

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TAKSİMETRE CİHAZLARININ PERİYODİK KONTROLLERİNİN
İYİLEŞTİRİLMESİ VE TAKİBİNE YÖNELİK
ÖRNEK BİR TASARIM**

Mehmet DİRİER

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2021**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TAKSİMETRE CİHAZLARININ PERİYODİK KONTROLLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ VE TAKİBİNE YÖNELİK ÖRNEK BİR TASARIM

Mehmet DİRİER

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Aykut KALAYCIOĞLU

Günlük hayatta ulaşım aracı olarak sıklıkla kullandığımız taksiler, belirli bir tarife göre ücretlendirmeyi üzerinde kurulu olan taksimetreler ile yapmaktadır. Bu ücretlendirmeyi yapan taksimetrelerin, hizmet veren ve alan arasında maddi açıdan bir zararın oluşmaması için doğru ayarlı olarak çalışması yasal bir zorunluluktur. Bu zorunluluk sebebiyle taksimetreler kamu otoritesi tarafından belirli periyodlarla metrolojik kontrolden geçirilmekte dolayısıyla doğru ölçüm yapıp yapmadığı kontrol edilmektedir. Bu tez çalışmasıyla ülkemizde taksimetrelerin metrolojik kontrol yöntemleri incelenmiş olup mevcut uygulamaların zayıf yönleri göz önünde bulundurularak farklı bir yöntemle bu kontrollerin yapılabilmesine yönelik mevcut uygulamalardan farklı bir yöntemle, örnek bir tasarım ortaya konmuştur. Önerilen tasarımda, metrolojik kontrol aşamasındaki insan kaynaklı hataların azaltılması ve ölçüm sonuçlarının kayıt altına alınması amaçlanmıştır. Sonuçların değerlendirilme aşamaları daha güvenli hale getirilerek taksimetre muayenelerinin fiziki bir servis ortamına bağlı olmaları ortadan kaldırılıp mobil olarak yapılabilmesi sağlanmıştır. Android işletim sisteminde çalışan bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Taksimetrenin zaman ve mesafeye göre ücretlendirme kontrolünü yapan bir test ekipmanı tasarlanarak mobil uygulama ile kablosuz haberleşmesi sağlanmıştır. Test cihazının bir sensör aracılığıyla taksinin belirli hız sınırlarına bağlı olarak hareketini ve geçen zamanı kontrol ederek bluetooth haberleşmeyle sonuçları mobil uygulamaya iletmesi sağlanmıştır. Mobil uygulamada değerlendirilen sonuçların mobil internet aracılığıyla bir veri tabanına kaydedilmesi sağlanmıştır.

Eylül 2021, 88 sayfa

Anahtar sözcükler: Taksimetre, test, bluetooth, ölçüm, yasal metroloji

ABSTRACT

Master Thesis

A SAMPLE DESIGN ON IMPROVEMENT AND MONITORING OF PERIODIC INSPECTION OF TAXIMETER DEVICES

Mehmet DİRİER

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electrical- Electronics Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Aykut KALAYCIOĞLU

Taxis, which we use frequently as a means of transportation in daily life, are charged according to a specific tariff with the taximeters installed on them. It is a legal obligation for the taximeters that make this fee to work properly in order to prevent any financial loss between the service provider and the customer. Due to this obligation, taximeters are subjected to metrological control at certain periods by the public authority, so it is checked whether they are measuring correctly. With this thesis study, the metrological control methods of taximeters in Turkey have been examined and an exemplary design has been presented with a different method considering the weaknesses of current applications. In the proposed design, reducing human-induced errors in the metrological control phase and recording the measurement results is aimed. Evaluating the results have been made more secure and taximeter inspections can be made mobile by eliminating the dependence of a physical service environment. A mobile application running on the Android operating system has been developed. A test equipment that controls the taximeter's pricing according to time and distance was designed and wireless communication was provided with the mobile application. The test device has been enabled to control the movement of the taxi according to certain speed limits and the elapsed time by means of a sensor and transmit these results to the mobile application via Bluetooth communication. It has been ensured that the results evaluated in the mobile application are recorded in a database via the mobile internet.

September 2021, 88 pages

Keywords: Taximeter, test, bluetooth, measurement, legal metrology

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca bilgi, deneyim ve yönlendirmelerinden yararlandığım danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Aykut Kalaycıoğlu'na, tez çalışmam boyunca fikir alışverişi yaptığım çok değerli arkadaşım Hüseyin ÜNVERMİŞ'e, manevi desteklerinden dolayı kızım Zeynep Serra'ya ve oğlum Cihangir'e teşekkür ederim.

Mehmet DİRİER

Ankara, Eylül 2021



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. TAKSİMETRELER HAKKINDA GENEL BİLGİLER	7
2.1 Taksimetre Nedir?.....	7
2.2 Taksimetre nin Ücret Hesaplama Yöntemleri.....	7
2.2.1 Dönüşüm hızı	7
2.2.2 Tek tarife modu (S modu)	8
2.2.3 Çift tarife modu (D modu).....	9
2.3 Ülkemizde Taksimetre lere Yönelik Muayene ve Denetim Türleri.....	10
2.4 Taksimetre nin Maksimum İzin Verilebilir Hata (MİH) Sınırları.....	12
2.5 Taksimetrelerin Piyasaya Arz Koşulu ve Mevzuatları.....	13
3. TAKSİMETRELERİN PERİYODİK MUAYENE YÖNTEMLERİ.....	16
3.1 Türkiye’de Taksimetre Periyodik Muayene Yöntemleri	16
3.1.1 Şerit metre ve kronometre ile periyodik muayene	16
3.1.1.1 Mesafeye göre ücretlendirme kontrolü	17
3.1.1.2 Zamana göre ücretlendirme kontrolü	20
3.1.2 Tamburlu (rooling road) ölçüm sistemi ile periyodik muayene	21
3.1.2.1 Mesafeye göre ücretlendirme kontrolü	22
3.1.2.2 Zamana göre ücretlendirme kontrolü	23
3.2 Bazı Ülkelerdeki Taksimetre Muayene Yöntemleri.....	23
3.2.1 Amerika Birleşik Devletleri (ABD)’nde muayene yöntemi	23
3.2.2 Japonya’da muayene yöntemi.....	25
3.2.3 Avusturya muayene yöntemi.....	26

4. ÖRNEK TASARIM	28
4.1 Örnek Tasarımı Çalışma Yöntemi Hakkında Genel Bilgi	28
4.2 Birim Zaman Kontrolünün Ölçümü	32
4.3 Birim Mesafe ve Birim Zaman Kontrolünün Birlikte Yapıldığı Ölçüm.....	40
4.3.1 Kullanılan yazılım ve donanımlar	41
4.3.1.1 Arduino uno	42
4.3.1.1.1 Arduino uno genel özellikleri	42
4.3.1.1.2 Arduino uno temel teknik özellikleri.....	42
4.3.1.1.3 Arduino programlama ortamı	45
4.3.1.1.4 AttachInterrupt() ve millis() fonksiyonları	48
4.3.1.2 Bluetooth hc-05 kartı	49
4.3.1.2.1 Bluetooth (hc-05) teknik özellikleri	50
4.3.1.2.2 Bluetooth (hc-05) konfigürasyonu ve arduino uno bağlantısı.....	51
4.3.1.2.3 Arduino uno ve bluetooth veri iletim bağlantısı	56
4.3.1.3 Optik (IR yansıtıcı) sensör.....	58
4.3.1.4 Buzzer.....	61
4.3.2 Örnek test cihazının çalışma prensibi ve algoritması	61
4.4 Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Kaydedilmesi	72
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	76
KAYNAKLAR	85

SİMGELER DİZİNİ

₺	Türk lirası
km	Kilometre
s	Saniye
ms	Milisaniye
Ω	Ohm
V	Volt
R	Direnç
A	Amper
mm	Milimetre
KB	Kilobayt

Kısaltmalar

STB	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
MİD	Ölçü Aletleri Yönetmeliği
DH	Dönüşüm Hızı
TS EN	Türk Standardı
EN	Avrupa Normu (European Norm)
AB	Avrupa Birliği
MİH	Maksimum İzin verilebilir Hata
EMC	Elektromanyetik Uyumluluk
IDE	Tümleşik Geliştirme Ortamı
AT	Avrupa Topluluğu
TR	Türkiye
CE	Avrupa Uyumluluk (conformity european)
M	Metroloji
USB	Evrensel Seri Veri Yolu
UART	Evrensel Senkronize Olmayan Alıcı Verici
TTL	Transistör Transistör Lojik Seviye
NIST	National Institute of Standards and Technology
TMII	Tokyo Metropolitan Government Inspection Institute of Weights and Measures

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Ankara 2021 yılı taksi ücret tarifesi.....	8
Çizelge 2.2 Taksimetrelerin maksimum izin verilebilir hata sınırları.....	13
Çizelge 3.1 Örnek birim zaman kontrolü ve ücret değerleri (Ankara)	21
Çizelge 4.1 Arduino UNO teknik özellikler (Anonim, Wikipedia, 2021)	44
Çizelge 4.2 Bluetooth(HC-05)teknik özellikler	50
Çizelge 5.1 Testlerin bağıl doğruluk değerleri.....	78
Çizelge 5.2 Ölçümlerin mutlak yüzde hataları.....	80
Çizelge 5.3 Birim zaman kontrolü test sonuçları (doğru ayarlı taksimetre)	83

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Taksimetre D modu çalışma diyagramı	9
Şekil 2.2 2021 yılı aylara göre taksimetre muayene sayıları (STB, 2021)	12
Şekil 2.3 Taksimetre Yönetmeliği (77/95/AT)’ne uygunluk işareti	15
Şekil 2.4 Ölçü Aletleri Yönetmeliği ürün etiketi	15
Şekil 3.1 Aracın mesafeye göre hesaplama kontrolünde pist üzerinde hareketi.....	17
Şekil 3.2 Taksimetre mesafe kontrolündeki sapması.....	18
Şekil 3.3 Taksinin DH altında kat edilen mesafesi	19
Şekil 3.4 Birim zaman kontrolü (2021 Ankara tarifi).....	21
Şekil 3.5 Döner tambur(rooling road) test mekanizması (BaşarıTelematik, 2021)	22
Şekil 3.6 Beşinci teker test ekipmanı (Peiseler 5th Wheel, 2021)	24
Şekil 3.7 Japonya taksimetre test ekipmanı (TMII, 2018).....	25
Şekil 3.8 Taksimetre mesafe ölçümünde kullanılan şerit metre ve pist (Çakan, 2016) ..	27
Şekil 3.9 Taksimetre mesafe ölçümünde kullanılan ölçüm cihazı (Çakan, 2016)	27
Şekil 4.1 Örnek tasarımın akış diyagramı	30
Şekil 4.2 Zaman kontrolü hazırlık uygulama ekran görüntüsü	33
Şekil 4.3 Zaman kontrolü başlangıç uygulama ekran görüntüsü	35
Şekil 4.4 Dört dakikalık zaman testi örnek uygulama sonuç ekranı	36
Şekil 4.5 Taksimetre zaman hata sınırlarındaki ücret değerleri.....	37
Şekil 4.6 Taksimetre zaman 4 dakikalık zaman kontrolünde hata ve zaman sınırları	39
Şekil 4.7 Test ekipmanının taksi üzerindeki konumu	41
Şekil 4.8 Arduino UNO temel bileşenler (Anonim, Arduino Uno Rev 3, 2021).....	43
Şekil 4.9 Dış kesme voltaj değişimleri.....	44
Şekil 4.10 Arduino IDE ile Arduino UNO platformunun seçimi	46
Şekil 4.11 Arduino IDE kod yazım ekran görüntüsü.....	47
Şekil 4.12 Bluetooth HC-05 kartı.....	51
Şekil 4.13 Arduino UNO ile HC-05 bluetooth modülü konfigürasyon bağlantısı.....	52
Şekil 4.14 Arduino IDE ile Arduino kartının USB portla bağlantısı	52
Şekil 4.15 Arduino IDE serial port ekranı	53

Şekil 4.16 Bluetooth kartının fiziksel adresini AT komutuyla sorgu ekranı	54
Şekil 4.17 Bluetooth kartının isminin değiştirilmesi, seri port ekranı görüntüsü	55
Şekil 4.18 Arduino UNO-bluetooth HC-05 veri transferi bağlantısı (Currey, 2014)	57
Şekil 4.19 Bluetooth RX pinine uygulanacak gerilim bölücü devre.....	57
Şekil 4.20 IR yansıtıcı sensör bağlantı ve boyut bilgileri (Waveshare Wiki, 2015).....	58
Şekil 4.21 Arduino ve kızılötesi sensör bağlantısı	59
Şekil 4.22 Araç lastiği ve yansıtıcı bant.....	60
Şekil 4.23 Kızılötesi sensör devre şeması (Infrared Reflective Sensor, 2016)	60
Şekil 4.24 Arduino UNO buzzer bağlantısı (Eleggo, 2019)	61
Şekil 4.25 Örnek tasarım kimlik doğrulama sayfası	62
Şekil 4.26 Örnek tasarım kimlik doğrulama yetkilendirme veri tabanı	62
Şekil 4.27 Örnek tasarım plaka ve damga bilgilerini kayıt ekranı (SPUTNIK, 2020) ...	63
Şekil 4.28 Lastik bilgilerinin mobil uygulama ile fotoğrafının alınması	64
Şekil 4.29 Lastik jant bilgileri.....	65
Şekil 4.30 Taksimetre bilgileri mobil uygulama onay ekranı	67
Şekil 4.31 veri tabanında tutulan tarife bilgileri.....	68
Şekil 4.32 Örnek tasarımın doğruluk kontrolü başlama ve bitiş uygulama arayüzü	69
Şekil 4.33 Örnek tasarım test cihazının çalışma algoritması	70
Şekil 4.34 Tasarlanan test cihazı devre şeması	71
Şekil 4.35 Test cihazı ölçüm doğruluğu sonucunun değerlendirilmesi	72
Şekil 4.36 Muayene sonucu aykırı olan bir taksimetre ekran görüntüsü	74
Şekil 4.37 Muayene sonuçlarının ve bilgilerinin tutulduğu veri tabanı ekran görüntüsü	75
Şekil 5.1 Bağlı doğruluk ölçüm sonuçlarının grafik üzerinde gösterimi	77
Şekil 5.2 Mutlak yüzde hata sonuçları	81

1. GİRİŞ

Günlük hayatta ulaşım aracı olarak sıklıkla kullanılan taksilerin, nasıl ücretlendirme yaptığı hakkında çok az insan bilgi sahibidir. Bunun yanında taksinin ücretlendirmeyi doğru yapıp yapmadığı konusunda ise birçok insan ulaşım hizmeti alırken kısmen kaygı taşır. Taksilerin, verdiği hizmeti bir ücret karşılığında yapması ve ticari bir faaliyet yürütmesi sebebiyle hizmet alan ve veren arasında maddi bir zararın oluşmaması için ücretlendirmenin doğru yapılması gerekmektedir.

Taksiler ücretlendirmeyi, taksilerde takılı bulunan ve taksimetre olarak bilinen bir ölçüm cihazı aracılığıyla yapmaktadır. Bu sebeple, taksilerden ulaşım hizmeti alan ve veren arasında adil bir ticari faaliyetin tesis edilmesi; taksimetrelerin gösterdiği sonuca, dolayısıyla bu ölçüm cihazının doğru çalışıp çalışmadığına bağlıdır.

Ülkemizde ve dünyada resmi işlemlerde veya ticari faaliyetlerde kullanılan her türlü ölçüm cihazı yasal bir zemine oturtulmuş olup bu amaçla kullanılan her türlü ölçüm cihazının doğru ayarlı olarak çalışmasına ilişkin yürütülen faaliyetler *Yasal Metroloji*¹ adı altında karakterize edilmiştir. Dünyada hemen hemen her ülkede bir yasal metroloji otoritesi bulunmakla beraber birçok bölgesel ve uluslararası kuruluş da bulunmaktadır. Ülkemizde ise yasal metroloji faaliyetleri Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (STB) tarafından yürütülmektedir.

Yasal metroloji kapsamında yer alan bir ölçüm cihazı olması sebebiyle, taksimetrelerle ilgili yasal metroloji otoritesi olarak STB tarafından hazırlanan ve yürütülen yönetmeliklerle, taksimetrelerin doğru ayarlı olarak piyasada kullanılmasına ilişkin teknik ve idari çalışmalar yapılmaktadır.

¹ Metroloji: Ölçüm bilimi

3516 sayılı Ölçüler ve Ayar Kanunu'na dayanılarak, STB tarafından çıkarılan Taksimetre Muayene Yönetmeliği ile taksi sahiplerinin taksimetrelerini, doğru ayarlı olarak çalışıp çalışmadığının kontrolü amacıyla, Bakanlık tarafından atanan servislere periyodik olarak muayene ettirmeleri gerekmektedir. Ayrıca STB tarafından belirli bir program çerçevesinde taksimetre cihazlarına ara denetimler yapılarak doğru ayarlı çalışıp çalışmadığı da test edilmektedir.

Taksimetreler ücretlendirmeyi, hizmet alan kişiyi bir noktadan başka bir noktaya taşıdığı için, doğal olarak kat edilen mesafe ve yolcukta geçen zamanı baz alarak yapması gerekmektedir. Ülkemizde hizmet veren taksiler bu iki parametre ile yani mesafe ve zamana göre ücretlendirme yapmaktadır. Taksimetrenin hangi anda mesafeye veya zamana göre ücretlendirme yapacağı ise *Dönüşüm Hızı* ile belirlenmektedir. Dönüşüm hızı, taksinin 1 saatlik ücret tarifesinin 1 km'lik mesafe tarifesine bölünmesi ile elde edilen nümerik bir değerdir. Bu değer her il için taksicilerin bağlı bulunduğu esnaf ve sanatkârlar odaları tarafından belirlenmekte ve genellikle 7 -12 km/s arasından değişen sabit bir hız sınırıdır. Dönüşüm hızı taksimetrenin yazılımında çalışan önemli bir parametredir. Bir taksi, dönüşüm hızına eşit ve altında bir hızda seyrederken taksimetre sadece dakika başına ücretlendirme yapmaktayken; dönüşüm hızı üzerinde seyrederken her 100 metrede bir ücretlendirme yapmaktadır.

Bakanlıkça yetkilendirilen servislerce taksimetrelerin periyodik muayenelerinde, taksimetrelerin dönüşüm hızı altında seyrederken zamana göre; dönüşüm hızı üzerinde çalışırken ise mesafeye göre doğru ücretlendirme yapıp yapmadığı test edilmektedir.

Ülkemizde taksimetrelerin periyodik muayenelerinde, birim zaman ve birim mesafe testleri iki yöntemle yapılmaktadır. Birinci yöntemde düz bir zemine 200 m uzunluğunda bir pist çizilmekte ve araç pistin başında ani olarak hızlanarak dönüşüm hızının üzerinde seyrettirilip, pist bitiminde ise ani olarak fren yaptırılarak 200 metrelik bir mesafede, mesafeye göre ücretlendirmesi kontrol edilmektedir. Ayrıca bir kronometre vasıtasıyla sabit duran veya dönüşüm hızı altında seyrettirililen taksinin, muayene yapan personel

tarafından dakika başına taksimetrenin birim zamana göre ücretlendirme yapıp yapmadığı test edilmektedir. STB ile yapılan görüşmelerde, 2021 yılı itibariyle ülkemizde faaliyet yürüten 119 taksimetre muayene servisinin neredeyse tamamı bu yöntemle taksimetre muayenesini yapmaktadır.

