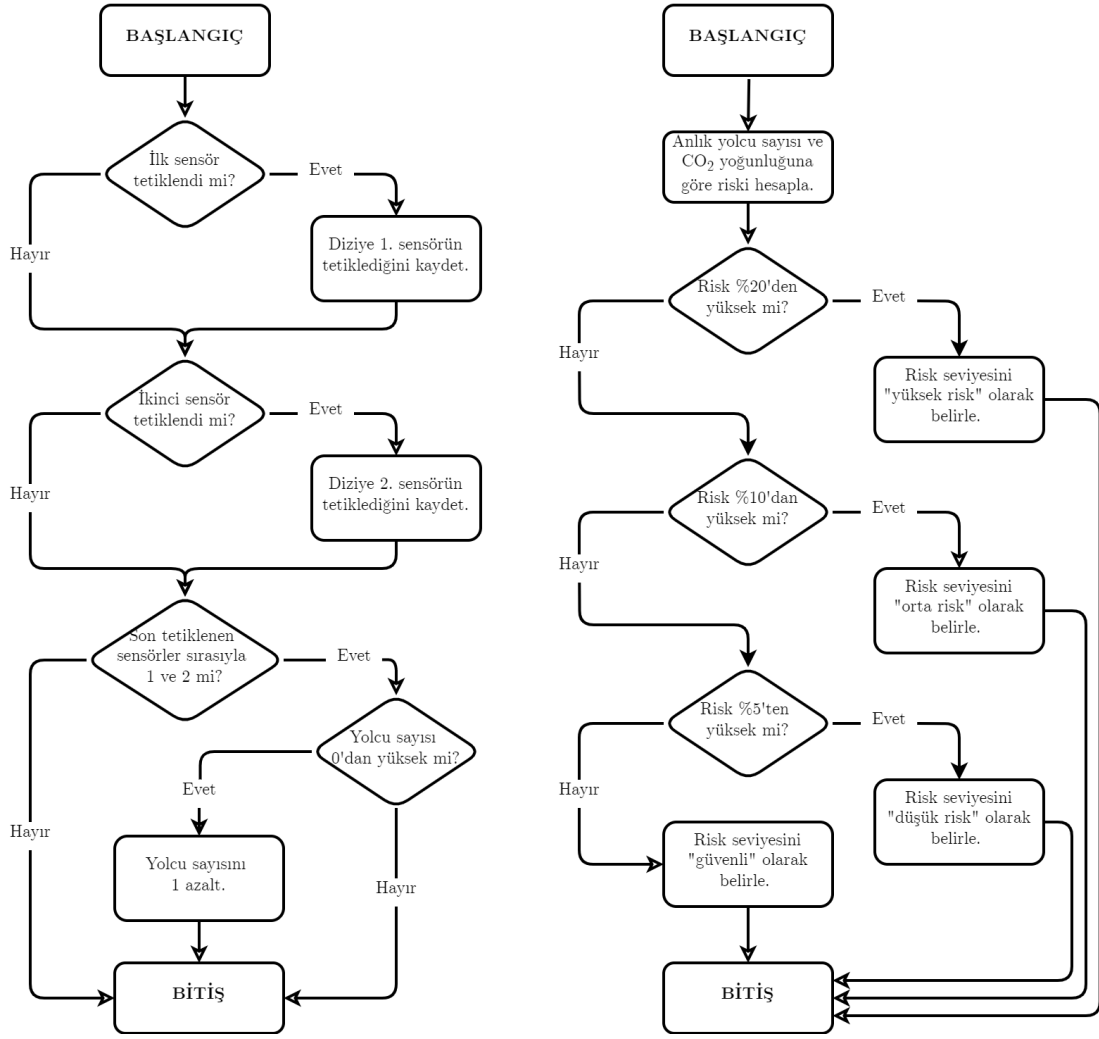
COVID-19 bulaşı riskinin hesaplanması için Wells-Riley Modeli^{[1][2]} kullanılmaktadır. Bu model, hava yoluyla bulaşan tüberküloz ve kızamık gibi hastalıklara yakalanma riskini hesaplamak için geliştirilmiş bir model olmakla birlikte günümüzde COVID-19 da dahil olmak üzere hava yoluyla bulaşan birçok hastalık için de kullanılmaktadır.