İkinci yöntem ise tamburlu test ekipmanı ile yapılan muayene yöntemidir. Bu ekipman mekanik dönen bir tambur ve bir el terminalinden oluşmaktadır. Bu yöntemde araç, bir pist üzerinde hareket ettirilmeyip mekanik dönen bir tambur üzerine çıkarılmakta ve sabit duran aracın lastiği bu tambur aracılığıyla döndürülmektedir. Tamburla aracın dönüşüm hızı üzerinde seyrettirilmesi sağlanarak birim mesafe kontrolü yapılmakta, el terminaliyle ise terminal içinde çalışan bir kronometre ile birim zaman kontrolü yapılmaktadır.

Her iki yöntemde de ölçüm sonuçlarının doğruluğu ve takibi açısından birtakım problemler bulunmaktadır. Kullanılan yöntemlerde insan kaynaklı hataların sonuçlar üzerinde belirli bir etkisi olmakta, ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi de muayeneyi yapan teknik personelin inisiyatifinde kalmaktadır.

Pist üzerinde hareket ettirilerek yapılan ölçüm testlerinde 200 m uzunluğunda trafiğe kapalı uygun bir pistin temin edilmesi, servisler açısından idari ve teknik sorun oluşturmaktadır. Genellikle trafik yoğunluğunun az olduğu ara sokaklar veya trafiğe kapalı benzer düz alanlar kullanılmaya çalışılsa da pistin boyanması, işaretlenmesi vs. durumlar da idari açıdan servislere sorun yaratmaktadır. Bununla birlikte taksimetrenin mesafeye göre ücretlendirme testi yapılırken taksinin dönüşüm hızı üzerinde seyrettirilmesi gerekmektedir. Ancak pistin başlangıç noktasında, araç hareketsiz haldeyken bir anda gaza basılarak aracın dönüşüm hızı üzerine çıkarılmaya çalışılması, benzer şekilde pist bitiş noktasında aracın aniden durdurulmaya çalışılması dolayısıyla pist bitiş çizgisinin denk getirilememesi gibi durumlar gerek servisler açısından gerekse ölçüm sonuçları açısından problem oluşturmaktadır.

Tamburlu test ekipmanı ile yapılan periyodik kontroller sayesinde, ilk yöntem olarak mesafeye göre ücretlendirme testindeki pist testinden kaynaklanan problemler nispeten giderilmiş olsa da tamburlu test yöntemindeki; zamana göre ücretlendirme kontrolünün el terminalindeki kronometre ile yapılması ve kronometrenin bir insan tarafından kontrol ediliyor olması, ölçüm doğruluğu üzerinde insan kaynaklı hata risklerini oluşturmaktadır. El terminalinin kronometresi ile taksimetrenin aynı anda açılmaya çalışılması azda olsa zaman farkının oluşmasına neden olmaktadır. Taksimetrenin birim zaman kontrollerinde 1 dakika için belirlenmiş hata payının 120 ms olduğu göz önünde bulundurulursa, zaman kontrollerinde hatalı sonuçların elde edilmesi olasıdır. Aynı durum pist yöntemi için de geçerli olup, bu yöntemde de zaman kontrolü manuel olarak bir kronometre ile yapılmaktadır.

Gerek tamburlu test ekipmanı ile gerekse pist yöntemi ile yapılan periyodik kontrollerde, elde edilen ölçüm sonuçlarının yani taksimetrenin doğru çalışıp çalışmadığını gösteren ölçüm sonuçlarının izlenmesi ve takip edilmesi iki yöntemde de risk oluşturmaktadır. Bir servis periyodik kontrol yapmadan da periyodik kontrol yapılmış gibi belge düzenleyebilmektedir. Çünkü herhangi bir test yöntemi kapsamında, test cihazından elde edilen verilerin güvenilirliği; yasal metroloji konusunda otorite olan STB' nin yetkilendirmiş olduğu servise, yani muayeneyi gerçekleştiren personele bağlıdır.

Bu tez çalışmasıyla öncelikle ülkemizde taksimetrelere uygulanan periyodik muayene yöntemleri incelenmiş olup, hali hazırda uygulanan periyodik muayene testlerinde zayıf görülen yönlerin ve muayene süreçlerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda doğruluk kontrollerinde insan kaynaklı hataların azaltılması amaçlanmış olup, bu amaçla örnek bir tasarım ortaya konmuştur.

Örnek tasarımda, taksimetrenin mesafe ve zamana göre ücretlendirme kontrolü yapılırken, ölçüm sonucu üzerinde insan kaynaklı hataların ve ölçüm sonuçlarına dışarıdan gelebilecek müdahalelerin oluşturabileceği risklerin azaltılması amaçlanmıştır.

Ayrıca ölçüm sonuçlarının, örnek olarak tasarlanan cihazla kayıt altına alınması ve elde edilen sonuçların bir veri tabanında tutulması amaçlanmıştır.

Örnek tasarım kapsamında, bir mobil uygulamanın geliştirilmesi ve bu mobil uygulama ile kablosuz haberleşen bir test ekipmanının tasarlanması amaçlanmıştır. Test ekipmanına bağlı olan optik bir sensör ile araç lastiğinin tur sayısı alınıp, tur sayısı ile taksinin dönüşüm hızı altında veya üzerinde bir hızda hareket edip etmediği belirlenmiştir. Bu koşula göre taksinin ne kadar mesafede ve zamanda ücretlendirme yaptığı bulunarak, elde edilen sonucun Taksimetre Muayene Yönetmeliği'nde belirtilen hata sınırları içinde olup olmadığının kontrolü önerilen tasarım cihaz tarafından yapılması amaçlanmıştır.

Ayrıca ikinci bir test olarak zamana göre ücretlendirme kontrolünün yapılması sağlanmıştır. Bu kontrol, geliştirilen mobil uygulamayla yapılması düşünülmektedir. Mobil uygulamanın yüklü olduğu tabletin kamerası ve zamanlayıcı bir arada kullanılarak test yapılması amaçlanmıştır. Taksi, dönüşüm hızı altında seyrettirilerek zamana göre ücretlendirme yapması sağlanıp, taksimetre ekranında hata alt ve üst sınırlarında ekran fotoğrafının mobil yazılım tarafından otomatik olarak çekilmesi sağlanacaktır. Çekilen iki fotoğrafta okunan değerlerle taksimetrenin hatalı sonuç gösterip göstermediği kontrol edilecektir. Ayrıca sonuçların güvenilirliği açısından, muayene esnasında çekilen fotoğrafların da veri tabanına otomatik olarak kaydedilmesi sağlanacaktır.

Tez çalışması sonunda ortaya konan örnek tasarım cihazın, referans olarak belirlenecek bir taksimetre ile doğruluk testleri yapılmıştır. Referans taksimetre ile tasarlanan cihazın hem birim zaman hem de birim mesafe testleri ayrı ayrı değerlendirip, referans taksimetre cihazının birim mesafe uzunluğu hata sınırları içinde ve dışında bırakılacak şekilde değiştirilerek farklı mesafelerde testler yapıp tasarlanan test cihazının performansı incelenmiştir.

Tez çalışmasının ikinci bölümünde, taksimetreler hakkında genel bilgi verilerek Türkiye'de kullanılan taksimetrelerin çalışma prensibi ve ücret hesaplama yöntemleri

anlatılmıştır. Ayrıca Türkiye’de taksimetrenin piyasaya arz koşulları ve mevzuatları, bu mevzuatlar çerçevesinde taksimetrelerin izin verilebilir hata sınırlarına değinilmiştir. Tezin üçüncü bölümünde, taksimetrelerin mevcut periyodik muayene yöntemleri, dördüncü bölümde ise bu yöntemlere alternatif olabilecek üçüncü bir uygulama yöntemi, örnek tasarımla birlikte ortaya konarak bu tasarımın çalışma prensibi anlatılmıştır. Tezin beşinci ve son bölümünde; referans taksimetre ile yapılan testlerde elde edilen sonuçların farklı istatistiksel metotlarla değerlendirilmesi yapılarak, sonuçların tutarlı olup olmadığı incelenmiştir.



2. TAKSİMETRELER HAKKINDA GENEL BİLGİLER

2.1 Taksimetre Nedir?

Genel olarak taksimetreler, sürücü dahil en çok sekiz oturma yeri olan ve insan taşımak amacıyla imal edilmiş, ticari motorlu bir araç olan taksilerde, ulaşım hizmeti bedelinin hesaplanmasında kullanılan bir ölçüm cihazdır. Taksimetre Muayene Yönetmeliği'nde taksimetrenin daha özel tanımı *“takıldığı taksinin özelliklerine ve ayarlandığı tarife esas alınarak yolcunun ödemesi gereken ücreti taksimetre ücret hesaplama yöntemine göre sürekli olarak hesaplayabilen ve ücret göstergesinde gösterebilen ölçü aleti”* olarak belirtilmiştir (Anonim, Taksimetre Muayene Yönetmeliği, 2013).

2.2 Taksimetrenin Ücret Hesaplama Yöntemleri

2.2.1 Dönüşüm hızı

Genellikle taksilerin, hareket halindeyken mesafeye göre ücret yazdığı, durduğu zaman ise ücret yazmadığı veya bekleme ücreti yazdığı bilinir. Ancak metropol şehirlerdeki trafik yoğunluğu göz önünde bulundurulursa, bunun taksici aleyhine bir sonuç doğuracağı aşıkardır. Bu sebeple taksimetrelerin piyasaya arzına ilişkin teknik mevzuatı (Ölçü Aletleri Yönetmeliği) hazırlanırken bu durum göz önünde bulundurulmuş ve dönüşüm hızı belirlenmiştir.

Dönüşüm hızı(Cross-over speed-CS), bir saat için belirlenen zaman tarifiesi değerinin, bir kilometre için belirlenen mesafe tarifiesi değerine bölünmesi ile bulunan hız değerini ifade etmektedir. Denklem 2.1'de dönüşüm hızının nasıl hesaplandığı gösterilmiştir. Dönüşüm hızı, isminden de anlaşılacağı gibi; bir hız sınırı olup, taksi bu hızın altında seyrederken zamana göre ücretlendirme, bu hızın üzerinde seyrederken ise mesafeye göre ücretlendirme yapmaktadır. Taksi fiyat tarifeleri belirlenirken, dönüşüm hızı dikkate alınacak şekilde; bir saatlik ücret, bir kilometre ücreti, birim zaman ve birim mesafe ücretleri standart olarak belirlenmektedir.

$$DH = \frac{1 \text{ saat ücret } \text{₺}/s}{1 \text{ kilometre ücret } \text{₺}/km} = \frac{km}{s} \quad (2.1)$$

Çizelge 2.1’de Ankara ilinin taksi ücret tarifesi gösterilmiş ve dönüşüm hızı 6,486 km/s olarak belirlenmiştir. Genellikle dönüşüm hızı 9-13 km/s aralığında değişmekle birlikte bu değer bazen bu aralığın altında veya üzerinde de olabilmektedir. Ülkemizde dönüşüm hızı 2003 yılında TS EN 50148 taksimetre standardının zorunlu olmasından beri uygulanmaktadır (Altunkaya, 2016)

Çizelge 2.1 Ankara 2021 yılı taksi ücret tarifesi

Açılış Ücret	Mesafe Tarifesi	Zaman Tarifesi	Birim Zaman (1 dk)	Birim Mesafe (100 m)	Dönüşüm Hızı (km/s)
5 ₺	3.70 ₺	24 ₺	0.40 ₺	0.37 ₺	6.486 km/s

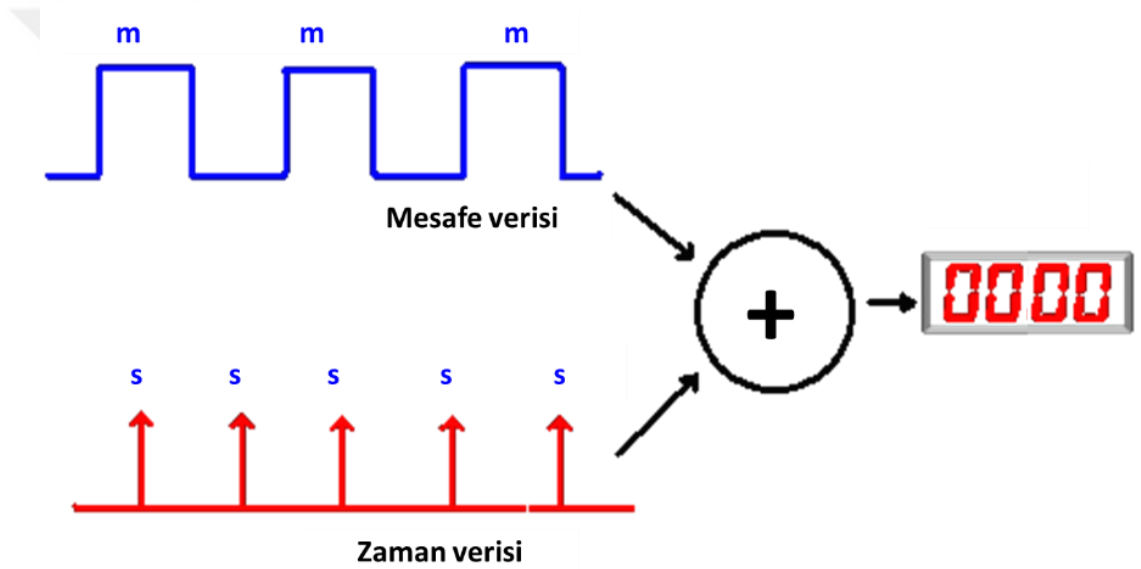
Taksimetreler ücretlendirmeyi; mesafe ve zamana bağlı olarak iki parametreyle yapmaktadır. Bu parametrelerin aynı anda bir arada kullanılarak ücretlendirme yapıldığı yöntem D modu hesaplama, bu parametrelerin dönüşüm hızına bağlı olarak sadece zaman ya da sadece mesafeye bağlı olarak yapılan ücretlendirme yöntemi ise S modu hesaplama olarak isimlendirilmektedir (Anonim, Ölçü Aletleri Yönetmeliği(2014/32/AB), 2016).

2.2.2 Tek tarife modu (S modu)

İngilizce single(tek) kelimesinden gelen S modu, taksimetrenin dönüşüm hızının altında zaman tarifesi uygulaması ve dönüşüm hızının üstünde mesafe tarifesi uygulamasına dayanan ücret hesaplama yöntemidir. Bu hesaplama yönteminde aynı anda hem zaman hem de mesafe ücretlendirmesi yapılmaz. Taksi, dönüşüm hızının altında seyrederken zaman ücretlendirilir; dönüşüm hızının üstünde seyrederken ise mesafe ücretlendirilir. Türkiye’deki taksilerin tamamı ve Avrupa’daki taksilerin çok büyük bir kısmı S modunda çalışmaktadır.

2.2.3 Çift tarife modu (D modu)

Bu modda taksimetre, bütün yolculuk süresince zaman ve mesafe tarifelerini eş zamanlı olarak uygulamakta ve buna göre ücret hesaplamaktadır. Yani taksimetre, aynı anda hem mesafeyi hem de zamanı ücretlendirmektedir. Dolayısıyla bu modda, belirli bir hız sınırı olmadığı için dönüşüm hızı kullanılmaktadır. Yolculuk süresince, yani taksimetrenin açık olduğu süre boyunca hem zaman hem de mesafe aynı anda ücretlendirilmeye dahil edilmektedir. Şekil 2.1’de D modunda hesaplama yapan taksimetrenin diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Taksimetre D modu çalışma diyagramı

Ülkemizde bu mod kullanılmamaktadır. Ayrıca dünya genelinde çok az sayıda ülke bu modu tercih edilmektedir. Ancak, hali hazırda ülkemizdeki tüm taksimetreler hem piyasaya arz yönetmeliği hem de zorunlu bir AB mevzuatı olan Ölçü Aletleri Yönetmeliği-2014/32/AB (Measuring Instruments Directive, MID -214/32/EU)’ne göre hem S, hem de D modunda çalışacak şekilde üretilmektedir.

2.3 Ülkemizde Taksimetrelere Yönelik Muayene ve Denetim Türleri

Ülkemizde, ticari faaliyette kullanılan tüm ölçüm cihazlarının; imalatı, ithalatı, satışa arzı, kullanımı, SI birimler sistemine uygun olması, doğru ayarlı olarak çalışması, ayrıca piyasaya arz edildikten sonra denetimlerinin yapılması, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığınca 3516 sayılı Ölçüler ve Ayar Kanunu ve bu kanuna dayanılarak çıkarılan alt yönetmeliklerle düzenlenmiştir (Anonim, Ölçüler ve Ayar Kanunu, 1989). Söz konusu kanunda tanımlanmış olan 5 tip denetim ve/veya muayene türü bulunmaktadır. Bunlar;

İlk muayene: Genel olarak, yeni üretilen bir ölçüm cihazının satışa veya kullanılmaya başlamasından önce yapılan muayene türüdür. Bu süre taksimetreler için 3 yıldır.

Periyodik muayene: Belli sürelerde olmak üzere, ölçüm cihazının genel olarak doğruluk kontrolüdür. Ölçüm cihazına göre değişim gösteren bu süre, taksimetreler için, taksimetrenin ücret hesaplamasının baz alındığı iki tarife değişikliği arasında geçen süre kadardır. İlgili kurum/kuruluş tarafından taksimetreler için yeni tarife yayımlandığında, taksimetre kullanıcısı 20 iş günü içinde periyodik muayenesini yaptırmak zorundadır. Yapılan periyodik muayenenin geçerlilik süresi; bir sonraki tarife değişikliğine kadardır. Ayrıca ilk defa bir taksiye montajı yapılan taksimetre için; taksimetrenin periyodik muayenesinin montaj tarihinden itibaren 5 iş günü içinde tekrar yaptırılması gerekmektedir (Anonim, Taksimetre Muayene Yönetmeliği, 2013).

Ani muayene: Bakanlık merkez ve taşra teşkilatı tarafından görülen lüzum veya gelen ihbar üzerine, ölçüm cihazının bulunduğu yerlerde haber verilmeden yapılan muayenedir (Anonim, Taksimetre Muayene Yönetmeliği, 2013).

Şikâyet muayenesi: Bir ölçüm cihazının doğru çalışıp çalışmadığını tespit etmek için yazılı şikâyet üzerine yapılan muayenedir (Anonim, Taksimetre Muayene Yönetmeliği, 2013).

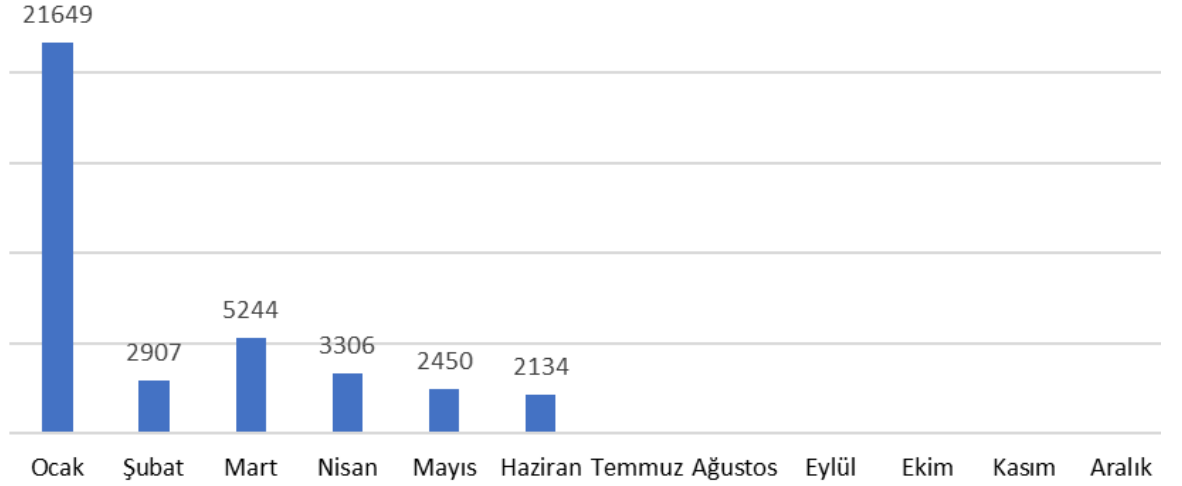
Stok muayenesi: Henüz satılmayıp depo, atölye, imal veya satış yerlerinde stok halinde bulundurulan ölçüm cihazının, periyodik muayene süreleri içinde tekrar tabi tutuldukları bir muayene şeklidir. Yani satışa hazır halde bekleyen ölçüm cihazına yapılan periyodik muayenedir (Anonim, Taksimetre Muayene Yönetmeliği, 2013).

Ülkemizde taksimetrelerin doğruluk kontrolü, yani muayene yaptırmalarını gerektiren en yaygın durumlar şunlardır:

- Aracın normalde kullanmakta olduğu jant boyutundan yani doğruluk kontrolünün yapıldığı andaki lastik boyutundan farklı ölçülere sahip bir lastik değişimi yapıldığında, zaman geçirmeden doğruluk kontrolü yaptırılması yasal bir gerekliliktir. Çünkü lastiğin ölçüleri değiştiğinde lastik boyutuna göre ayarlanmış olan taksimetre, tarifieden farklı bir ücreti müşteriye yansıtacaktır. Bu sebeple ivedi olarak taksimetrenin doğruluk kontrolünün yaptırılması gerekmektedir.
- Herhangi bir sebeple taksimetrenin bozulması durumunda, yani tamir ettirilmeleri gereken bir durum ortaya çıkması durumunda, tamir işlemi yapıldıktan sonra zaman geçirmeden doğruluk kontrolü de yaptırılması gerekmektedir.
- Taksi ücret tarifesinin değişmesi durumunda doğruluk kontrolü yeni tarife değerlerine göre yeniden yapılması gerekmektedir.

Açıklanan bu üç durumda temel prensip taksi hizmeti veren veya bu hizmeti alan taraflar arasında olası maddi bir zarar oluşmaması için taksimetrenin ticari faaliyete başlamadan önce kontrol ettirilmesidir.

Şekil 2.2’de, 2021 yılında Türkiye’de gerçekleştirilen taksimetre muayene sayıları verilmiştir. Genellikle her yıl ocak ayında, taksiler için yeni tarifeler belirlendiğinden; ilgili grafikte diğer aylara nispeten ocak ayında daha fazla periyodik muayene yapıldığı görülmektedir.



Şekil 2.2 2021 yılı aylara göre taksimetre muayene sayıları (STB, 2021)

2.4 Taksimetrenin Maksimum İzin Verilebilir Hata (MİH) Sınırları

Taksimetrelerin doğru ölçüm yapıp yapmadığına yönelik yapılan metrolojik (ölçüm doğruluğu) kontrollerde iki farklı hata değeri kullanılmaktadır. Bunlar; taksimetrenin piyasaya arz öncesinde yani üretim aşamasında yapılan ölçümlere ilişkin hata sınırları ve kullanımda olan taksimetreler için belirlenmiş olan hata sınırlarıdır.

Kullanımda olan taksimetrelerde hata, araçtan kaynaklanan bazı özelliklere ve kalibrasyon sırasında yapılan kişisel hatalara da bağlı olduğundan daha yüksek olmaktadır (Altunkaya, 2016). Maksimum izin verilebilir hata sınırları çizelge 2.2’de verilmiştir. Çizelge 2.2 incelendiğinde, laboratuvar ortamındaki yani üretim aşamasındaki (ilk muayene) hata sınırlarının, kullanımda olan taksimetrelerin hata limitlerinden daha düşük olduğu görülecektir. Kullanımda olan taksilerde mesafe ölçümünde 10 kat, zaman ölçümünde 2 kat daha yüksek hata sınırları kabul edilmektedir.

Üretim aşamasında kullanılan hata sınırları, zorunlu bir AB mevzuatı olan ve Türkiye’de de zorunlu tutulan Ölçü Aletleri Yönetmeliği(2014/32/AB) ile belirlenmiştir. Kullanımda olan taksimetrelerin hata sınırları ise; Türkiye’deki yasal metroloji otoritesi olan

Metroloji ve Sanayi Ürünleri Güvenliği Genel Müdürlüğünce yürürlüğe konan Taksimetre Muayene Yönetmeliği ile belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasının konusunu; taksimetrelerin periyodik muayeneleri oluşturduğu için, kullanımda olan taksimetrelerle uygulanan hata sınırları referans alınacaktır. Hali hazırda kullanımda olan taksimetrelerle zorunlu olarak yapılan periyodik muayenelerde taksimetrelerin bu hata sınırları içerisinde çalışıp çalışmadığı kontrol edilmekte ve hata sınırları dışında olan taksimetreler, kullanıcıları tarafından gerekli düzeltmeyi yaptırana kadar kullanımdan men edilmektedir.

Çizelge 2.2 Taksimetrelerin maksimum izin verilebilir hata sınırları

	<i>Piyasaya arz öncesi (üretim aşaması) İlk muayene</i>	<i>Piyasaya arz sonrası (kullanımda olan) Periyodik muayene</i>
Ölçülen zaman hatası	$\pm \% 0,1$ (Hata 0,2 s'yi geçemez)	$\pm \% 0,2$
Ölçülen mesafe hatası	$\pm \% 0,2$ (Hata 4m'yi geçemez)	$\pm \% 2$

2.5 Taksimetrelerin Piyasaya Arz Koşulu ve Mevzuatları

Taksimetreler, 3516 sayılı Ölçüler ve Ayar Kanunu kapsamında ticarete konu olan bir ölçüm cihazı olduğundan, üretimleri; zorunlu bir izne tabidir. Bu sebeple üretim izni olarak ölçüm cihazlarına Tip Onay Belgesi verilmektedir. Bu belgeyle taksimetrenin, Kanun'un gerektirdiği yönetmelik ve/veya standartlara uygun olduğu, yani ilgili teknik düzenlemesine uygun olduğu belgelendirilmektedir.

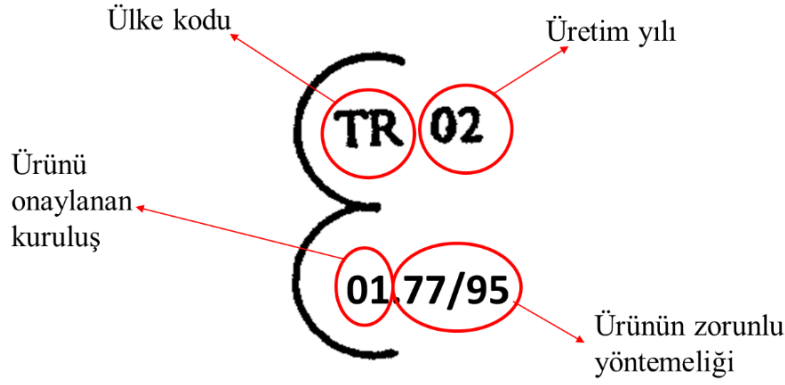
Aksine bir hüküm olmadığı sürece Tip Onay Belgeleri 10 yıl geçerlidir. Taksimetre cihazı üretecek bir firma, bu belgeyle tipini(model) belgelendirdiği cihaz için 10 yıl boyunca üretim yapabilir. Tip Onay Belgesi düzenlenen taksimetrenin; ilgili teknik mevzuatına uygun olarak tüm yapısal ve fonksiyonel özellikleri barındırdığı, müsaade edilen

maksimum hata sınırları içinde çalıştığı, öngörülen ve atıf yapılan bütün elektriksel, çevresel ve elektromanyetik uyumluluk (Electromagnetic Compatibility, EMC) testlerinden geçtiği anlamına gelmektedir.

Ülkemizde taksimetrelerin piyasaya arzına ilişkin bir teknik düzenlemeye uygunluğunun denetimi gerçek anlamda ilk olarak Taksimetre Yönetmeliği (77/95/AT) ile başlamıştır. Avrupa Birliği'nin 77/95/EEC sayılı Taksimetre Direktifi uyumlaştırılarak Taksimetre Yönetmeliği(77/95/AT) adıyla 2002 yılında yayımlanmış ve ülkemizde zorunlu hale gelmiştir. 77/95/AT yönetmeliği taksimetrelerin piyasa arz edilmeden önce her türlü fonksiyonel, fiziksel ve çevresel test, deney ve muayene gibi uygunluk değerlendirme süreçlerin tabi tutulmasını kapsamaktadır. Şekil 2.3'te, 77/95/AT yönetmeliğine uygun olarak üretilen bir taksimetre üzerine iliştilmesi zorun olan uygunluk işareti gösterilmektedir. Bu işaret, 77/95/AT yönetmeliğine göre imal edilen her taksimetrenin satışa sunulmadan önce üzerine yapıştırılması gereken zorunlu bir işarettir.

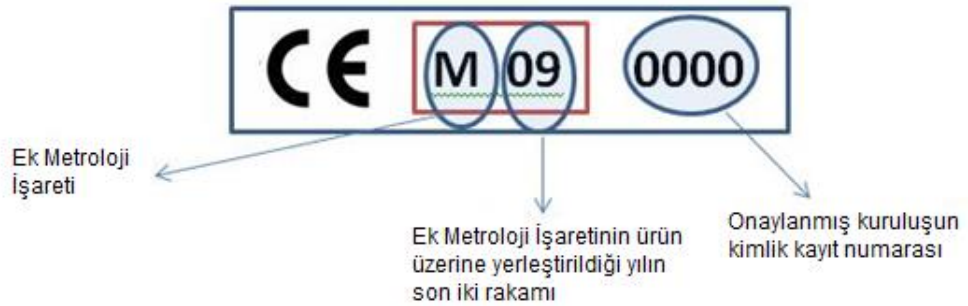
Taksimetre Yönetmeliği(77/95/AT), yine bir AB yönetmeliği olan Ölçü Aletleri Yönetmeliği'nin 7 Ağustos 2008 yürürlüğe girmesiyle uygulamadan kaldırılmıştır. Avrupa Birliği'ne üye ülkelerde MID-2004/32/EU-Directive olarak yürürlüğe alınan yönetmelik, birliğe uyum mevzuatı çerçevesinde ülkemizde de Ölçü Aletleri Yönetmeliği(201/32/AB) olarak Resmi Gazete' de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

Avrupa Birliği bu yönetmelikle yeni bir yaklaşıma gitmiş olup, her ürün için ayrı direktif yayınlamak yerine benzer ürün gruplarının tek bir çerçeve yönetmelik altına alınmasına ve ürünün yönetmeliğe uygunluğunu test edecek bağımsız kuruluşların Avrupa Komisyonu tarafından yetkilendirilen bir otorite tarafından atanmasına karar vermiştir. Atanan bu kuruluşlar Onaylanmış Kuruluşlar olarak isimlendirilmektedir.



Şekil 2.3 Taksimetre Yönetmeliği (77/95/AT)’ne uygunluk işareti

Yeni yaklaşım çerçevesinde uygulanan bu yönetmelikle, bir sağlık ve güvenlik işareti olan CE işaretinin taksimetrelerde de kullanılması zorunlu hale gelmiştir. CE işareti, üzerine ilişitirildiği ürünün; insan, hayvan ve çevre açısından sağlıklı ve güvenli olduğunu göstermektedir. Ölçü Aletleri Yönetmeliği kapsamında üretilecek bir ürün, yönetmelik ekinde yer alan teknik gereklilikleri sağlamak zorunda olup, gerekli testleri başarıyla geçen ürünler için onaylanmış kuruluşlarca AB Tip Onay Belgesi düzenlenmekte ve bu şekilde ürünün üretimine, dolayısıyla piyasaya arz edilmesine izin verilmektedir. 2008 yılından beri yürürlükte bulunan Ölçü Aleti Yönetmeliği kapsamında, üretilen bir taksimetre üzerinde zorunlu olarak taşınması gereken işaretler şekil 2.4’te verilmiştir (STB, 2020).



Şekil 2.4 Ölçü Aletleri Yönetmeliği ürün etiketi

3. TAKSİMETRELERİN PERİYODİK MUAYENE YÖNTEMLERİ

3.1 Türkiye’de Taksimetre Periyodik Muayene Yöntemleri

Türkiye’de taksimetrelerin periyodik muayeneleri her taksimetre tarife değişikliğinden sonra rutin olarak yapılmaktadır. Ancak taksinin lastik değişimi yapıldığında veya taksimetreye bir onarım işlemi yapıldığında periyodik muayene süreci tekrar işletilmektedir. Bu işlemlerden herhangi biri yapıldığında, periyodik muayene süresi, işlemin yapıldığı andan itibaren bir sonraki taksimetre tarife değişikliğine kadar ötelenmektedir.

Taksimetrelerin periyodik muayeneleri; görsel kontrol ve metrolojik kontrol olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmektedir. Her iki aşamada da uygun bulunan taksimetrelerin periyodik muayeneleri tamamlanmış olmaktadır. Birinci aşamada görsel kontrol gerçekleştirilmektedir. Görsel kontrolde uygun bulunan taksimetrelerin metrolojik kontrollerine geçilmektedir. Görsel kontrolde muayeneye ilişkin ön inceleme yapılmaktadır. Bu inceleme kapsamında, taksimetrenin ilgili teknik düzenlemesine uygun olup olmadığına ilişkin cihaz üzerinde bulunan; işaret ve etiket bilgileri, 2.bölümde de belirtilen hususlar açısından kontrol edilmektedir. İkinci aşama olan metrolojik kontrolde ise taksimetrenin doğru ölçüm yapıp yapmadığına ilişkin testler gerçekleştirilmektedir.

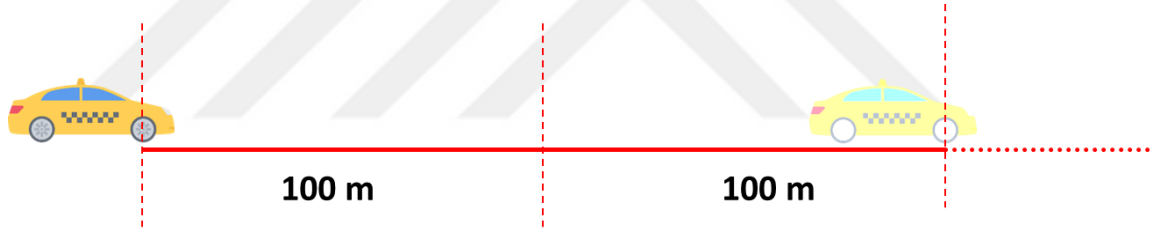
Bu test yöntemleri Taksimetre Muayene Yönetmeliği ile belirlenmiştir. Bu yönetmelikte iki yöntem tanımlanmıştır. Her iki yöntemde de taksimetrenin birim zaman ve birim mesafede kontrolü yapılmakta ve taksimetrenin tarife değerlerine uygun olarak ücretlendirme yapıp yapmadığının kontrolü sağlanmaktadır.

3.1.1 Şerit metre ve kronometre ile periyodik muayene

Bu yöntemde doğruluk kontrollü yapılırken, ölçüm ekipmanı olarak kalibrasyon sertifikası bulunan bir şerit metre ve kronometre kullanılmaktadır.

3.1.1.1 Mesafeye göre ücretlendirme kontrolü

Şerit metre ile en az 200 m uzunluğunda başlangıç ve bitiş noktaları belli olan düz bir pist çizilmekte ve kontrol yapılan ilin birim mesafe uzunlukları pist üzerinde işaretlenmektedir. Taksimetrelerin birim mesafe uzunluğu ve birim zaman süresi taksicilerin bağlı bulunduğu esnaf ve sanatkârlar odaları tarafından belirlenmektedir. Türkiye'nin tamamında, taksimetrelerin birim mesafe uzunluğu 100 m olarak belirlenmiştir. Taksimetre, dönüşüm hızı üzerinde seyrederken her 100 m için bir ücret hesaplaması ve bu ücretleri toplayarak hesaplamaya devam etmesi gerekmektedir. Bu yöntemde araç, pist üzerinde dönüşüm hızının üzerinde seyrettirilmeye çalışılarak mesafeye göre doğru ücretlendirme yapıp yapmadığı kontrol edilmektedir. Şekil3.1'de bir taksinin muayene esnasında düz pist üzerinde hareketi gösterilmiş olup pist üzerinde taksimetrenin her 100 metrede bir ücret yazıp yazmadığının kontrolü temsili olarak gösterilmiştir.

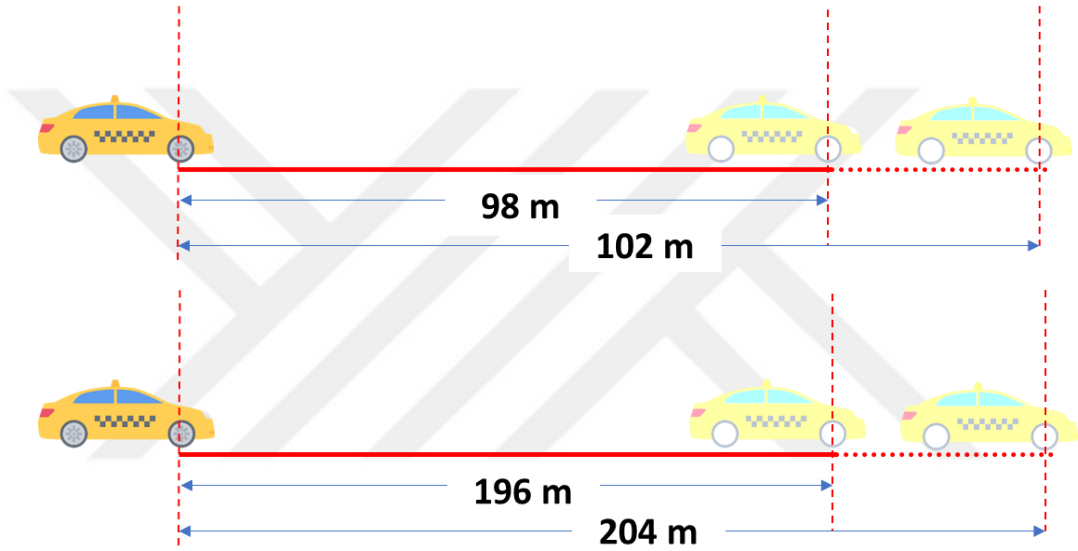


Şekil 3.1 Aracın mesafeye göre hesaplama kontrolünde pist üzerinde hareketi

Periyodik kontrolü yapan teknik personel, taksi şoförüyle birlikte araca binerek taksimetreyi açmakta ve taksi şoföründen, dönüşüm hızının üzerine çıkacak şekilde aracı hızlıca hareket ettirmesini istemektedir. İlgili personel, 100'üncü metrede işaretlenen yere geldiğinde, birim mesafe kadar fiyat gösterip göstermediğini duyuşsal olarak taksimetre ekranından kontrol etmektedir. Araç hız seyrini durdurmadan pist üzerinde hareketini devam ettirmekte ve ikinci 100 metreye ulaşınca ani fren yaparak durması istenmektedir.