Modelin bulaşı riskini hesaplamak için kullandığı formül aşağıdaki gibidir:

$$P = 1 - e^{-\frac{Iqpt}{Q}}$$

Formülün içermekte olduğu değişkenlerin tanımları ve proje kapsamında temsil ettikleri aşağıda verilmiştir.

- P = enfeksiyon olasılığı, (hesaplanması amaçlanan COVID-19 bulaşı riski)
- I = bulaşıcı birey sayısı (toplu taşıma aracında bulunan tahmini bulaşıcı yolcu sayısı),
- p = bir kişinin pulmoner ventilasyon hızı (m^3/h) (ortalama bir insan değeri kabul alınır, $0.48 m^3/h$ ^[3]),
- q = bulaşıcı kuantanın üretim hızı (h^{-1}) (COVID-19 için bu değer 14 ila 48 saat⁻¹ arasında değişmektedir^[4]),
- t = maruz kalma süresi (saat), (Bu değer anlık olarak ölçüleceği gibi ortalama bir sabit değer olarak da alınabilir. Örneğin, İstanbul için: 68dk ^[5])
- Q = havalandırma oranı (m^3/h). (ortama birim zamanda girip çıkan temiz hava miktarı)



Şekil 2: İnen yolcu ve bulaşı riski hesaplama akış şemaları

Bulaşı riskinin bulunması için gerekli olan değişkenlerden p, q ve t sabit kabul edilecektir.

I bulaşıcı birey sayısı ise aşağıda verilen şekilde hesaplanılacaktır. Bu sayının hesaplanmasında ölçülen yolcu sayısı kullanılmaktadır. Diğer iki değişken sabit kabul edilecektir.

$$I = \text{Yolcu sayısı} \times \frac{\text{Aktif vaka sayısı}}{\text{Nüfus}}$$

Q havalandırma oranının hesaplanması için ise ölçülen CO_2 ppm değeri kullanılmaktadır. Q havalandırma oranının formülü^{[6][7]} aşağıdaki gibidir:

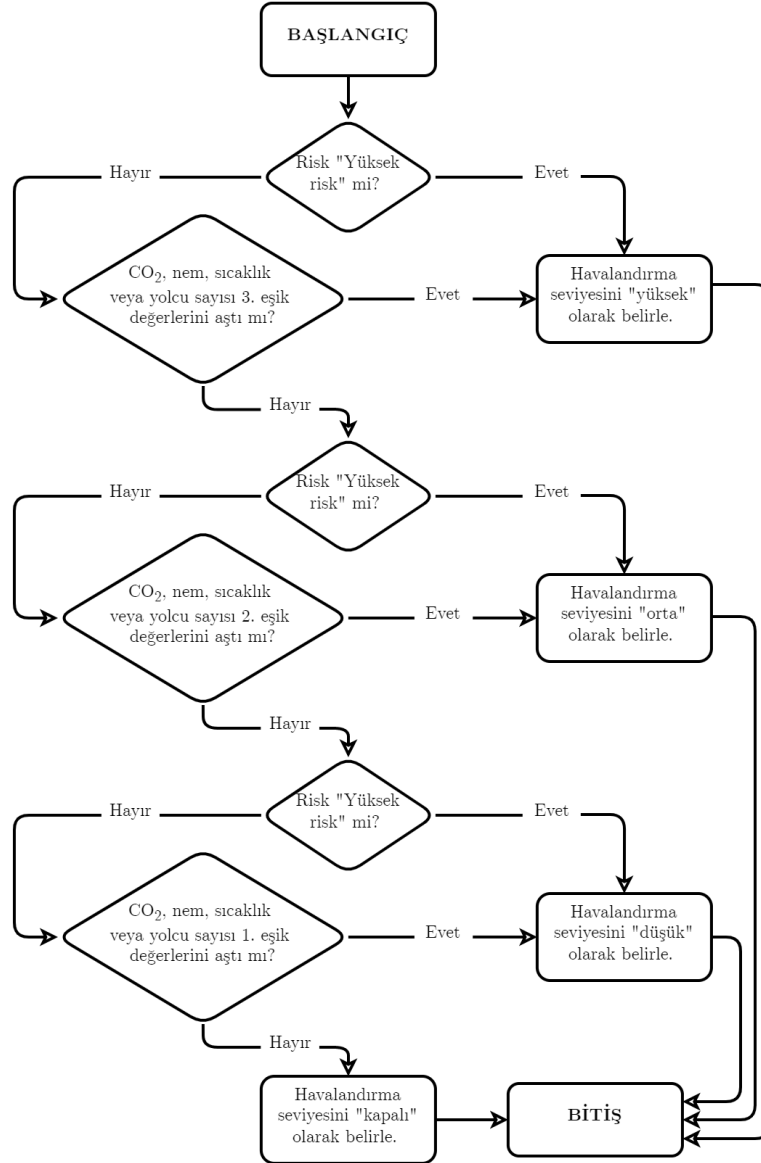
$$Q = \frac{G}{C_{in} - C_{out}}$$

- G = Kişi başı CO_2 üretim oranı (Yetişkin bir birey için ortalama 0.005 L/s)
- C_{in} = İç mekan CO_2 yoğunluğu (Hava kalitesi sensörüyle ölçülen değer)

- C_{out} = Dış mekan CO₂ yoğunluğu (Ortalama CO₂ yoğunluğu, 412 ppm^[8])

Böylelikle, riski hesaplamak için geriye ölçülmekte olan yolcu sayısı ve araç içi CO₂ yoğunluğu kalmaktadır.

Bu formülden hesaplanan değer Şekil 2’de gözüktüğü %20’den yüksek ise risk seviyesi "Yüksek Risk", %20 ile %10’ arasında ise "Orta Risk" ve %10 ile %5 arasında ise "Düşük Risk" olarak belirlenir. Eğer hesaplanan enfeksiyon olasılığı %5’den düşükse risk seviyesi "Güvenli" olarak belirlenir.



Şekil 3: Havalandırma seviyesi hesaplama akış şeması

2.4 Havalandırma Seviyesinin Hesaplanması

Şekil 3’de görüldüğü gibi, 2.3 kısımindaki formüle göre hesaplanan riskin aralığının Yüksek Risk olarak belirlenen eşikte olup olmadığı kontrol edilir. Eğer risk Yüksek Risk olarak

gözükmüyorsa havalandırma seviyesi maksimuma getirilir. Eğer risk Yüksek Risk olarak gözükmüyorsa, CO₂, nem, sıcaklık ve yolcu sayısı değerleri 3. eşik değeri ile kıyaslanır. Eğer bu değişkenlerin değeri 3. eşik değerinden yüksek olursa havalandırma seviyesi yine maksimuma getirilir. Hesaplanan risk değeri Orta Risk aralığına denk geliyorsa havalandırma seviyesi orta olarak belirlenir. Orta Risk aralığında değilse ilk olarak tekrar değişkenlerin değerlerine bakılır ve bu sefer 2. Eşik değeri ile kıyaslanır. Eğer bu eşik değerinden fazla ise havalandırma seviyesi orta seviyesine getirilir. Bu kıyaslama Düşük Risk için de yapılır ve havalandırma uygun seviyeye getirilir.

3 Kullanılan Malzemeler & Teknolojiler

Projede kullanılan malzeme ile teknolojiler ve bunların işlevleri aşağıdaki gibidir.