Taksimetre Muayene Yönetmeliği'ne göre bu testin en az iki defa yapılması zorunludur. Yapılan her testte de taksimetrenin MİH sınırları içinde çalıştığının belgelendirilmesi

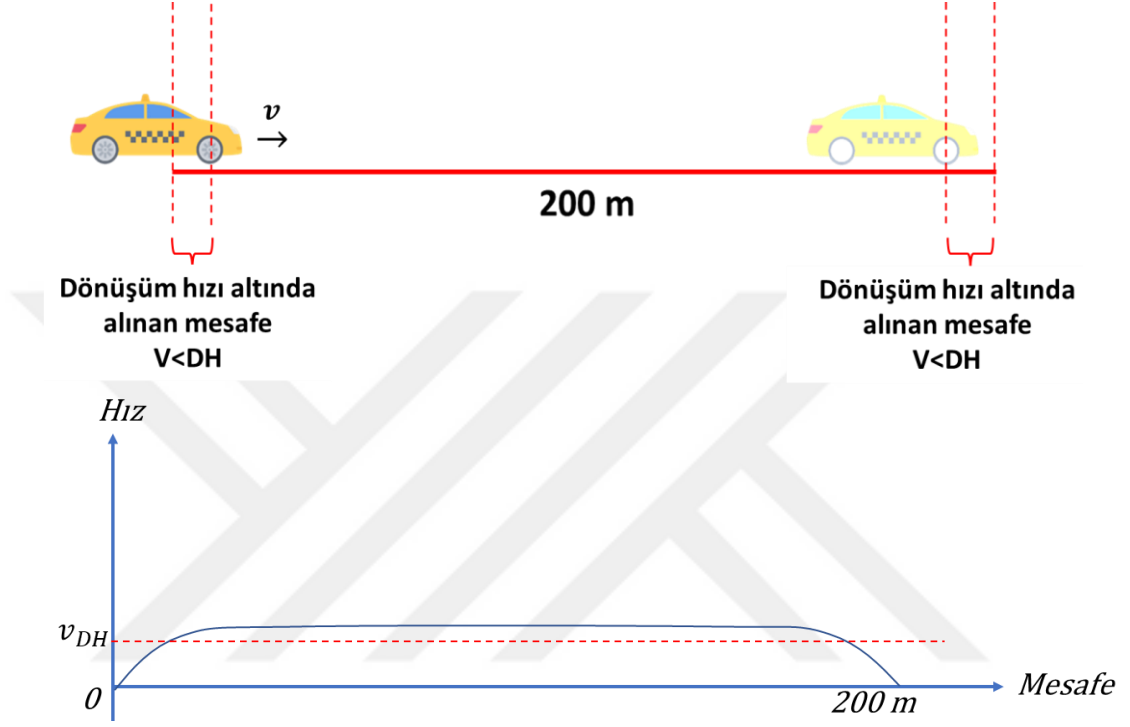
gerekmektedir. Yönetmelikte bu hata değeri $\pm\%2$ olarak belirlenmiştir. Yani taksimetrenin, normalde ölçmesi gereken 100 m'den maksimum ± 2 m sapması beklenmektedir (Anonim, Taksimetre Muayene Yönetmeliği, 2013). Şekil 3.2'de taksimetrenin 100 metre ve 200 metre birim zaman kontrolünde, birim ücret yazması gereken maksimum izin verilebilir hata ($\pm\%2$) alt ve üst mesafe sınırları temsili olarak gösterilmiştir. 100 metre kontrolünde taksinin minimum 98 metrede maksimum 102 metrede olmak üzere bir defa, 200 metre kontrolünde ise; minimum 196 metre maksimum 204 metrede olmak üzere iki defa birim ücret yazması beklenmektedir.



Şekil 3.2 Taksimetre mesafe kontrolündeki sapması

Bu yöntemde mesafe kontrolü yapılırken, araç başlangıç noktasında hareketsiz haldeyken aynı anda hem taksimetre açılmakta hem de ani bir şekilde hareket ettirilerek dönüşüm hızının üzerine çıkarılmaya çalışılmakta ve bitiş noktasına yaklaşıncaya yavaşlayarak ani frenle durdurulmaya çalışılmaktadır. Ancak taksinin, hızın 0'dan dönüşüm hızının üzerine çıkıncaya kadar kat ettiği mesafe ihmal edilmektedir. Aynı şekilde bitiş noktasında, hızın dönüşüm hızından duruncaya kadar olan mesafede ihmal edilmektedir. Dönüşüm hızı altında kat edilen bu mesafeler de metrolojik kontrole dâhil edilmektedir. Yani araç; her halükârda pistin başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki hareket boyunca

dönüşüm hızı üzerinde seyrediyormuş gibi değerlendirilmeye alınmaktadır. Şekil 3.3'te taksinin birim mesafe kontrolü esnasında tamamen dönüşüm hızı üzerinde seyretmesi gerekirken araç pist üzerinde hareket etmeye başlaması ve durma esnasında dönüşüm hızı altında seyrederek bu mesafenin ölçüme dâhil edilmesi temsili olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Taksinin DH altında kat edilen mesafesi

Sahada, muayene personelleri tarafından farklı çözüm yöntemleri uygulanarak pist içinde dönüşüm hızı altında kat edilen mesafe elimine edilmeye çalışılmaktadır. Bu yöntemle araç, pistin birkaç metre gerisinden hareket ettirilmekte ve pist içinde aracın dönüşüm hızı üzerine seyretmesi sağlanmaktadır. Bu şekilde pistin girişinde, dönüşüm hızı altında kat edilen mesafe kısmen elimine edilebilse de pist bitiş noktasında aynı durum devam edecektir.

Ayrıca, periyodik kontroller için düz bir pist temin etmek servisler açısından kolay olmamaktadır. Özel mülkiyet alanında böyle bir alanın kiralanması, servisler açısından maliyetli olmaktadır. Genelde muayene servisleri, servise yakın تنها bir sokak veya

caddeyi pist olarak kullanılmakta, bu da iş sağlığı ve güvenliği açısından birtakım riskler barındırmaktadır.

3.1.1.2 Zamana göre ücretlendirme kontrolü

Bu kontrolde, zaman ölçmek için; saat, dakika, saniye, 10 milisaniye cinsinden ölçüm yapabilme ve tur zamanlarını hafızasında tutabilme yeteneğine sahip bir kronometre kullanılmaktadır. Zamana göre ücretlendirme kontrolünde, “taksi beklerken veya dönüşüm hızının altında” bir hızda seyrederken birim zaman aralıklarında çalışmasının MİH sınırları içerisinde olup olmadığı incelenmektedir. Taksimetre Muayene Yönetmeliği’nde bu testin en az iki kez yapılması ve her kontrolde taksimetreizin izin verilebilir hata sınırları içinde çalışıyor olması gerektiği belirtilmektedir. Birim zaman süresi taksicilerin bağlı bulunduğu esnaf ve sanatkârlar odaları tarafından belirlenmektedir. Türkiye’nin tamamında taksimetrelerin birim zaman süresi 1 dakika olarak belirlenmiştir. Taksimetre, taksinin dönüşüm hızı altında seyrederken veya beklediğinde her 1 dakika için taksi ücreti tarifesinde belirtilen ücret kadar artması ve bu ücreti toplayarak hesaplaması gerekmektedir.

Birim zaman kontrolünde muayene personeli, taksimetre ile kronometreyi aynı anda açtıktan sonra taksiciden bazen durarak beklemesini bazen dönüşüm hızı altında bir hızda hareket etmesini isteyerek birim zaman aralıklarında taksimetreizin birim tarife değerinde ücretlendirme yapıp yapmadığını gözlemlemektedir. Taksimetrede görünen birim zaman ücretinin o il için yayımlanan tarife değerlerinde artış gösterip göstermediği incelenmektedir.

Şekil 3.4’te 1 dakikalık bir kontrol gösterilmiştir. Örnekte de gösterildiği gibi muayene personeli kronometreyle taksimetreyi aynı anda açtıktan sonra taksimetrede ücret değişimini gördüğü anda kronometreyi durdurmakta ve gözlemlenen sürenin en az 59 saniye 88 milisaniye en çok 60 saniye 12 milisaniye olduğunu gözlemlemesi gerekmektedir.



Şekil 3.4 Birim zaman kontrolü (2021 Ankara tarifi)

Çizelge 3.1’de Ankara ili tarife değerlerine göre örnek olarak seçilen birim mesafe süreleri, bu sürelerdeki maksimum hata limiti ve belirtilen sürelerde taksimetrenin yazması gereken ücret değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.1 Örnek birim zaman kontrolü ve ücret değerleri (Ankara)

Kontrol süreleri	Minimum birim zaman süresi	Maksimum birim zaman süresi	MİH	Taksimetrede ücret hesaplaması
1 dakika	59880 ms	60120 ms	240 ms	0,40 ₺
6 dakika	359280 ms	360720 ms	1440 ms	2,40 ₺
8 dakika	479040 ms	480960 ms	1920 ms	3,20 ₺
....				

Birim zaman kontrolünde hata sınırının çok düşük olması, kontrolün insan refleksine ve dikkatine dayalı olması ölçüm doğruluğu üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Bu sebeple, bu metrolojik kontrolün işleyişinde insan kaynaklı hata riskinin yüksek olması nedeniyle uygulamanın hataya yatkın olduğu aşikârdır. Bununla birlikte, bu yöntemle yapılan kontrolün takibinin kayıt altına alınamaması; yapılan muayenenin çıkar ilişkilerine dayalı hale gelmesine ortam hazırlamaktadır.

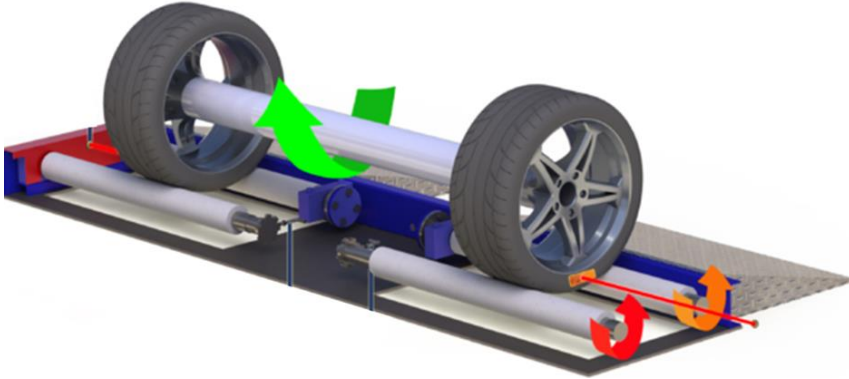
3.1.2 Tamburlu (rooling road) ölçüm sistemi ile periyodik muayene

Bu yöntemde doğruluk kontrolü yapılırken ölçüm ekipmanı olarak tamburlu test ekipmanı kullanılmaktadır. Bu ekipman, taksimetrenin birim zamanda doğru değer

gösterip göstermediğini kontrol eden ve içerisinde bir kronometre barındıran bir el terminali ve elektromekanik bir tamburdan oluşmaktadır.

3.1.2.1 Mesafeye göre ücretlendirme kontrolü

Bu sistemde taksi, şekil 3.5’te görüldüğü gibi bir tambur üzerine çıkartılmaktadır. Tambura bağlı olan bir elektrik motoru, tamburu döndürmekte ve dönen tamburla araç lastiği döndürülmektedir. Test tamburu, kendisine bağlı olan bir el terminaliyle kontrol edilmekte, talimatlar ve sonuçlar bu el terminal aracılığıyla verilmekte ve gözlemlenmektedir. Taksimetre ile test tamburu aynı anda açılıp, tamburun hızı taksi dönüşüm hızının üzerine bir anda çıkartılmaktadır. Yani tambur dönmeye başlarken el terminalinden girilen hız değerinde başlamaktadır. Bu değer, dönüşüm hızı üzerinde bir değer olmaktadır. Taksi tambur üzerinde test aşamasında iken, taksinin vitesi boşa alınıp dönüşüm hızı üzerinde seyrettirilir, 200 m sonra tambur ani fren durdurulur ve kat edilen bu mesafede taksimetrenin yazması gereken sonuç test tamburuna bağlı olan el terminaliyle gözlemlenir.



Şekil 3.5 Döner tambur(rooling road) test mekanizması (BaşarıTelematik, 2021)

3.1.2.2 Zamana göre ücretlendirme kontrolü

Bu test yönteminde taksimetrenin birim zamanda ücretlendirme kontrolü, bir önceki yöntemde anlatılan kronometre ile yapılan kontrol ile aynıdır. Aynı süreç burada da işletilmektedir. Bir kronometre ile taksimetre bu defa tambur üzerinde dönüşüm hızı altında seyrettirilirken birim zamanda yani dakikada bir göstermesi gereken değeri gösterip göstermediği test edilmektedir.

3.2 Bazı Ülkelerdeki Taksimetre Muayene Yöntemleri

Yasal metroloji kapsamında taksimetre cihazlarını doğru ölçüm yapıp yapmadığına dair yapılan ölçüm kontrollerinde birçok ülkede farklı yöntemler ve uygulamalar bulunmaktadır. Kullanılan yöntemler ülkelerin yasal metroloji otoriteleri tarafından kabul edildiği dolayısıyla teknik açıdan uygun görüldüğü sürece birden fazla yöntem de kullanılabilir. Ülkemiz dahil birçok ülkede taksimetrelerin ölçüm testleri birden fazla yöntemle yapılmasına müsaade edilmektedir.

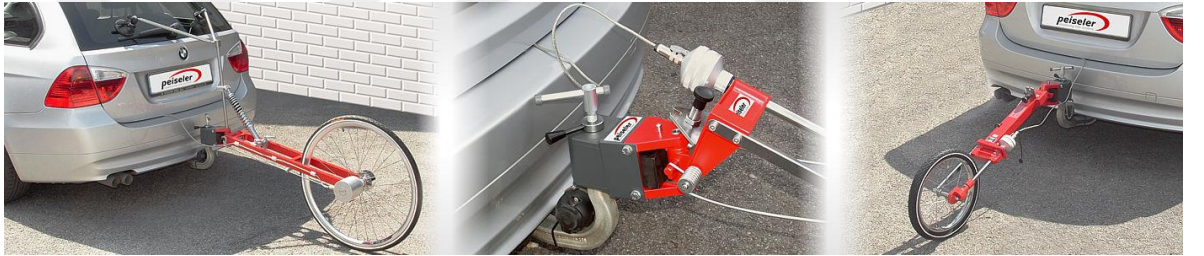
Bu bölümde dünyadaki bazı ülkelerdeki farklı uygulamalar incelenmiştir. İncelenecek ülkeler, farklı bölgesel yasal metroloji teşkilatlarının üye ülkelerinden seçilmiştir. Bu kapsamda; Amerika, Avusturya ve Japonya örnekleri incelenerek bu ülkelerde taksimetrelerin yasal metroloji açısından ölçüm testlerinde nasıl bir yöntem ve ekipmanlar yapıldığı araştırılmıştır.

3.2.1 Amerika Birleşik Devletleri (ABD)’nde muayene yöntemi

ABD’de kullanılan taksimetrelerde üç farklı ücretlendirme yöntemi bulunmaktadır. Bunlar sadece mesafeye göre ücretlendirme, sadece zamana göre ücretlendirme ve hem mesafe hem de zamanı tümleşik kullanan ücretlendirmedir. Ücretlendirme mesafe ve zaman göre yapıldığından bu iki parametrede taksimetre doğru ücretlendirme yapıp yapmadığı test edilmektedir (NIST, 2017).

Mesafe Testi: Mesafe testinde üç farklı yöntem kullanılabilir. Bunlar; pist yöntemi, beşinci teker yöntemi ve tambur yöntemleridir. Her 3 test yönteminde de mesafe testinin en az iki tekrar yapılması zorunludur. Mesafe testlerinde, üç birim mesafesi kadar ya da 1 mil mesafe kadar taksinin hareket ettirilmesi gerekmektedir. Mesafe testinde maksimum izin verilebilir hata sınırı- %4 ile +%1 aralığındadır (NIST, 2017). Örnek verilecek olursa; 2 km için yapılan testte, taksimetrenin 1920 m ile 2020 m aralığında yansıtması gereken ücreti taksimetre ekranında gösterip göstermediği kontrol edilmektedir.

- Pist yöntemi: Bu yöntem, uzunluğu şerit metre ile belirlenmiş olan bir pist üzerinde yapılmaktadır.
- Beşinci teker yöntemi: Bu yöntem şekil 3.6’da görüldüğü üzere taksiye bağlanacak mekanik bir beşinci tekerin dönmesi ve bu dönüşle kat edilen mesafenin ölçülmesine dayanmaktadır.
- Tambur yöntemi: Test edilecek mesafenin mekanik döner bir tambur üzerinde aracın tekerinin döndürülmesiyle elde edilen ölçüm yöntemidir.



Şekil 3.6 Beşinci teker test ekipmanı (Peiseler 5th Wheel, 2021)

Zaman Testi: Taksimetrenin birim zaman aralıklarının bir kronometre ile kontrol edilmesine dayanan muayene yöntemidir. Zaman kontrolünde maksimum izin verilebilir hata sınırı dakika başına minimum 3 saniye, maksimum 6 saniyedir. Örnek verilecek olursa; birim zaman aralığı 1 dakika olan taksimetrenin 57 saniye ile 66 saniye aralığında birim zamanda ücret yazıp yazmadığı kontrol edilmektedir (NIST, 2017).

3.2.2 Japonya’da muayene yöntemi

Japonya’da taksimetrelerin periyodik muayeneleri Japonya yasal metroloji otoritesi tarafından yetkilendirilen servisler tarafından her yıl yapılması zorunludur. Bu sebeple kullanım sıklığına bakılmaksızın Japonya’da her taksimetrenin 1 yıl aralıklarla doğru ücretlendirme yaptığını ölçüm testleriyle kanıtlaması gerekmektedir. Japonya’da taksimetrelerin periyodik kontrollerinde ölçüm testleri, şekil 3.7’de gösterildiği gibi mekanik döner tambur ve bu tambur sistemine bağlı bir bilgisayar otomasyonu ile yapılmaktadır (Çakan, 2016).



Şekil 3.7 Japonya taksimetre test ekipmanı (TMII, 2018)

Japonya’da taksimetrelerin periyodik muayenelerinde, mesafe kontrolü yapılırken ölçülen değer 1 km ve daha kısa ise maksimum izin verilebilir hata -40 m ile 0 arasında olmak zorundadır. Eğer ölçülen değer 1 km’den fazla ise maksimum izin verilebilir hata -%4 ile %0 aralığındadır (TMII, 2018).

Bir örnekle açıklayacak olursak; gerçek değer 1000 m olduğu bir ölçümde, ölçülen değer 1052 bulunması durumunda;

Hata = Ölçülen değer – Gerçek değer, olduğundan

Hata =1052-1000 =52 m olarak bulunur.

Bu durumda, 52 >0 olduğundan bu taksimetre testten kalmaktadır. Gerçek değer 1090 m olduğu ölçümde ise;

Hata = 1052-1090 = -38 olarak bulunur.

Bu durumda ise -38 m(-%3,4) hata değeri $-%4 < -\%3,4 < 0\%$ aralığında olduğundan bu taksimetre testten geçtiği anlamına gelmektedir.

3.2.3 Avusturya’da muayene yöntemi

Avusturya ve diğer Avrupa ülkeleri taksimetrelerin piyasaya arzına ilişkin ortak teknik mevzuatı kullanması sebebiyle Avrupa ülkelerinin tamamında taksimetreler aynı prensiple çalışmaktadır. Bu sebeple taksimetrelerin periyodik kontrollerinde taksimetrenin ücretlendirmeyi esas aldığı birim zaman ve birim mesafe kontrolleri yapılmaktadır. Ölçüm testlerinde Türkiye dahil diğer Avrupa ülkelerinde dolayısıyla Avusturya’da da mesafe ölçümünde $\pm\%2$, zaman ölçümünde ise $\pm\%0,2$ hata payı referans alınmaktadır. Kullanımda olan taksimetrelerin periyodik muayenelerine ilişkin ortak bir standart olmadığı için her Avrupa ülkesi doğru ölçüm yaptığı ve belirlenen hata sınırlarında çalıştığı kanıtlaya bildiği sürece kendi muayene yöntemini veya test ekipmanını kullanabilmektedir.

Periyodik muayeneye ilişkin süreçler her ülkenin kendi yasal metroloji otoritesine bırakılmıştır. Avusturya’da taksimetrelerin periyodik muayeneleri 2 yılda bir yapılmaktadır. Ancak taksinin lastik değişimi veya taksimetre ücret tarifesi değiştiğinde bu süreye bakılmaksızın taksimetrenin doğru ölçüm yaptığıının belgelendirilmesi için periyodik muayeneye tabi tutularak mesafe ve zaman testleri yapılmaktadır (Çakan, 2016).

Avusturya’da taksimetrelerin periyodik kontrolleri iki şekilde yapılmaktadır. İlk yöntem şekil 3.8’de görüldüğü gibi bir şerit metre ile pist üzerinde araç hareket ettirilerek mesafe kontrollü ve bir kronometre aracılığıyla ise zaman kontrolü yapılmaktadır (Çakan, 2016).



Şekil 3.8 Taksimetre mesafe ölçümünde kullanılan şerit metre ve pist (Çakan, 2016)

İkinci yöntem olarak mesafe ölçümünde şekil 3.9’da gösterilen cihaz kullanılmaktadır. Bu cihazda aracın mesafesini araç lastiğinin tur sayısından alan bir sensör ve yine zaman kontrolünü yapan bir kronometre bulunmaktadır. Bu yöntemde araç mekanik bir tambur üzerinde döndürülerek araç lastiğinin tur sayısından hız bilgisi alınmakta ve bu hız ve geçen zaman bilgisiyle aracın kat ettiği mesafe hesaplanmaktadır. Ayrıca kronometre ile de zaman testi yapılmaktadır (Çakan, 2016).



Şekil 3.9 Taksimetre mesafe ölçümünde kullanılan ölçüm cihazı (Çakan, 2016)

4. ÖRNEK TASARIM

Taksimetrenin periyodik muayenelerinde temel prensip; muayenenin Bakanlıkça yetkilendirilen, yani bu konuda eğitim alan kişiler tarafından yapılması, muayeneye ilişkin ölçümlerin doğru bir şekilde yapılması, taraflardan birinin lehine veya aleyhine sonuç çıkarmayacak şekilde hatasız yapılması ve yapılan ölçüm sonucunun ve muayene edilen taksimetreye ilişkin verilerin kayıt edilmesi ve rapor edilmesine dayanmaktadır. Bu tez çalışmasında; bu kriterler göz önünde bulundurulacak şekilde örnek bir tasarım geliştirilerek sunulmuştur.

4.1 Örnek Tasarımı Çalışma Yöntemi Hakkında Genel Bilgi

Tasarım, genel olarak tablet uyumlu bir mobil uygulama, bu mobil uygulama ile bluetooth üzerinden haberleşen bir ölçüm cihazı ve muayene ilişkin verilerin tutulduğu bir veri tabanından oluşmaktadır.

Muayeneye ilişkin gerekli olan veri girişleri ve muayene sonucunda alınması gereken veriler, mobil uygulama ile sağlanmaktadır. Mobil uygulama ara yüzü, sadece yetkilendirilen kişilerin erişim sağlayabileceği şekilde, kullanıcı adı ve şifre ile erişim sağlanabilecek yapıda tasarlanmıştır.

Genel olarak taksimetrelerin ölçüm kontrolünde, taksimetrenin zaman ve mesafe ücretlendirmesini doğru yapıp yapmadığı test edilmektedir. Çalışmaya konu olan örnek tasarımda, taksimetrenin zamanda ücretlendirmeyi doğru yapıp yapmadığı mobil uygulama üzerinde tasarlanan bir zamanlayıcı ile ölçülmektedir.

Zaman kontrolünde, mobil uygulama ara yüzünde küçük bir pencerede kamera açık olarak bekletilmekte ve test başladıktan sonra birim zaman süresi olan 60 saniyelik zamanın katlarında $\pm 0,2$ 'lik hata sınırlarında iki adet fotoğraf çekmesi sağlanmaktadır. Taksimetre Muayene Yönetmeliği'nde birim zaman testinin en az 1 dakika ve üst

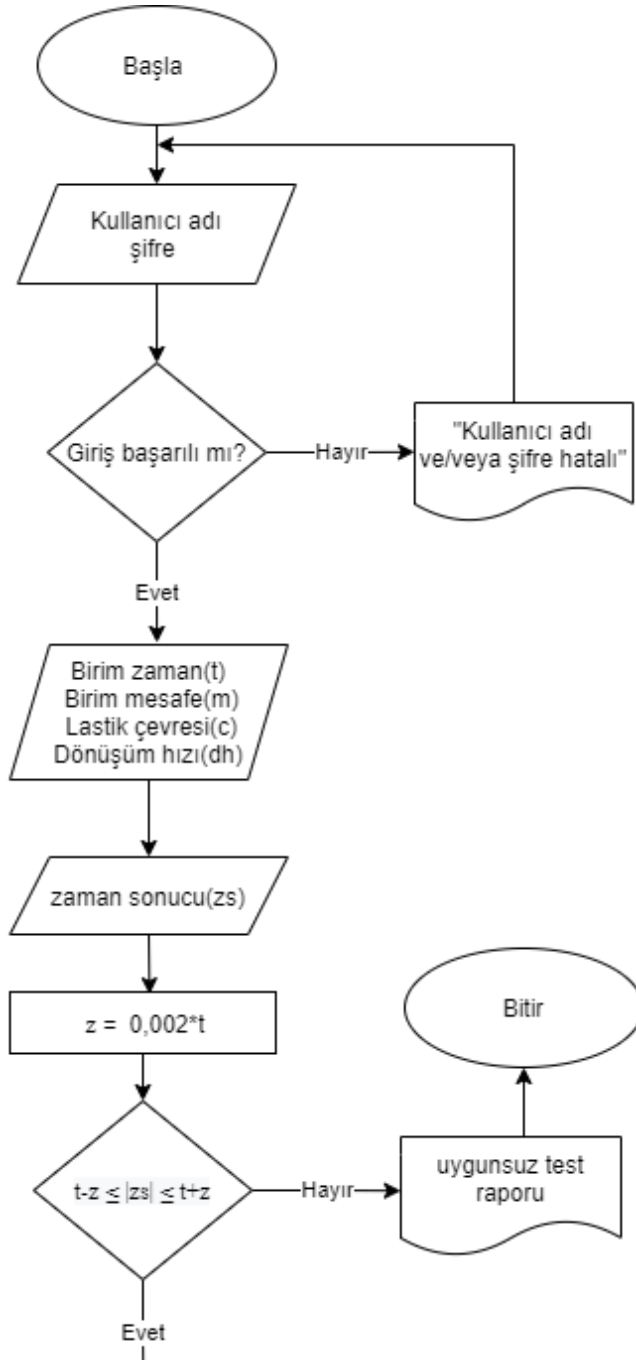
katlarında testin yapılması istenmektedir. Birinci fotoğraf zaman hata sınırından hemen önce ikincisi ise hata sınırının üst limitinde olmak üzere iki adet fotoğraf program tarafından otomatik olarak çekilmektedir. Bu iki süre arasında birim zamanda taksimetrenin ücretlendirmeyi doğru yapıp yapmadığının kontrolü sağlanmaktadır.

İkinci aşamada ise taksimetrenin mesafe kontrolü sağlanmaktadır. Mesafe kontrolü, tasarlanan test cihazı ile yapılmaktadır. Test cihazında temel olarak bir mikrodenetleyici, optik bir sensör ve bluetooth haberleşme kartı kullanılmıştır.

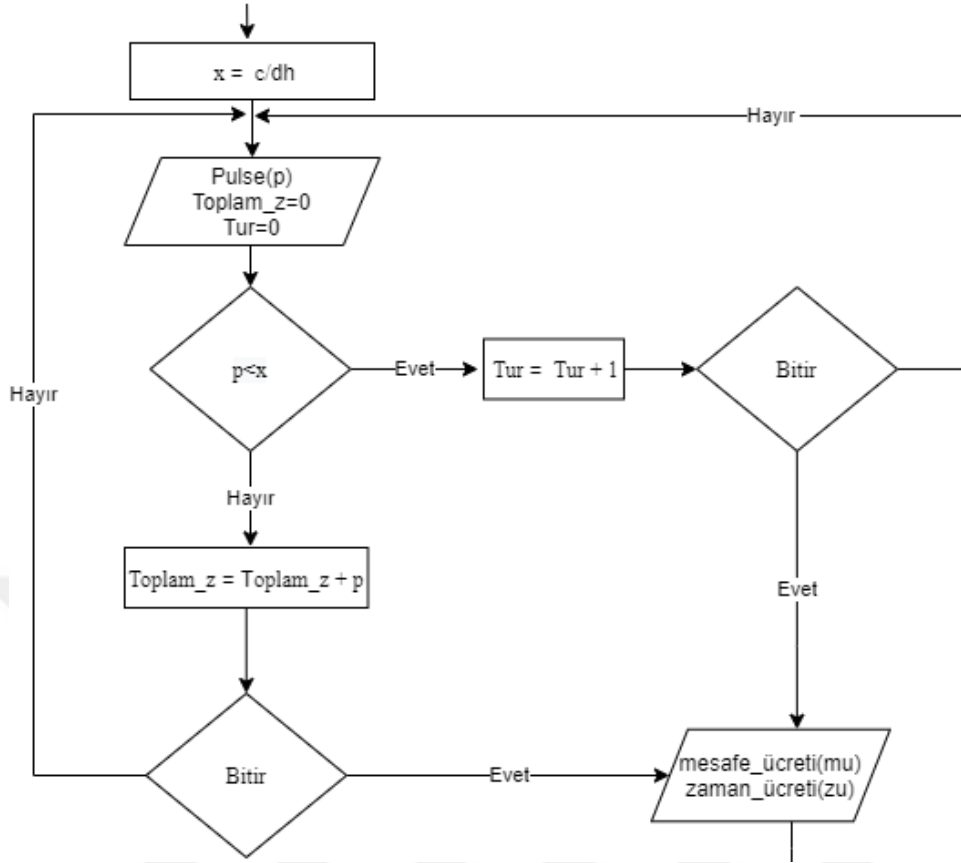
Test cihazının araç jantının üzerine yerleştirildikten sonra araç lastiğinin yanak yüzeyine, test cihazına bağlı olan optik sensörün algılayabileceği parlak beyaz bir folyo yansıtıcı bant yapıştırılmış ve sensörün bu yüzeyi dik bir açıyla görmesi sağlanmıştır. Araç hareket halindeyken, lastik üzerindeki bant ile sensörün birbirini gördüğü her anda, optik bir darbe alınmakta ve bir sonraki optik darbe ile arasındaki süresi karşılaştırılarak taksinin dönüşüm hızı altında veya üzerinde seyredip seyretmediği belirlenmektedir.

Mesafe ölçümüne ilişkin bu testin tamamlanmasından sonra test cihazında toplanan optik darbeler, bluetooth haberleşme kartı ile mobil uygulamaya aktarılmakta ve sonuçların değerlendirilmesi sağlanmaktadır.

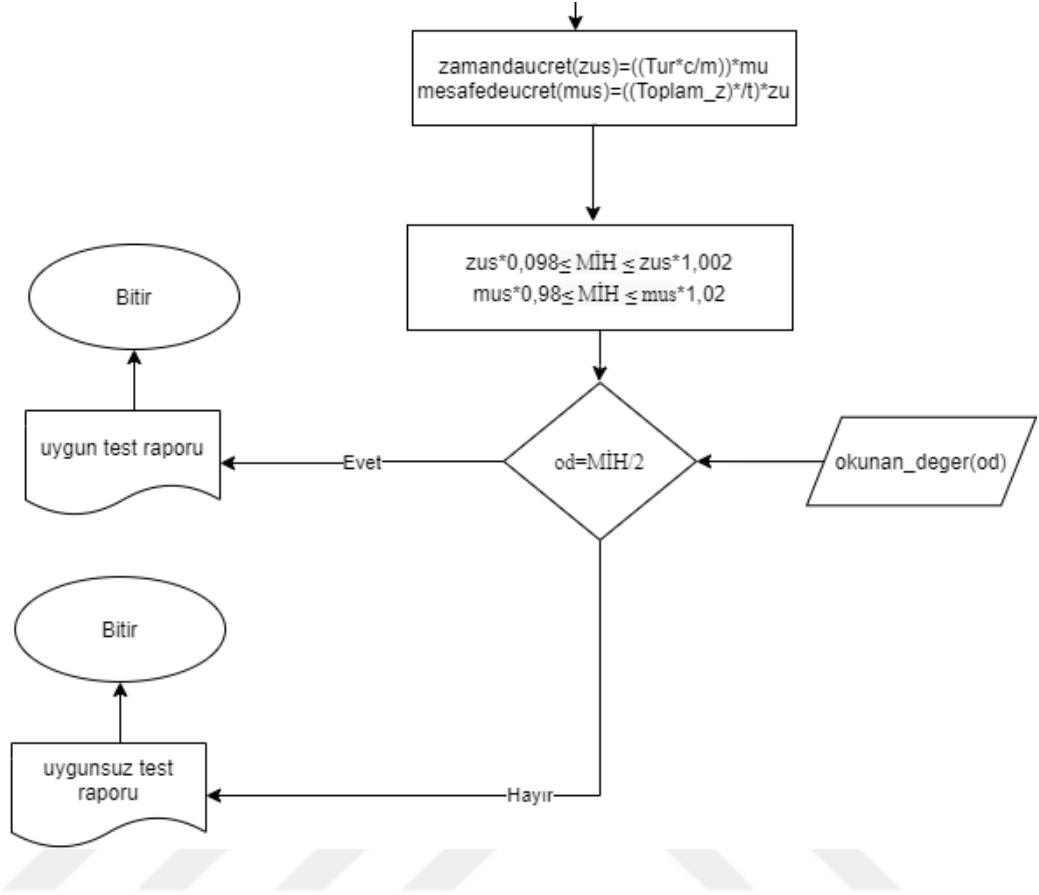
Üçüncü ve son aşamada toplanan tüm verilerin, ölçüm sonuçlarıyla birlikte veri tabanına aktarılmasa sağlanmaktadır.



Şekil 4.1 Örnek tasarımın akış diyagramı



Şekil 4.1 Örnek tasarımın akış diyagramı(devamı)

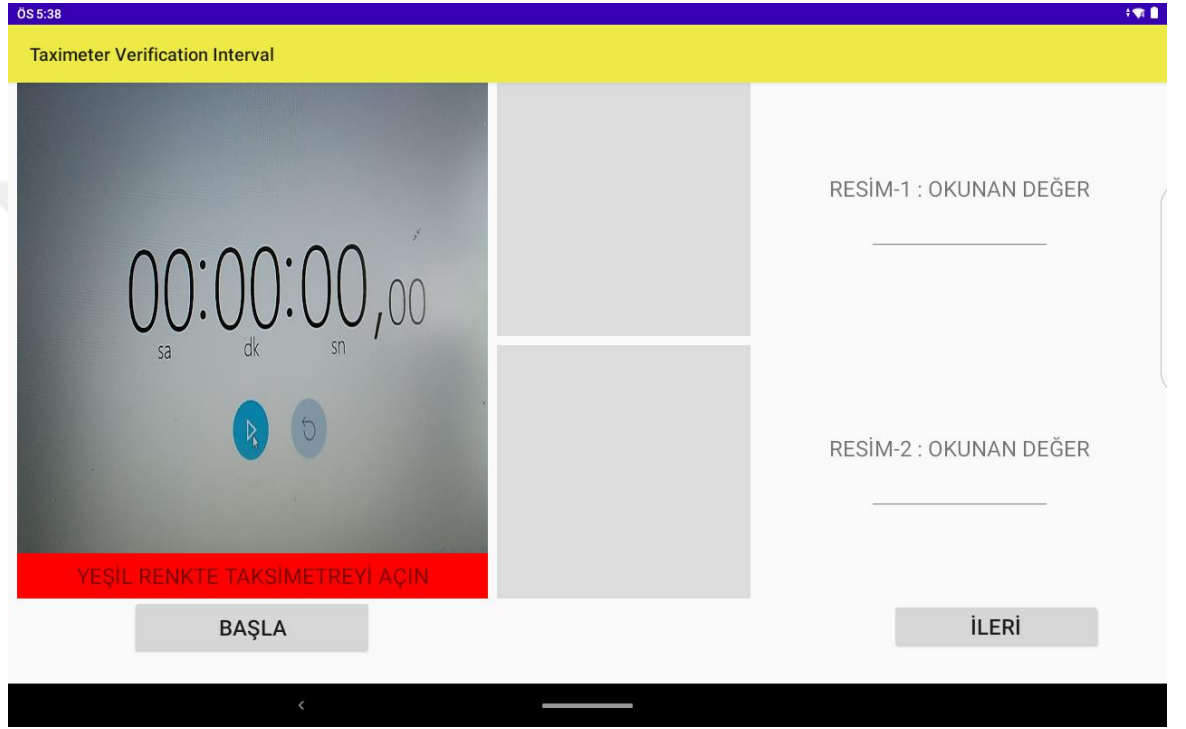


Şekil 4.1 Örnek tasarımın akış diyagramı(devamı)