- **Ultrasonik Mesafe Sensörü (HC-SR04) (2 Adet)**

Her bir kapıya iki adet yerleştirilecek olan mesafe sensörleri toplu taşıma aracından inen yolcu sayısını sayabilmek için kullanılacaktır. Binen yolcuların sayısı okutulan kartların sayısından hesaplanacağından, bu sensör sadece inen yolcuların sayısını hesaplamaktadır. Binen yolcuların sensörde istenmeyen tetiklemelere neden olmaması için, 2 adet sensör kullanılarak, hareket yönünün de hesaba katılması sağlanacaktır.

- **Hava Kalitesi Sensörü (MQ-135) (1 Adet)**

Toplu taşıma aracının içerisindeki havanın anlık kalitesini ölçen bu sensör, havadaki CO₂ ppm oranını belirlemek için kullanılmıştır. Bu sensörün gerçek değerleri yansıtabilecek kadar doğru ölçüm yapamadığı bilinmektedir. Bu sensörden okunan değer bulaşı riskinin hesaplanmasında ve anlık olarak aracın ventilasyonunun değiştirilmesinde kullanılmıştır.

- **Sıcaklık ve Nem Sensörü (DHT-11) (1 Adet)**

Toplu taşıma aracının içerisindeki ortamın sıcaklık ve nem miktarını ölçen bu sensör, CO₂ oranına ek olarak ikincil önemdeki değerlere ulaşılmasını sağlayacaktır. Bu değerler CO₂ oranı kadar doğrudan etkili olmamalarına rağmen, ideal değerler arasında tutulduğunun gözlemlenilmesi ve yolcuların bilgilendirilmesi amacıyla kullanılacaktır. İdeal değerler arasında olmadığı durumda da havalandırma seviyesini etkiler.

- **ESP8266 Wifi kartı (1 Adet)**

Hesaplanan anlık bulaşı riski, CO₂ oranı, yolcu sayısı, nem ve sıcaklığın toplu taşıma aracı dışarısındaki yolculara bilgilendirme amacıyla aktarılması için kullanılmıştır. Ek olarak risk ve havalandırma seviyeleri de yolcuların erişebileceği arayüzde bulundurulmuştur.

- **2x16 LCD Ekran (1 Adet)**

Hesaplanan anlık bulaşı riski, CO₂ oranı, yolcu sayısı, nem ve sıcaklığın toplu taşıma aracı içerisindeki yolculara ve şoföre aktarılması için kullanılmıştır.

- **5V DC Fan (1 Adet)**

Toplu taşıma aracı içerisindeki havalandırma cihazını temsil etmek için kullanılmıştır. Bir fanın havalandırma amacıyla kullanılamayacağı farkında olunmasına rağmen, bu proje kapsamında bir havalandırma cihazı olarak kullanılabileceği varsayılmıştır.

- **RC522 RFID Okuyucu Modülü (1 Adet)**

Bu modül toplu taşıma araçlarında bulunan kart okutma cihazını temsilen kullanılmıştır. Binen yolcu sayısına sadece bu sensörden alınan verilerden ulaşılmıştır.

- **13,56 MHz RFID Kart (1 Adet)**

Toplu taşıma kartlarını temsil etmesi amacıyla kullanılmıştır.

- **IRF520 MOSFET Sürücü Kartı (1 Adet)**

Havalandırmayı temsil eden 5V fan, Arduino UNO'nun sağlamış olduğu akım (maksimum 40 mA) ile çalışamayacağından, harici yüksek gerilim ve yüksek akım güç kaynağının kullanabilmesini sağlamak için kullanılmıştır. Arduino'nun PWM pinine bağlanarak, fanın hızının artırılıp azaltılabilmesini sağlamıştır.

- **9V Pil (1 Adet)**

Fanı çalıştırmak için kullanılmış olan harici güç kaynağıdır.

- **L7805CV 5V Regülatör (1 Adet)**

Harici güç kaynağı olarak kullanılan 9V pilin gerilimini, fanın gerilim değeri olan 5V'a indirmek için kullanılmıştır.

- **10K Potansiyometre (1 Adet)**

LCD ekranın parlaklığını değiştirebilmek için kullanılmıştır.