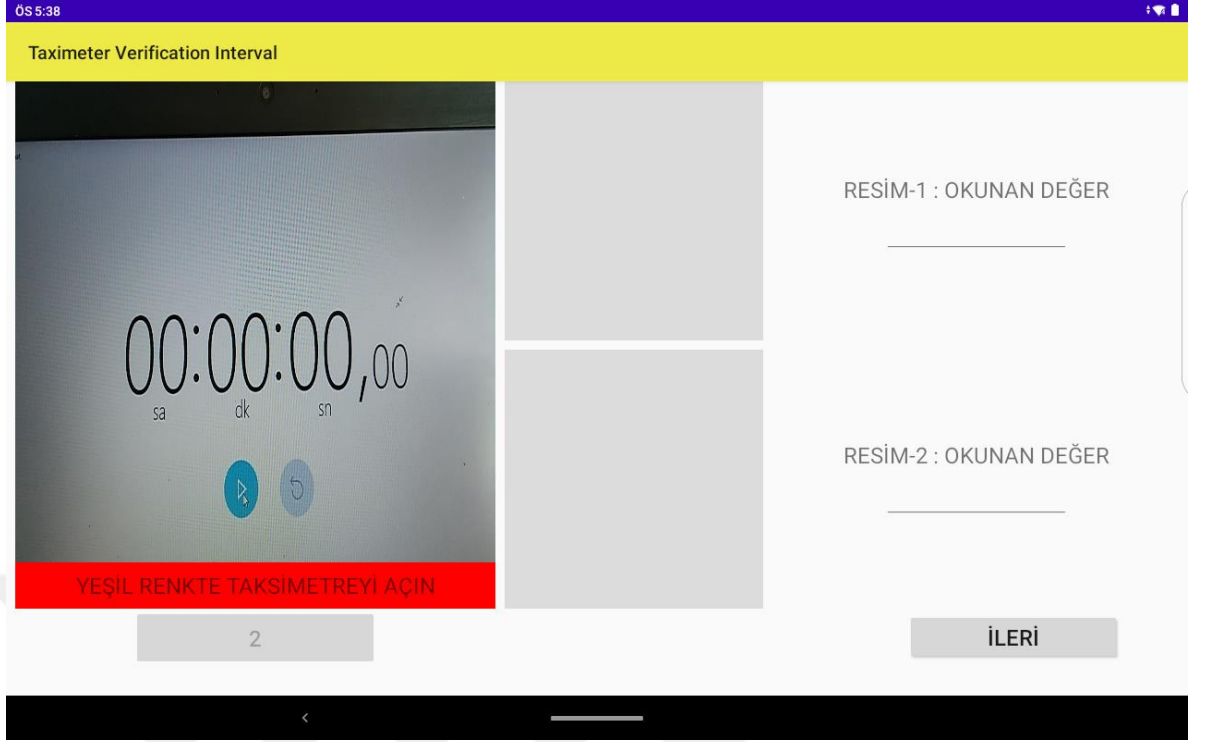
4.2 Birim zaman Kontrolünün Ölçümü

Taksimetre'nin birim zamanda doğru değer gösterip göstermediğinin kontrolü, **java** yazılım dili ile geliştirilen Android uygulama ile yapılacak şekilde tasarlanmıştır. Android programlamada zamanlama işlemleri Handler sınıfı ile yapılabilmektedir. Belirli zaman aralıklarıyla çalışmasını istediğimiz veya belirli bir süre çalışıp durdurulmasını istediğimiz işlemler, Handler sınıfı ve bu sınıf altında yer alan fonksiyonlarla yapılabilmektedir. Örneğin bir kod bloğunun 10 saniye sonra çalışması istendiğinde veya bir butonla tetiklendikten 10 saniye sonra bir kod bloğunun durdurulması gibi işlemler Handler sınıfı ile yapılabilmektedir (Anonim, 2021).

Uygulamada tablet kamerası açık bir şekilde bekletilip Şekil 4.2’de görüldüğü gibi kullanıcılardan “Başla” butonuna basılması istenmektedir. Başla butonuyla birlikte kullanıcının odaklanabilmesi için 5 saniyelik bir geri sayım sayacı başlatılmaktadır. 5 saniyenin bitiminde başla butonu üzerinde yer alan kırmızı renkli uyarı yazısının yeşil renge dönmesi ve uyarı yazısı yeşil renge döner dönmez kullanıcıdan aynı anda taksimetreyi açması istenmektedir.



Şekil 4.2 Zaman kontrolü hazırlık uygulama ekran görüntüsü



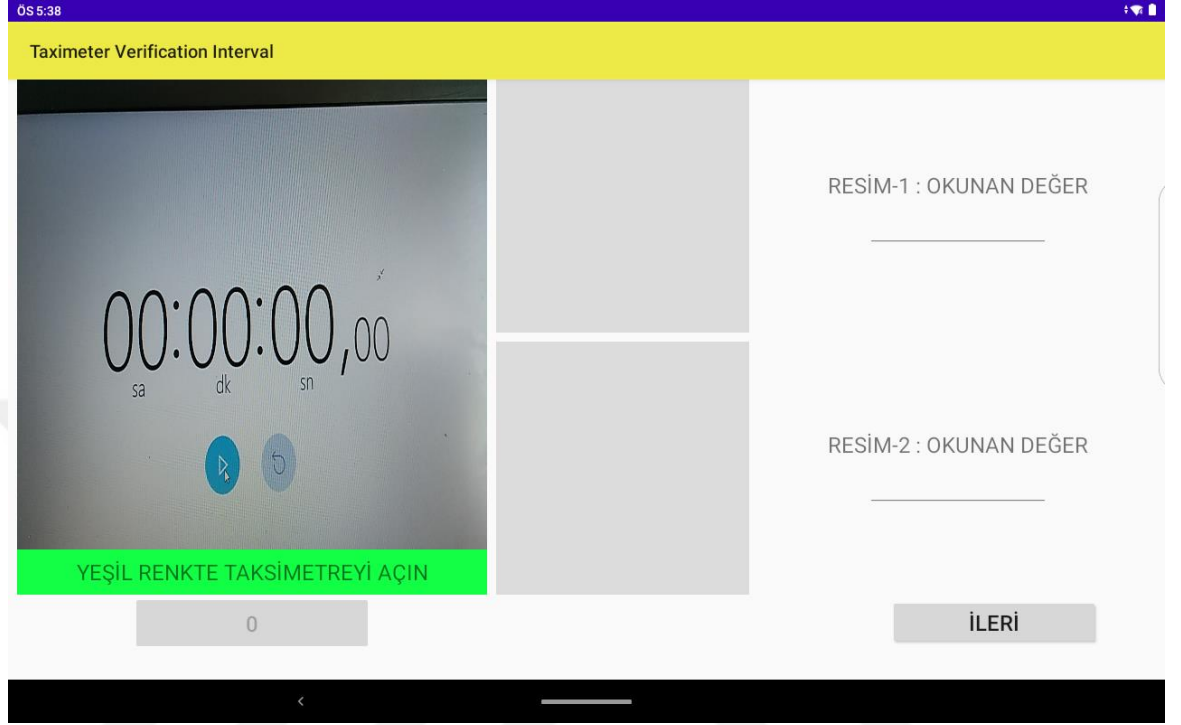
Şekil 4.2 Zaman kontrolü hazırlık uygulama ekran görüntüsü(devamı)

Uyarı yazısı yeşil renge döndükten sonra uygulama arka planında milisaniye (1sn/1000 ms) seviyesinde bir kronometre çalışmaya başlamakta ve 4 dakikalık bir zaman kontrolü başlamaktadır. 4 dakikalık sürenin sonuna yaklaşıldığında kullanıcının, açık bulunan tablet kamerasını taksimetrenin ekranını görececek şekilde sabitlemesi $\pm\%0,2$ 'lik hata sınırının alt sınırında birinci, üst sınırında ise ikinci fotoğrafın çekiminin uygulama tarafından otomatik gerçekleştirilmesine kadar beklemesi gerekmektedir.

Her iki fotoğraf çekildikten sonra ikinci kez test yapılmasının gerekmesi ihtimaline karşı, uygulama başlangıçtaki durumuna dönmekte, yani kronometreleri sıfırlayarak beklemektedir.

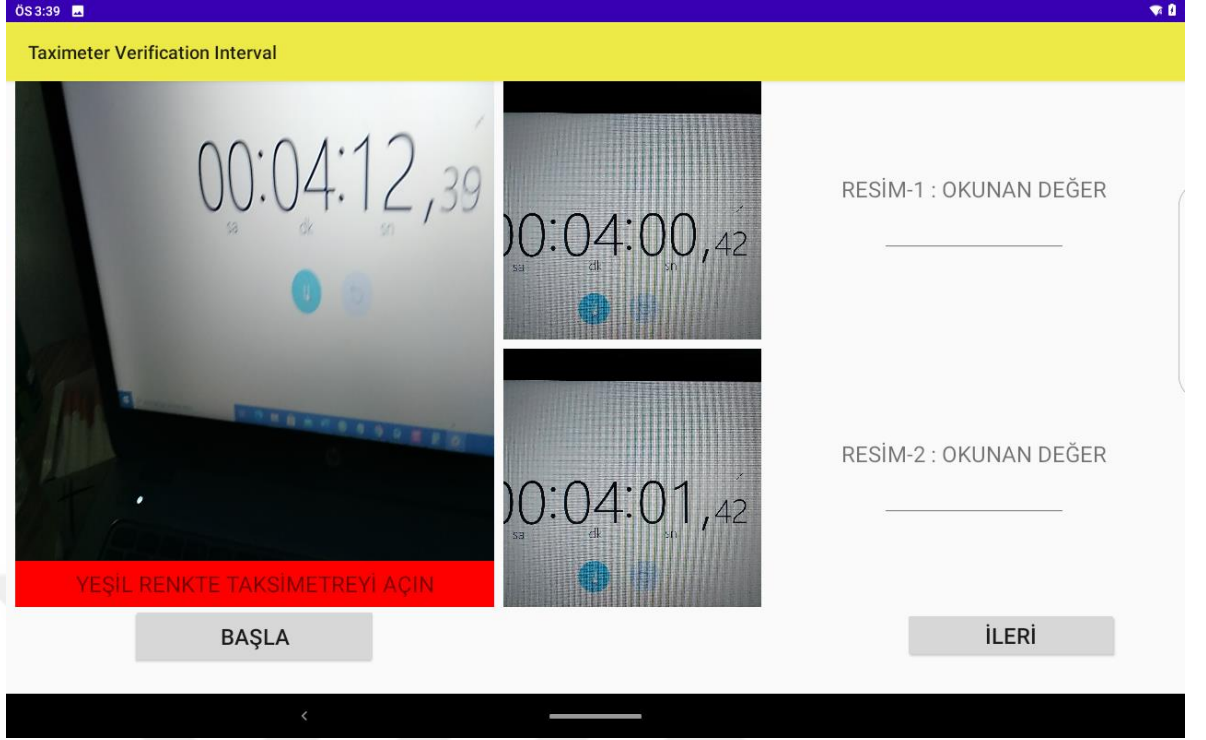
Fotoğraflardaki iki ölçüm sonucunun, uygulama ekranında yer alan ilgili alanlara kullanıcı tarafından manuel olarak girilmesi istenmektedir. “İleri” butonuna basıldığında

uygulama arka planında bu sonuçlar gerçek değerlerle karşılaştırılarak kontrol edilmekte ve taksimetrenin testten geçip geçmediği muayene tamamlandığında rapor edilmektedir.



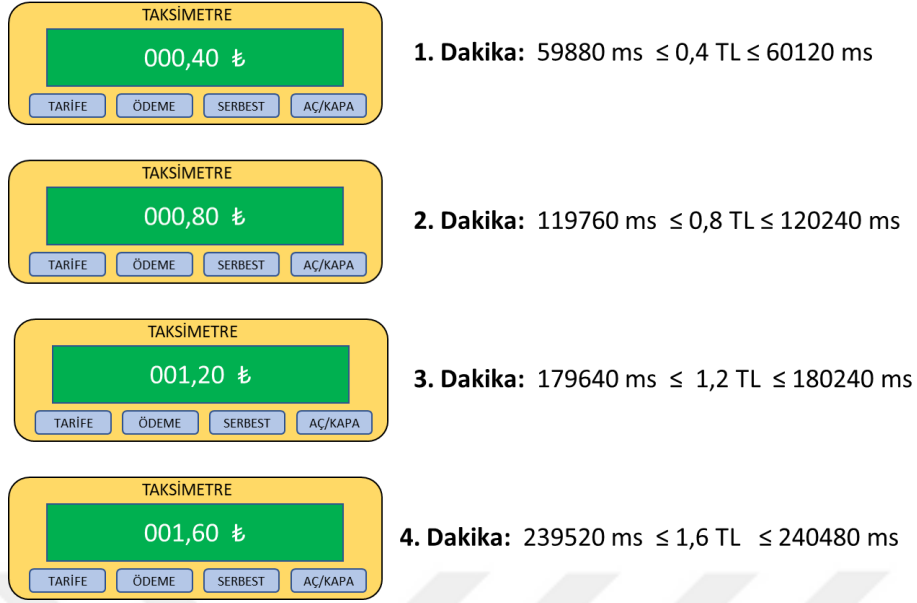
Şekil 4.3 Zaman kontrolü başlangıç uygulama ekran görüntüsü

Şekil 4.4'te zaman kontrolü uygulamasının çalışma mantığını göstermek için bilgisayar kronometresi test amacıyla kullanılarak 4 dakikalık zaman kontrolü örneği yapılmıştır. Örnekte hata sınırı 1 saniye olarak varsayılmıştır. Yazılımda 4 dakikalık süre bitimi hata sınırının altı sınırı, 1 saniye sonrası ise hata sınırının üst sınırı olarak ayarlanmıştır. Ekran görüntüsü incelendiğinde kamerayla istenilen hata sınırlarında 1 saniye aralıklarla iki adet fotoğrafın çekildiği, bu işlemden sonra *Başla* buton testin tekrarlanabilmesine imkân sağlayacak şekilde tekrar aktif hale geldiği görülmektedir.



Şekil 4.4 Dört dakikalık zaman testi örnek uygulama sonuç ekranı

Ülkemizde kullanılan taksimetreler dönüşüm hızı altında seyrederken veya hareketsizken sadece zamana göre ücretlendirme yapmakta ve bunu birer dakikalık periyotlarla arttırarak devam etmektedir. Şekil 4.5'te verilen örnekte de görüldüğü üzere 4 dakikalık zamana göre ücretlendirmede, taksimetrenin minimum 239.520 ms, maksimum 240.480 ms'de birim zaman aralığının (Ankara için 0,40 TL/dk.) 4 katı olan 1,6 TL'yi taksimetre ekranında göstermesi beklenmektedir. Minimum süreden bir önceki periyodun maksimum süre sınırına kadar taksimetrenin 1,2 TL'yi göstermesi, 4'üncü periyodun maksimum süresinin sonunda ise 1,6 TL'yi göstermesi gerekmektedir. Taksimetrelerin birim zamana göre ücretlendirme testi yapılırken bu ücret değerlerini doğru gösterip göstermediği kontrol edilmektedir. 4 dakikalık birim zaman kontrolünde 1.fotoğrafında 1,2 TL'nin 2.fotoğrafında ise 1,6 TL'nin görüntülenmesi durumunda bu taksimetrenin zamana göre ücretlendirme testinden geçtiği kabul edilmektedir.



Şekil 4.5 Taksimetrenin zaman hata sınırlarındaki ücret değerleri

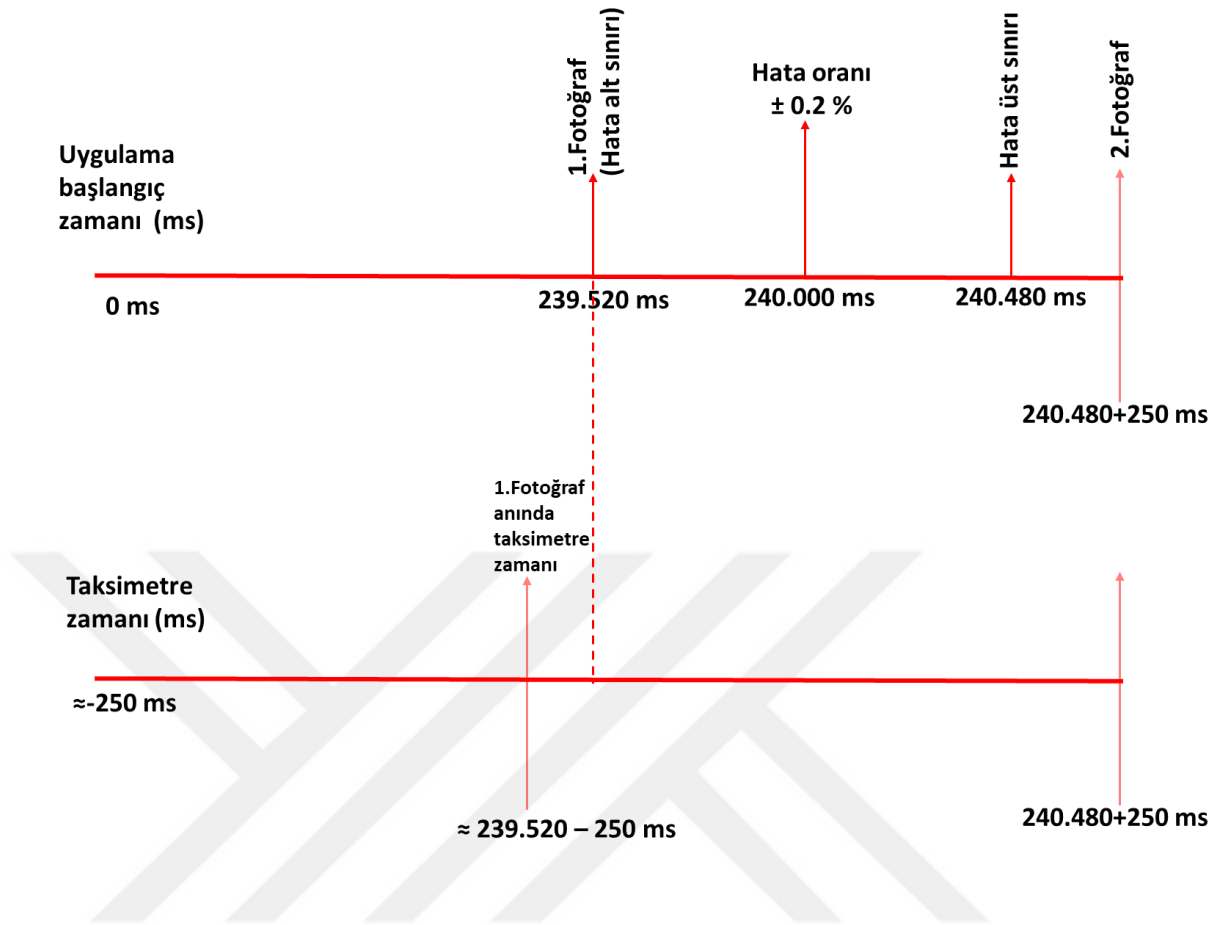
Bu tez çalışmasında, taksimetrenin zaman kontrolü için önerilen yöntemde zaman hata sınırları ötelenmiştir. Bunun sebebi taksimetrenin, mobil uygulama ekranında 5 saniyelik geri sayım sayacının bitiminde ve uyarı ekranın yeşil renge dönmesinden sonra çalıştırılıyor olmasıdır. Taksimetrenin sahip olduğu kronometrenin, mobil uygulama ekranında otomatik olarak başlatılan kronometreden sonra başlıyor olmasından kaynaklanan bu gecikme, taksimetreyi mobil uygulama ekranındaki kronometreyle aynı anda açmaya çalışan personelin tetikleme gecikmesinden kaynaklanan bir reaksiyon süresidir.

Bir insan için ölçülen reaksiyon süresi yaklaşık olarak 250 milisaniyedir. Yani bir insana fiziksel olarak tepki vermesi için bir şey gösterildiğinde sonra yaklaşık olarak 250 ms sonra tepki verdiği bilinmektedir. Yapılan araştırmalar, fiziksel bir tepki vermesi için bir insana bir şeyin gösterildiğinde kişinin hazır hale gelmesinin 200 ms sürdüğü, diğer bir deyişle insan beyninin duyuşal veriyi bir kası hareket ettirmek için karar almada kullanmasının yaklaşık 200 milisaniye ve ardından bu kasın hareket etmeye başlamasının ise 50 milisaniye sürdüğünü göstermektedir (Ackerman, 2019).

Yapılan örnek tasarımıda, taksimetre birim zaman kontrolü için çekilecek iki fotoğrafın çekim süreleri şekil 4.6’gösterilmiştir. Hata sınırlarında çekilecek iki fotoğrafın ilki 240 bin ms’lik sürenin %0,2 lik hata alt sınırında yani 239 bin 520 ms’de çekilmesi sağlanmıştır. Doğru çalışan bir taksimetreden beklenen; bu alt sınırdan önce birim fiyat arttırmıyor olmasıdır. Taksimetrenin, örnek tasarımıdaki mobil uygulamanın uyarı ekranından sonra muayene personeli tarafından açılacak olması, yani mobil uygulamadaki kronometreden sonra çalışmaya başlıyor olması sebebiyle 250 ms’lik kısmı bir tepki süresi(reaksiyon süresi) oluşmaktadır. Taksimetre gösterge ekranının ilk fotoğrafının çekildiği 239 bin 520 ms anında taksimetre zamanlayıcısının 250 ms geride kalması dolayısıyla; bu 250 ms gecikme anında taksimetrenin birim fiyat arttırmıyor olması tespit edilmeye çalışılacağı için bu tepki süresi hata alt sınırını ötelenmemiştir.

Ancak taksimetrenin, hata alt sınırından (239.520 ms) başlamak üzere hata üst sınırına (240.480 ms) kadar geçen süre içinde birim zamanda fiyat arttırması beklenmektedir. Hata üst sınırı olan 240.480 ms’lik sürede ikinci fotoğraf çekildiğinde tepki süresinden kaynaklanan gecikmeden dolayı hatalı sonuç elde edilebilir. Yani hata üst sınırına kadar birim zamanda ücretlendirme yapması beklenen taksimetrenin, 250 ms’lik gecikmeden dolayı henüz birim zamanda ücretlendirmeyi taksimetre ekrana yansıtmayabileceği için fotoğraf çekildiğinde görüntülenen sonuç hatalı olabilecektir.

Bu sebeple hata üst sınırına 250 ms’lik tepki gecikmesinden kaynaklanan süre ilave edilmiş olup ikinci fotoğrafın çekilme süresi olarak 240.480+250 ms olarak belirlenmiştir. Şekil 4.6’da, uygulamanın bu kısmına ait hata ve zaman sınırları ile kod işleyişleri gösterilmektedir.



```

@Override
public void onClick(View view)
{
    button.setEnabled(false);

    new Handler().postDelayed(new Runnable() {
        @Override
        public void run() {
            editColor.setBackgroundColor(0xFF12FF45); //YEŞİLE DÖNEN UYARI
EKRANI
        }
    }, 5000);

```

Şekil 4.6 Taksimetre nin 4 dakikalık zaman kontrolünde hata ve zaman sınırları

```

...
.....
new Handler().postDelayed(new Runnable() {
    @Override
    public void run() {
        imageCapture.takePicture(new ImageCapture.OnImageCapturedListener()
        {
            @Override
            public void onCaptureSuccess(ImageProxy image, int
rotationDegrees)
            {
                TAKSİMETRE İLK EKRAN FOTOĞRAFI
            }
        });
    }
}, 239520);

new Handler().postDelayed(new Runnable() {
    @Override
    public void run() {
        imageCapture.takePicture(new ImageCapture.OnImageCapturedListener()
        {
            @Override
            public void onCaptureSuccess(ImageProxy image, int
rotationDegrees)
            {
                TAKSİMETRE İKİNCİ EKRAN FOTOĞRAFI
            }
        });
    }
}, 240730);
.....
...

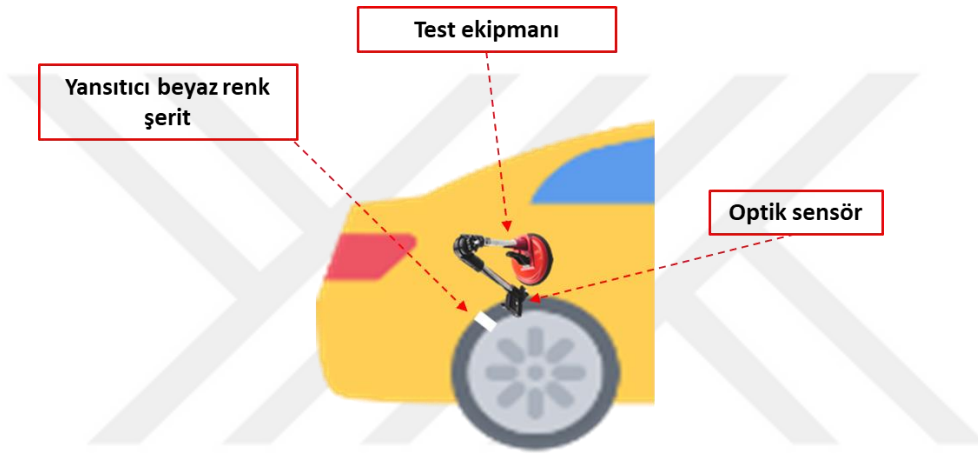
```

Şekil 4.6 Taksimetrenin 4 dakikalık zaman kontrolünde hata ve zaman sınırları(devamı)

4.3 Birim Mesafe ve Birim Zaman Kontrolünün Birlikte Yapıldığı Ölçüm

Önerilen örnek yöntemin bu aşamasında, mobil uygulama ile birlikte çalışan bir test ekipmanı geliştirilerek taksimetrelerin hem birim zaman hem de birim mesafe kontrolünün bir arada yapılması sağlanmıştır. Test ekipmanı ile taksimetrenin hem birim zaman hem de birim mesafeye göre doğru çalışıp çalışmadığı gerçek zamanlı olarak kontrol edilmektir. Önerilen yöntem için tasarlanan test cihazı; en genel haliyle bir mikro denetleyici devre kart, mobil uygulama ile haberleşen bluetooth kartı ve optik bir

sensörden oluşmaktadır. Test cihazı bir vantuz ile taksi arka jantının üzerine şekil 4.7’deki gibi sabitlenerek araç lastiğinin yanağına yapıştırılan 1,5-2 cm genişliğinde yansıtıcı bant yüzeyinden optik sensör aracılığıyla darbe alınması sağlanmıştır. Araç lastiğinden alınan darbeler ile lastik tur sayısı ve araç hızının dönüşüm hızının altında veya üzerinde seyredip etmediği tespit edilerek mesafeye göre doğru ücretlendirme kontrol edilmesi sağlanmıştır. Ayrıca mikro denetleyicide bir zamanlayıcı çalıştırılarak taksi dönüşüm hızı altında seyrederken geçen sürelerin hesaplanarak birim zamanda ücretlendirme kontrolü de yapılması sağlanmıştır.



Şekil 4.7 Test ekipmanının taksi üzerindeki konumu

4.3.1 Kullanılan yazılım ve donanımlar

Bu bölümde bu tez çalışmasına konu olan, taksimetrelerin birim zaman ve birim mesafe kontrolü için önerilen örnek tasarımın temel bileşenlerini oluşturan Arduino UNO devre kartı, Bluetooth HC-05 modülü ve optik sensörün genel ve teknik özellikleri verilmiştir.

Bununla birlikte tasarım cihazı oluşturacak devrenin kurulum ve bağlantı şekilleri anlatılmış, bu ekipmanların programlanması için kullanılan arduino yazılım ortamı ve devre ile birlikte entegrasyonun nasıl yapıldığı, gerekli yapılandırma ayarlamaları gösterilmiştir.

4.3.1.1 Arduino uno

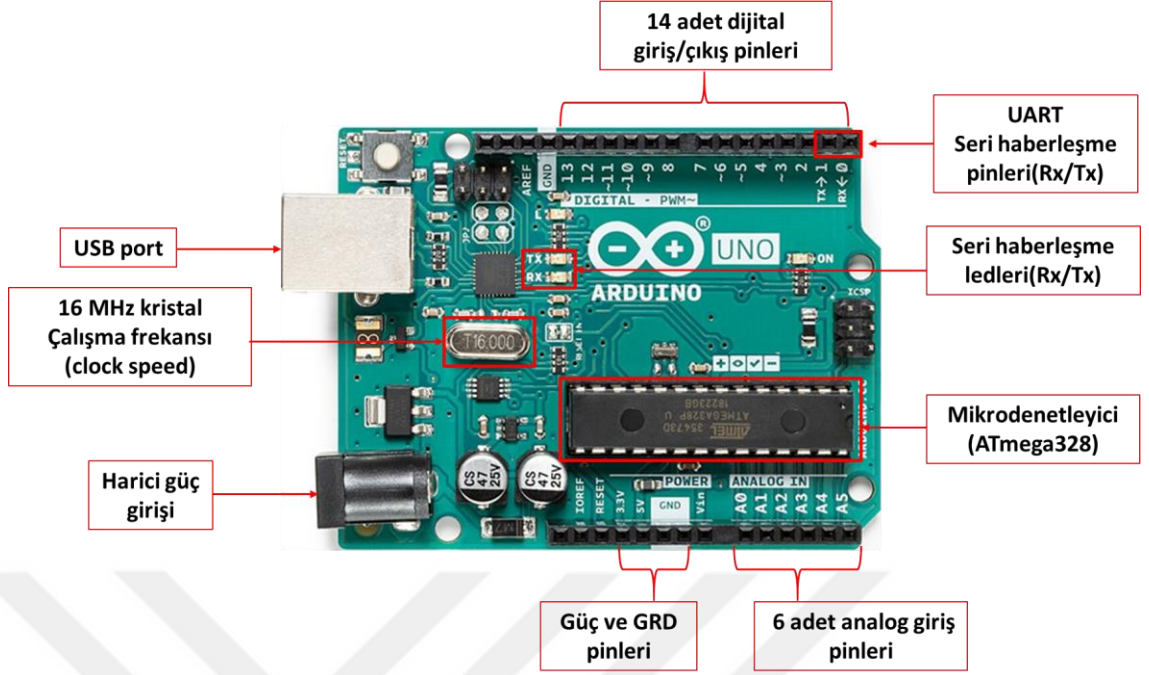
4.3.1.1.1 Arduino uno genel özellikleri

Arduino, çok geniş yelpazede projelerin geliştirilebileceği açık kaynak kodlu yazılım ve donanım tabanlı bir fiziksel programlama platformudur. Kolay bir şekilde programlanabilen giriş ve çıkış pinleri sayesinde farklı fiziksel cihazlarla haberleşme özelliğine sahip olan arduino, kullanım amacına ve teknik özelliklerine göre özelleştirilmiş çok farklı tipleri(Arduino mega, Arduino nano, Arduino Leonardo vb.) bulunmakla birlikte genel amaçlı olması sebebiyle en yaygın kullanılan *Arduino UNO* kartıdır (Anonim, Arduino Uno Rev 3, 2021).

Kolay programlanabilir ve geniş kütüphane desteği sayesinde basit ve kısa kodlarla karmaşık işlemlerin yapılabilmesini sağlayan bir platform olan arduino, giriş ve çıkış pinleri sayesinde dijital ve analog verileri işleyebilen, giriş pinleri vasıtasıyla farklı sensörler aracılığıyla dış dünyadan veya başka cihazlardan gelen verileri alıp dışarıya ses, ışık, hareket vb. veriler üretebilen bir platformdur (EZZULDDIN, 2016).

4.3.1.1.2 Arduino uno temel teknik özellikleri

Arduino UNO devre kartı, Arduino.cc tarafından geliştirilmiş ve arduino devre kartlarının ilk modelini oluşturması sebebiyle İtalyanca; ilk veya bir anlamına gelen “uno” ismi verilmiştir. Arduino UNO kartı Atmel firması tarafından geliştirilen ATmega328P mikrodenetleyicisine sahiptir. Açık kaynak kodlu olan bu devre platformunda 14 dijital giriş/çıkış pini ve 6 adet analog giriş pini bulunmaktadır. USB port bağlantısıyla hem devrenin gerilim beslenmesi hem de Arduino derleyicisinde hazırlanan programının aktarılması sağlanabilmektedir. Şekil 4.8’de Arduino UNO ve temel bazı fiziksel donanım bilgileri verilmiştir (Uysall, 2019).



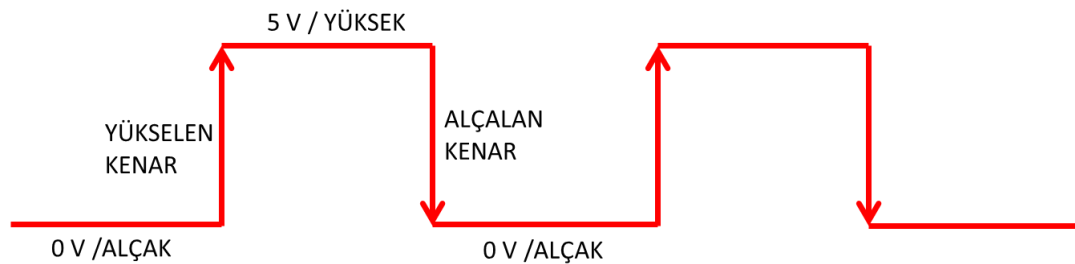
Şekil 4.8 Arduino UNO temel bileşenler (Anonim, Arduino Uno Rev 3, 2021)

Arduino UNO seri haberleşme pinleri; seri haberleşme, veri iletiminin tek hattın peşi sıra gönderilmesidir. Bilgisayar ortamında yazılan programın arduino mikrodeneyleycisine USB port ile gönderilmesi işlemi, bir seri haberleşme çeşididir. Bunun dışında arduino sahip olduğu evrensel senkronize olmayan alıcı-verici (universal asynchronous receiver-transmitter, UART) donanımı sayesinde dış çevreyle seri haberleşme yapabilmektedir. Yani Arduino UNO'nun ATmega328 mikrodeneyleycisi, 0.dijital pin (RX- alıcı) ve 1.dijital pini(TX-verici) UART protokolünü kullanarak TTL 5V seviyesinde seri iletişim yapmak için kullanır. Bu pinler UART protokolü için özelleştirilmiştir. Ancak Arduino'nun *SoftwareSerial* kütüphanesi kullanılarak tüm dijital pinler seri haberleşme için kullanılabilir.

Çizelge 4.1 Arduino UNO teknik özellikler (Anonim, Wikipedia, 2021)

Mikrodenetleyici	ATmega328P
Statik RAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Giriş voltajı	6-20 V
Çalışma voltajı	5 V
Saat hızı(Clock Speed)	16 MHz
Uzunluk	68,6 mm
Genişlik	53,4 mm
Analog giriş pin sayısı	6
Dijital giriş/çıkış pin sayısı	14
USB port	ATmega16U2 16 MHz
UART	1
Flash memory	32 KB
Giriş/çıkış pinlerin akım seviyesi	20 mA
3.3 V pininin akım seviyesi	Maksimum 50 mA

Arduino UNO dış kesme (External Interrupt) pinleri; dijital giriş/çıkış pinlerinden 2. ve 3. pinlerdir. Dış kesme, arduino mikroişlemcinin normal çalışması esnasında özel amaç için belirlenmiş olan bu pinlerdeki voltaj değişimini takip etmesidir. Bu pinlerde şekil 4.9'da gösterilen şekilde bir voltaj değişimde olduğunda mikrodenetleyici mevcut döngüsünü yarıda keserek bu pinlerden gelen talimatı gerçekleştirir ve sonra normal döngüsüne devam eder.



Şekil 4.9 Dış kesme voltaj değişimleri

Arduino Uno besleme pinleri; Arudino uno; USB portuyla, güç portundan pil ile veya harici güç kaynağı yardımıyla beslenebilir. Arduino uno çalışma gerilimi 5 V'dir. Besleme gerilimi limitleri ise 6-20 V'dir. Ancak tavsiye edilen çalışma gerilimi 7-12 V'dir. Güç kaynağı tarafından besleme Gnd(toprak) ve Vin pinleri kullanılarak yapılabilmektedir. Bunun dışında Arduino'ya bağlanarak kullanılacak harici donanımlar(sensör, haberleşme kartı vs.) için regüle edilmiş 5 V ve 3.3 V pinleri bulunmaktadır.

4.3.1.1.3 Arduino programlama ortamı

Arduino yazılımı, programlama konusunda başlangıç düzeyde olan kişilerden, çok ileri seviyede programlama becerisine sahip kişilere kadar hitap edebilecek geniş bir yelpazeye sahiptir. Açık kaynak kodlu bir platforma sahip olan Arduino yazılımı, herkes tarafından ücretsiz olarak kullanılıp geliştirilebilmektedir. Farklı uzmanlık alanlarına sahip olan kişiler tarafından da çok rahat bir şekilde kullanılabilecek kütüphane desteği sunmaktadır. Birçok miktrodenetleyici sistemi sadece Windows işletim sistemi ile çalışabilmekteyken; Arduino yazılımı çoklu platform yazılımı olması sebebiyle Windows, Mac, Linux işletim sistemlerinde de çalışabilmektedir (arduino.cc, 2018).

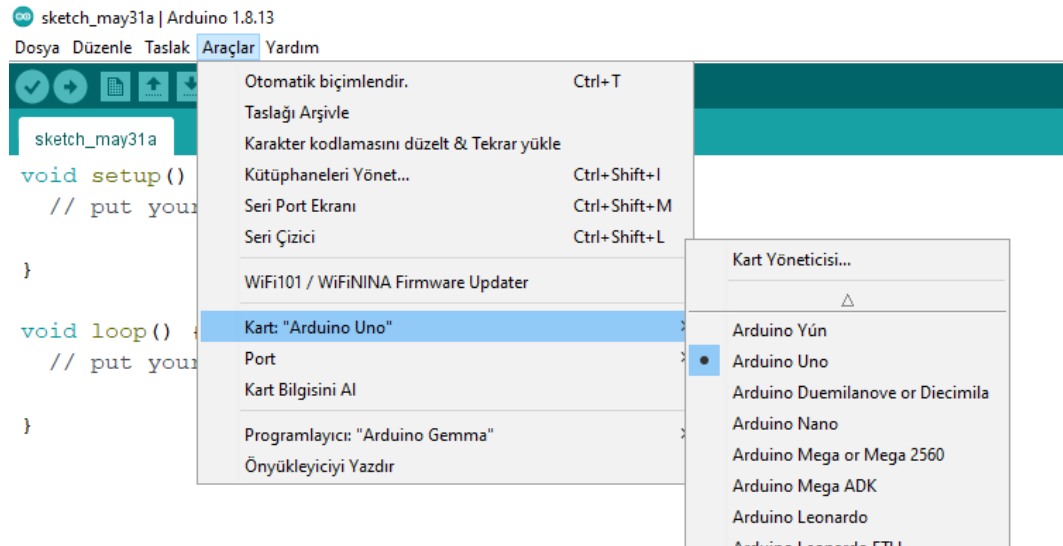
Arduino kartını programlamak için gerekli olan Arduino IDE(Integrated Development Environment), Arduino'nun resmi web sayfasından² ücretsiz bir şekilde indirilebilmektedir. Arduino yazılımı; C ve C++ gibi çok yaygın programlama dillerini desteklemektedir. Öyle ki; C programla dili ile yazılan bir kodu Arduino yazılımı ile doğrudan çalıştırabilirsiniz. Ayrıca Arduino yazılımı ortamında kullanılmak üzere geliştirilmiş, genellikle C++ programlama dili ile yazılmış yüzlerce kütüphane bulunmaktadır. Arduino kütüphaneleri, hazır kodlarla program yazmamıza olanak sağlamaktadır. Yüzlerce satır kod yazılarak yapılacak bir işlem, ilgili kütüphanenin yüklenmesi ve kütüphanedeki fonksiyonların kullanılmasıyla birkaç satır koda

² <https://www.arduino.cc/en/software>

indirgenebilmektedir (Çetin, 2019). Kullanım amacına göre özelleştirilmiş, içerisinde farklı donanım ve özellikler barındıran birçok Arduino kartı bulunmaktadır. Arduino yazılımı başlatıldığında ilk yapılması gereken işlemlerden biri; araç çubuğunda yer alan *Araçlar> Kart* sekmesinden üzerinde çalışılacak Arduino kartının seçimi olmalıdır. Bu çalışmada Arduino UNO kartı kullanılacağı için bu seçim yapılmıştır.