4 Projenin Teknik Tasarımı

Projenin teknik tasarım şeması Şekil 4'de görüldüğü gibidir.

Breadboardlardan birisine yolcu sayısının hesaplanmasından sorumlu olan mesafe sensörleri ve kart okuyucu koyulmuştur. Dolayısıyla, bu breadboard'un diğerinden ayrı olarak farklı bir konumda yolcu sayımı için kullanılması mümkündür.

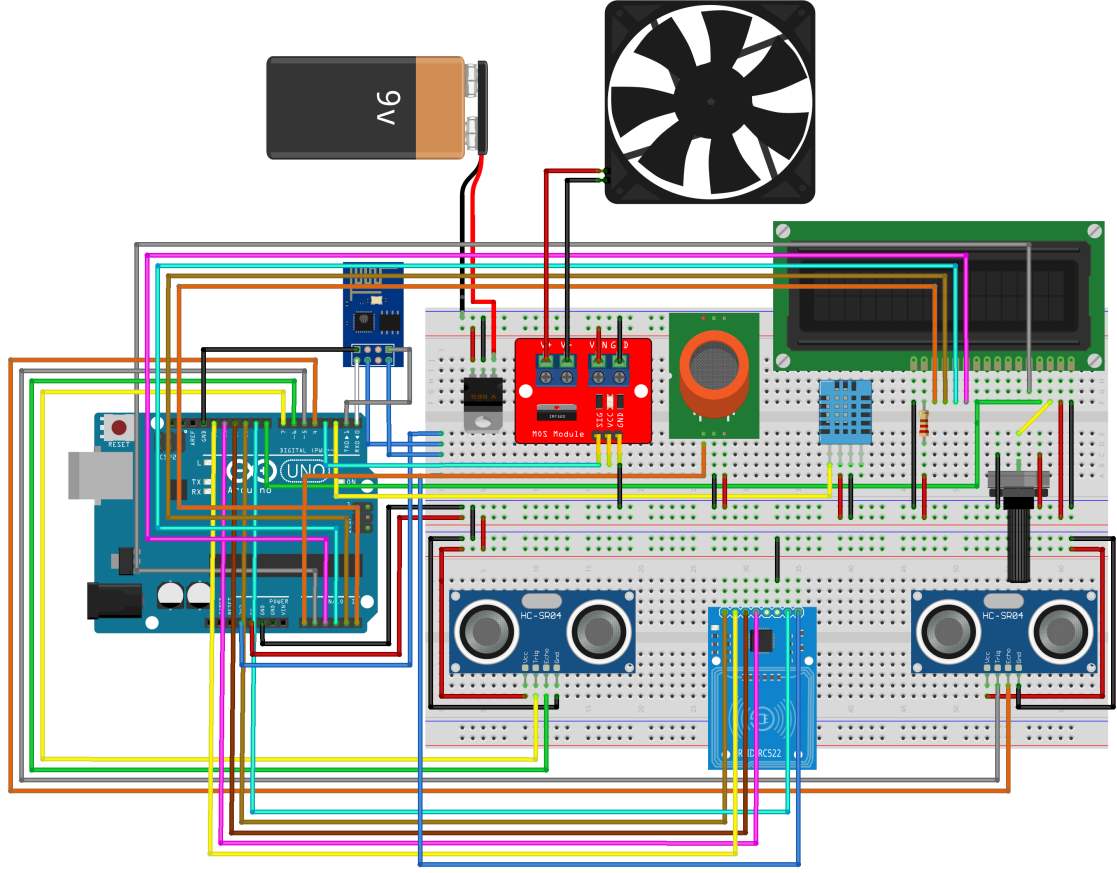
Diğerinde ise nem, sıcaklık ve hava kalitesini ölçen sensörlerle birlikte LCD ekran ve fanın çalışması için gerekli olan modül ve malzemeler bulunmaktadır.

Verilerin kablosuz olarak aktarımından sorumlu olan WiFi modülü breadboard'a takılı olmadan kullanılmaktadır.

Projede kullanılması planlanan toplu taşıma araçlarından temsili olarak bir tanesi seçilmiş ve aracın planı temin edilmiştir. Projede kullanılmış olan sensörler ve diğer malzemelerin aracın içerisinde Şekil 5 ve 6'da görüldüğü gibi konumlandırılmasına karar verilmiştir.

Kart okuyucu ve bilgilendirme için kullanılan LCD ekran Şekil 5'deki 1 numaralı alanda bulunacaktır.

Hava Kalitesi Sensörü (MQ-135) ve Nem ve Sıcaklık Sensörü (DHT-11) taşıtta Şekil 5'deki 2 numaralı gösterilmiş konumlara yerleştirilecektir.



Şekil 4: Projenin teknik tasarım şeması

Taşıta inen ve binen yolcuları sayan 2 adet Ultrasonik Mesafe Sensörü (HC-SR04) Şekil 6'da 3 numarayla gösterilmekte olan her bir kapıya konumlandırılacaktır.

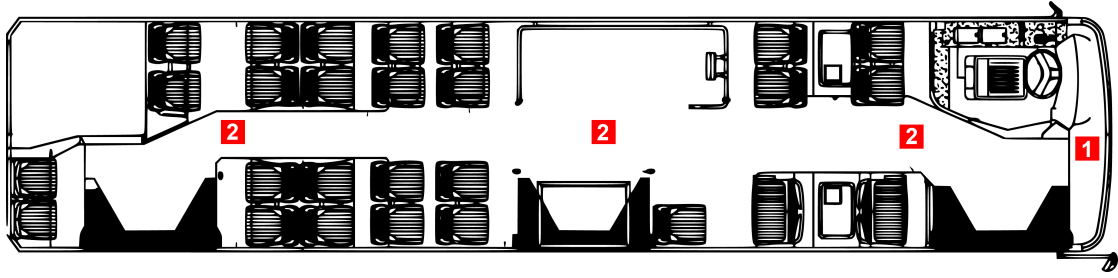
Taşıtın havalandırılmasını sağlayan havalandırma cihazları Şekil 6'daki 4 numaralı alanlarda bulunacaktır.

5 Sorunlar

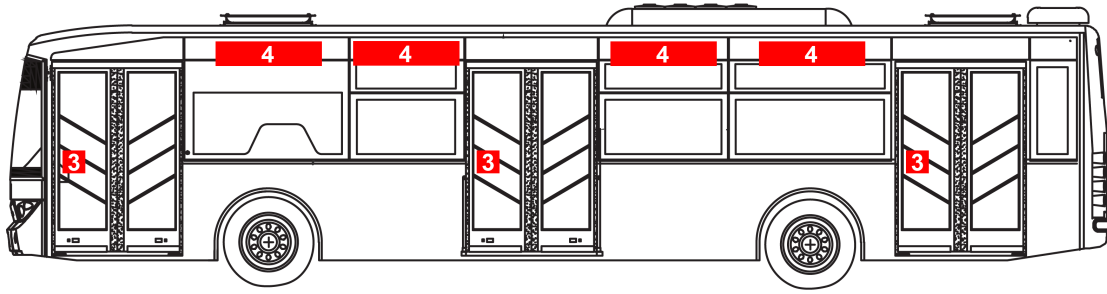
5.1 Karşılaşılan Sorunlar

- Projede kullanılması planlanan WiFi modülünün temin edilmesinin ardından, modülün breadboard'a takılarak kullanılmaya uygun olmadığı görülmüştür. Bunun ardından breadboard'a takılabilmesi için bakır delikli plaket kullanılarak özel break-out board'u yapılmaya karar verilmiştir. Bunun için gerekli ürünler temin edildikten sonra, daha kolay ve efektif bir çözüm olacağı fark edildiğinden, modül dışı-erkek jumper kablolarla takılarak breadboard'dan ayrı bir şekilde kullanılmıştır.

Ayrıca WiFi modülünün Arduino ile kodlanması için ilk olarak ESP8266 kütüphanesinden yararlanılmaya çalışılsa da bu kütüphanenin kullanılmasıyla bağlantı sorunları ortaya çıkmıştır. Ardından daha etkili bir çözüm olarak RemoteXY isimli başka bir uygulamanın kütüphanesi kullanılmış ve bu bağlantı sorunu çözülmüştür.



Şekil 5: Taşıtın üzerinden malzemelerin konumları



Şekil 6: Taşıtın yanından malzemelerin konumları

- Projede kullanılan modül ve malzemeler için öncesinde öngörülenden daha fazla pine ihtiyaç duyulacağı farkedilmiştir. Hava kalitesi sensörü için 2, nem ve sıcaklık sensörü için 1, LCD ekran için 6, fan için 1, RFID kart okuyucu için 5, mesafe sensörleri için 4, Wifi modülü için 2 ve buton ve LED'ler için 5 olmak üzere toplamda 26 pine ihtiyaç duyulmuştur. Projede kullanılan mikrodenetleyici olan Arduino Uno'da kullanılabilecek pin sayısı 20 olduğundan, çözüm olarak ilk bazı malzemelerin kullanılmamasına karar verilmiştir. LED'ler ve butonun proje için görece daha az önemli işlevlere sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Buna rağmen hala sahip olunandan fazla sayıda pine ihtiyaç duyulduğundan, birbirleri arasında iletişim halinde olan 2 farklı mikrodenetleyici kullanılması planlanmıştır. Ancak bu çözümün gerçekleşmesi aşamasında mikrodenetleyiciler arasında olan iletişimin Wifi modülünün performansını kaydedeğer şekilde etkilediği görülünce tek bir mikrodenetleyici kullanılması gerekli olduğuna karar verilmiştir. Hava kalitesinin 2 pin'inden biri proje kapsamında önemli olmayan bir işleve sahip olduğundan sadece bir tanesi kullanılmış ve pin sayısı 20'ye indirilerek tek bir Arduino UNO'da projenin gerçekleşmesi sağlanmıştır.

- COVID-19 bulaşı riskinin hesaplanılmasında kullanılan Wells-Riley Modeli için gerekli olan araçtaki bulaşıcı birey sayısını hesaplamak için yerel aktif COVID-19 vaka sayısına ihtiyaç duyulmuştur. Bu değerler için gerçek değerler kullanılmak istenirse de, projenin gerçekleşmesi sırasındaki aktif vaka sayıları ülke genelinde 3000-4000 arasında değişmekte olduğu için, bir toplu taşıma aracında bulunmakta olan ortalama bulaşıcı birey sayısının oldukça küçük bir değere (20 yolcunun bulunduğu bir araç için %0,08) sahip olduğu görülmüştür. Bu da, hesaplanan risk değerinin, çoğunlukla düşük çıkmasına neden olmuştur. Bu duruma çözüm olarak, anlık vaka sayısı için Mart 2022 ayı sonundaki veriler kullanılmıştır.

5.2 Olası Sorunlar

- Toplu taşıma aracından inen yolcuları tespit eden mesafe sensörleri hassas ölçüm yapamamakla birlikte, sık bir şekilde tamamen yanlış okumalar yapmaktadırlar. 50 60 cm uzaktaki bir nesne için 0 gibi çok düşük ya da 1200 gibi çok yüksek bir okuma yapmaları, tetiklenmemeleri gereken zamanlarda tetiklenmelerine ya da tetiklenmeleri gereken zamanlarda tetiklenmemelerine yol açmaktadır.

Dahası sensörlerin kalibrasyon aşamasında yapmış oldukları ilk okumalarda olan hatalar, ondan sonraki tüm okumaların hatalı olmasına sebep olmaktadır.

Bu durumun olabildiğince iyileştirilmesi için, kalibrasyon aşamasında okunan değer LCD ekrana yazdırılmakta ve beklenen değerlerden farklı değerlerle karşılaşılması durumunda sistem resetlenmektedir.

- Projede kullanılan ESP8266 WiFi modülünde de ara sıra bağlantı kopmaları yaşanmaktadır. Diğer modüllerden alınan verileri okuma hızına göre daha geç sürede iletmektedir. Bu sorun daha iyi bir WiFi modülü kullanılarak kolaylıkla çözülebilir.

6 Yapılabilecek Geliştirmeler

- Daha doğru ölçüm yapan kaliteli sensörler kullanılabilir. Projenin şuanki haliyle hava kalitesini ölçen sensör, havadaki CO₂ yoğunluğunu doğru ve kesin bir şekilde ölçebilecek kalitede değildir. Aynı şekilde mesafe sensörleri çok sık bir şekilde yanlış okuma yapmakta ve sistemin kısmen istikrarsız bir şekilde çalışmasına neden olmaktadır. Bu sensörlerin daha iyileriyle değişmesi durumunda daha doğru ve gerçeği yansıtan risk hesaplaması yapmak mümkün olacaktır.
- Havalandırmak için kullanılan fan yerine, gerçek anlamda ventilasyon sağlayabilecek klima veya havalandırma sistemleri kullanılabilir.

| Görevler | Planlanan Bitiş Tarihi | Gerçek Bitiş Tarihi | Durum |
|---|------------------------|---------------------|-----------|
| Fikir Edinme & Plan yapma | 13 Mart | 13 Mart | Zamanında |
| Proje Önerisi | 20 Mart | 20 Mart | Zamanında |
| Ürün Araştırması | 20 Mart | 20 Mart | Zamanında |
| Ürün Siparişi & Tedariği | 27 Mart | 18 Nisan | Geç |
| Malzemelerin Test Edilmesi | 27 Mart | 20 Nisan | Geç |
| Toplu Taşıma Araçları hakkında bilgi edinilmesi | 3 Nisan | 27 Mart | Erken |
| Toplu Taşıma Araç planlarının çizilmesi | 3 Nisan | 27 Mart | Erken |
| Sensör konumlandırılması | 10 Nisan | 10 Nisan | Zamanında |
| Akış diyagramı çizimi | 10 Nisan | 21 Mayıs | Geç |
| Ara Rapor | 25 Nisan | 18 Nisan | Erken |
| Hava kalitesi sensörü optimizasyon fonksiyonunun yazılması | 1 Mayıs | 20 Mayıs | Geç |
| Anlık ideal yolcu sayısını hesaplayan fonksiyonunun yazılması | 1 Mayıs | 20 Mayıs | Geç |
| Yolcu sayma fonksiyonunun yazılması | 1 Mayıs | 14 Mayıs | Geç |
| Devrenin dizaynı | 1 Mayıs | 1 Mayıs | Zamanında |
| Devrenin donanımsal kurulumu | 8 Mayıs | 1 Mayıs | Erken |
| Yazılımın entegre edilmesi | 15 Mayıs | 15 Mayıs | Zamanında |
| Sistemin test edilmesi | 26 Mayıs | 21 Mayıs | Erken |
| Sunum/Demo | 26 Mayıs | 26 Mayıs | Zamanında |
| Proje Son Rapor | 2 Haziran | 2 Haziran | Zamanında |

Şekil 7: Çalışma Takvimi

- Ölçülen veya hesaplanan verilerin rahatça gösterilebilmesi için daha büyük bir LCD ekran kullanılabilir.
- Yolcuları bilgilendirmek adına WiFi aracılığı ile telefon ekranlarına bilgi aktarma işlemi MOBİETT gibi uygulamalar üzerinden yapılabilir.

7 Çalışma Takvimi

Proje başlangıç ve orta kısımlarında kısmen çalışma takvimine uygun ilerlemişken, son kısımlarında görevler zamanında veya öngörülenden daha erken bir şekilde tamamlanılmıştır. Projenin çalışma takvimi ve görevlerin bitirilme zamanları Şekil 7’de gözüktüğü gibidir.