Arduino'nun mevcut tüm kütüphaneleri, arduino yazılım ortamındaki *Araçlar>Kütüphane Yönet* sekmesinden erişilip indirilebilmektedir. Arduino IDE kurulduğunda varsayılan olarak bazı kütüphaneleri yüklenmektedir. Bunlardan bazıları aşağıdaki gibidir (Fried, 2018):

- **Servo** : Servo motorların kontrolü için yazılmış bir kütüphanedir.
- **SoftwareSerial** : Seri haberleşme için arduino'nun 0 ve 1'inci pinleri kullanılmaktadır. Tüm dijital pinler seri haberleşmede kullanmak için yazılmış bir kütüphanedir.
- **LiquidCrystal** :LCD ekran kontrolü için yazılmış bir kütüphanedir.
- **Firmata** : Bilgisayar üzerindeki uygulamalarla seri haberleşme yapmak için yazılmış bir kütüphanedir.



Şekil 4.10 Arduino IDE ile Arduino UNO platformunun seçimi

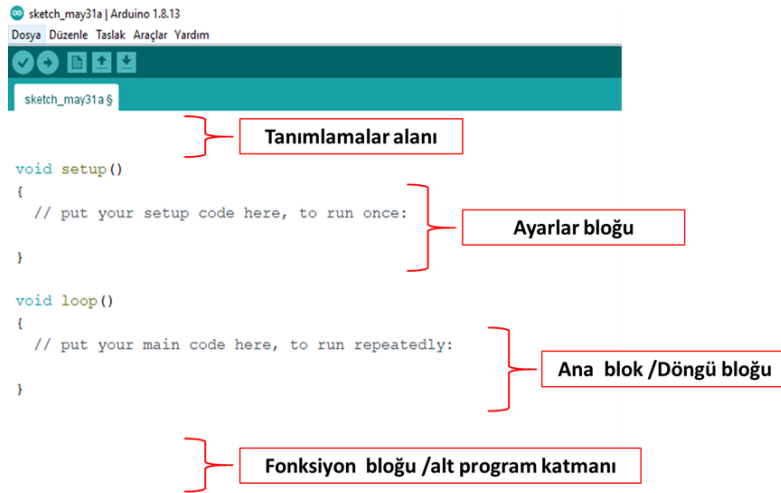
Arduino programlama ara yüzü kod yazım ekranıyla başlamaktadır. Şekil 4.10'daki ekran görüntüsünde arduino varsayılan boş bir kod sayfası gösterilmiştir ve ilgili alanların görevleri aşağıda sıralanmıştır (Çetin, 2019).

Tanımlamalar alanı: Yazılacak programda bir kütüphane kullanılacaksa veya bir değişken tanımlanacaksa bu alanda belirtilmektedir.

Ayarlar bloğu (void setup()): İki parantez ({}) arasında yazılacak ayarlama kodları programın çalıştığı anda ilk ve sadece bir defa çalışan bloktur. Kullanılacak pinlerin belirtilmesi, seri haberleşmedeki iletim hızının belirlenmesi, servo motor ayarlamaları, sensör kullanılacaksa hangi pinden veri alacağı veya gönderileceği, led ve buzzer gibi basit donanımların ayarlanması vb. ayarlamaların yapıldığı bloktur.

Ana blok/döngü bloğu(void loop()): iki parantez({}) arasında yazılacak kodlar program çalıştığı sürece tekrarlanan sonsuz döngü bölümüdür. Kısaca, programın yazılacağı alandır.

Alt program(fonksiyon) bloğu: ana döngünün altında yer alan alt program bloğudur ve fonksiyon olarak tanımlanan program parçacıklarından oluşmaktadır. Ana program döngüsünün bittiği süslü parantezin ({})'den sonra yer almaktadır. Ana döngü içerisine tanımlanacak bir fonksiyon ile bu alt program bölümleri çağrılabilir.



Şekil 4.11 Arduino IDE kod yazım ekran görüntüsü

4.3.1.1.4 AttachInterrupt() ve millis() fonksiyonları

Taksimetre, temel olarak mesafe ve zamana bağlı olarak ücretlendirme yapmaktadır. Mesafeye göre ücretlendirmeyi ise hız sınırına bağlı olarak yapılmaktadır. Hızın, birim zamanda konum değişikliği olduğu göz önünde bulundurulduğunda taksimetrorenin ücretlendirme temelini, zaman fonksiyonu oluşturduğu görülmektedir. Bu sebeple bu tez çalışmasında, taksimetrorenin doğruluk kontrollü için önerilen yöntem ve örnek tasarımın temelini zaman fonksiyonunun oluşturduğu görülmektedir. Çalışmada bu kriter göz önünde bulundurulduğundan, arduino'nun zaman fonksiyonları üzerine inceleme yapılmış ve tasarlanan örnek test cihazının yazılımı; arduino'nun *millis()* ve *attachInterrupt()* fonksiyonları referans alınarak oluşturulmuştur.

***millis()* fonksiyonu;** Arduino devre kartı çalışmaya başladığı anda program içinde herhangi bir satıra “*millis();*” ifadesinin bir defa yazılması durumunda program içinde milisaniye(1000 ms) mertebesinde bir kronometre saymaya başlamakta ve program çalıştığı süre boyunca bu sayım devam etmektedir. Programın kesintisiz çalıştığı süre boyunca bu fonksiyon, 49 günlük bir zaman diliminden sonra sıfırlanmaktadır. Bu fonksiyonla programın herhangi bir anında iki farklı değişkene zaman ataması yapılarak iki durum arasında geçen süre milisaniye olarak hesaplanabilmektedir. Bu tez çalışmasında, bu fonksiyondan yararlanarak optik sensörden alınan iki darbe arasında geçen sürelerin hesaplanması sağlanmış ve aracın dönüşüm hızı üzerinde olup olmadığı belirlenmiştir.

***attachInterrupt()* fonksiyonu;** arduino gibi tek işlemci birimine sahip donanımlarda işlem sırası yukarıdan aşağıda doğrudur. Dolayısıyla program çalıştığı sürece bu sıra; normal şartlar altında terk edilmez ve bir döngü içinde sürekli tekrarlanır. Ancak bir pinden gelen verinin okunmasına, çok hızlı bir şekilde ve düşük tepki hızıyla ihtiyaç duyulması durumunda, bu işlem sırasının terk edilmesi gerekmektedir. İşte bu işlem sırasının terk edilip başka bir işleme başlanması dış kesme (external interrupt) komutuyla yapılmaktadır. Farklı arduino kartları için özel olarak belirlenmiş dış kesme pinleri

bulunmaktadır. Arduino Uno kartında bu pinler 2. ve 3. dijital pinlerdir. Dış kesme fonksiyonu 4 farklı voltaj seviyesi için kullanılabilir. Bunlar aşağıdaki gibidir (Yeşilbağ, 2016):

LOW – Dijital 2 veya 3 numaralı pinde gerilim 0 olduğunda kesme fonksiyonu için verilen görev gerçekleştirilir.

CHANGE –Dijital 2 veya 3 numaralı pinde her gerilim değişiminde kesmeye girer. Gerilim seviyesi gerilim 0'dan 5'e yükseldiğinde veya 5'ten 0'a düştüğünde kesme fonksiyonu içinde verilen görev gerçekleştirilir.

FALLING – Dijital 2 veya 3 numaralı pinde voltaj seviyesi her düştüğünde yani dijital pindeki gerilim 5 Volttan 0'a düştüğünde kesme fonksiyonu içinde verilen göreve gerçekleştirilir.

RISING – Dijital 2 veya 3 numaralı pinde voltaj seviyesi her yükseldiğinde yani dijital pindeki gerilim 0'dan 5 Volta çıktığında kesme fonksiyonu içinde verilen göreve gerçekleştirilir. Bu tez çalışmasında, dış kesme fonksiyonunda bu komut kullanılmıştır. Optik sensörün araç lastiğindeki yansıtıcı bant ile karşılaşması durumunda voltaj seviyesi yükselmektedir. Bu yükselme anında kesme devreye sokulmuştur.

4.3.1.2 Bluetooth hc-05 kartı

Bluetooth en genel haliyle bir kısa mesafe kablosuz haberleşme teknoloji standardıdır. 1994 yılında Ericsson firması tarafından geliştirilen bu teknoloji, cep telefonları ve diğer mobil cihazları kablosuz olarak birbirine bağlamak ve aralarında veri transferini sağlamak için geliştirilmiştir (Ocak, 2015). Günümüzde bilgisayar ve akıllı telefon teknolojisinde standart bir donanım haline gelen bluetooth; bilgisayar, akıllı telefon ve tablet çevre birimleri ve diğer cihazların birbirleri ile kablo bağlantısı olmadan ses ve veri iletimi sağlayarak haberleşmelerine olanak sağlar. UHF(Ultra High Frequency) radyo frekansının ISM, 2.4 GHz bandında çalışacak şekilde standardize edilen Bluetooth'un, farklı sınıflara göre veri transfer mesafesi bulunmakla birlikte yaygın olarak yaklaşık

olarak 10 m’ye kadar olan sınıfı kullanılmaktadır. Ancak 100 m mesafeye kadar veri transferi sağlayan sınıfları da mevcuttur (Anonim, 2021).

4.3.1.2.1 Bluetooth (hc-05) teknik özellikleri

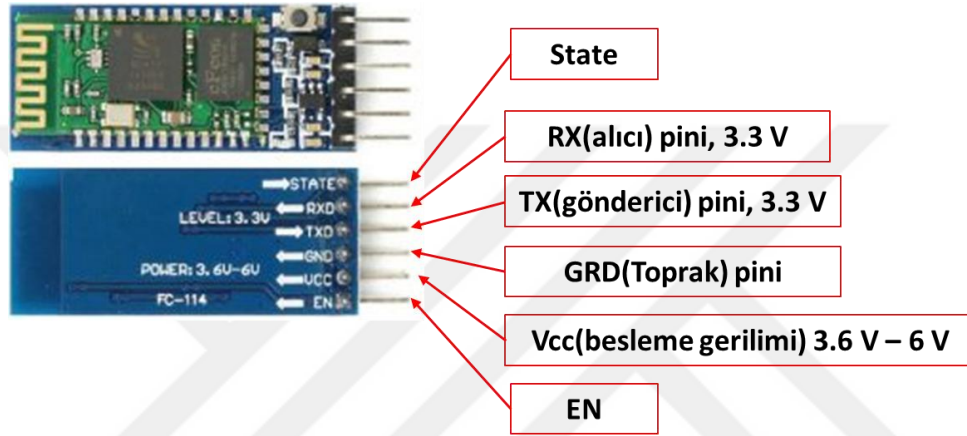
Arduino ve benzer platformlarda kablosuz seri haberleşme uygulamalarında kullanılmak üzere tasarlanmış olan Bluetooth(HC-05) modülü; kurulum, bağlantı ve ayarlanması basit olması sebebiyle kısa mesafeli pek çok kablosuz haberleşme uygulamasında tercih edilmektedir. Bluetooth(HC-05), CSWG(The Bluetooth Core Specification Working Group) tarafından belirlenen bluetooth versiyonlarından, “Bluetooth 4.0”ı desteklemektedir. HC-05 modülü 10 m mesafeye kadar haberleşme imkânı sunmakla beraber Master ve Slave olarak kullanım imkânı bulunmaktadır. Genel olarak teknik özellikleri çizelge 4.2’de belirtilmiştir:

Çizelge 4.2 Bluetooth(HC-05)teknik özellikler

Çalışa frekansı : 2.4 GHz	Çalışma Akımı(Max): 40mA
Çıkış Gücü: $\leq +4\text{dBm}$	Çalışma Sıcaklığı: $-40 \sim +85\text{ }^{\circ}\text{C}$
Hassasiyet: $\leq -80\text{dBm}$	Veri hızı : 2.1 MBps/160 KBps asenkronize 1MBps/1MBps senkronize
Modülasyon : : GFSK(Gaussian Frequency Shift Keying)	Çalışma Alanı: $<100\text{m}$ (tavsiye edilen <10)
Çalışma Gerilimi: 1.8 - 3.6V(Tipik: 3.3V)	Boyutlar(Modül Kartı): 43x16x7mm

Bluetooth(HC-05) kartının şekil 4.12’de görüldüğü gibi 6 bağlantı bacağı bulunmaktadır. Bunlar Vcc, Gnd, RX ve TX, EN/Key ve State bacaklarıdır. Vcc (+) besleme bacağı 3.6-6 V aralığında olup genelde 5 v ile beslenmektedir. Gnd(-) girişi toprak bağlantısını göstermektedir. Verinin iletildiği TX (transmit) bacağı ve verinin alındığı RX(receive) bacağı 3.3 V ile beslenmektedir. Kablosuz seri haberleşme bu bacaklar üzerinden yapılmaktadır. Daha önce de bahsettiğimiz gibi Arduino UNO’nun 0 ve 1’inci pinleri

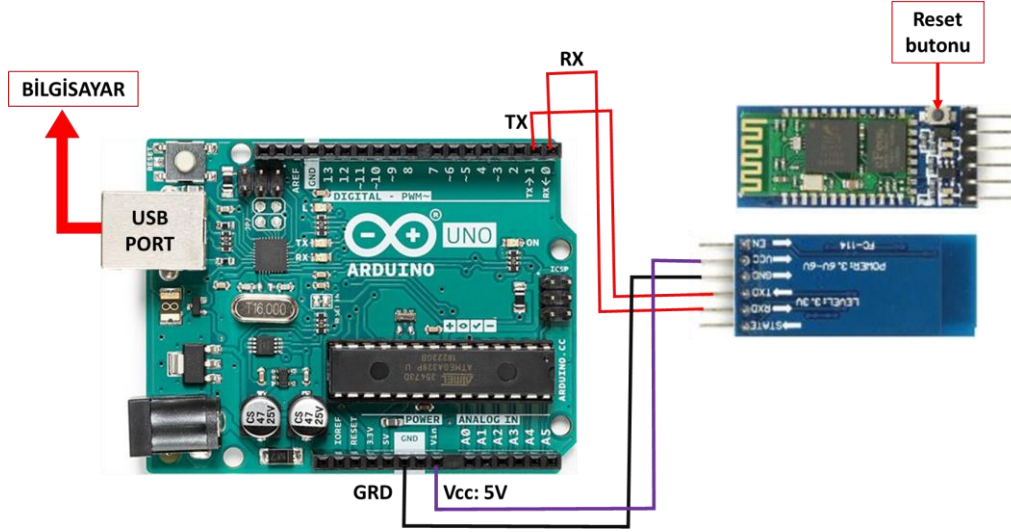
üzerinde RX/TX yazılmış olup haberleşme için bu pinler özelleştirilmiştir (UysalL, 2019). State bacağı HC-05 kartının haberleşme yapılacak cihazla başarılı bir şekilde bağlantı yapıp yapmadığı için kullanılmaktadır. Genelde bir State bacağına bir LED bağlanmaktadır. LED'in yanıp yanmadığına bakılarak bağlantının sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. EN bacağı ise bluetooth kartının konfigürasyon ayarlarına geçmek için çıkış sinyali vermekte kullanılmaktadır. Aynı işlevi bluetooth modülü üzerinde bulunan buton da sağlamaktadır (DIY GUY & JLCPCBcommunity, 2020).



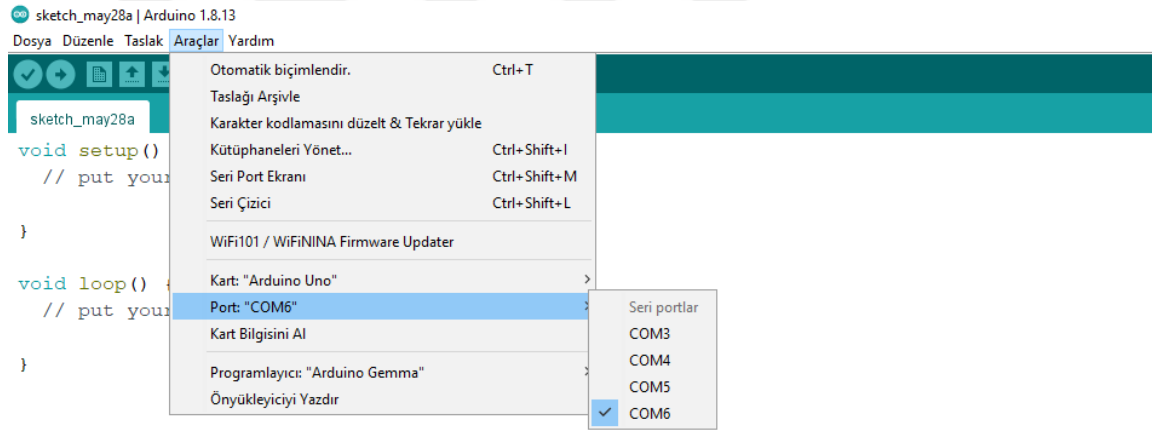
Şekil 4.12 Bluetooth HC-05 kartı

4.3.1.2.2 Bluetooth (hc-05) konfigürasyonu ve arduino uno bağlantısı

Bu bölümde Bluetooth (HM-05) kartının bağlantı şekli ve konfigürasyon ayarlarının nasıl yapıldığı anlatılmıştır. Bu tez çalışmasında tasarlanan örnek test cihazının mobil uygulama ile güvenli ve doğru bir şekilde haberleşebilmesi gerekmektedir. Tasarlanan mobil uygulama ve test cihazının birbiriyle doğru bir şekilde bağlantı kurması ve birbiri arasında veri aktarımını yapabilmesi için Bluetooth HC-05 kartı üzerinde bir takım konfigürasyon ayarlarının yapılması gerekmektedir. Bunun için öncelikle Arduino programlama yazılımının yüklü olduğu bir bilgisayara; Arduino UNO ve Bluetooth HC-05 kartının bağlantısı Şekil 4.13'te gösterildiği gibi yapılarak bu bilgisayara USB port ile bağlanır.

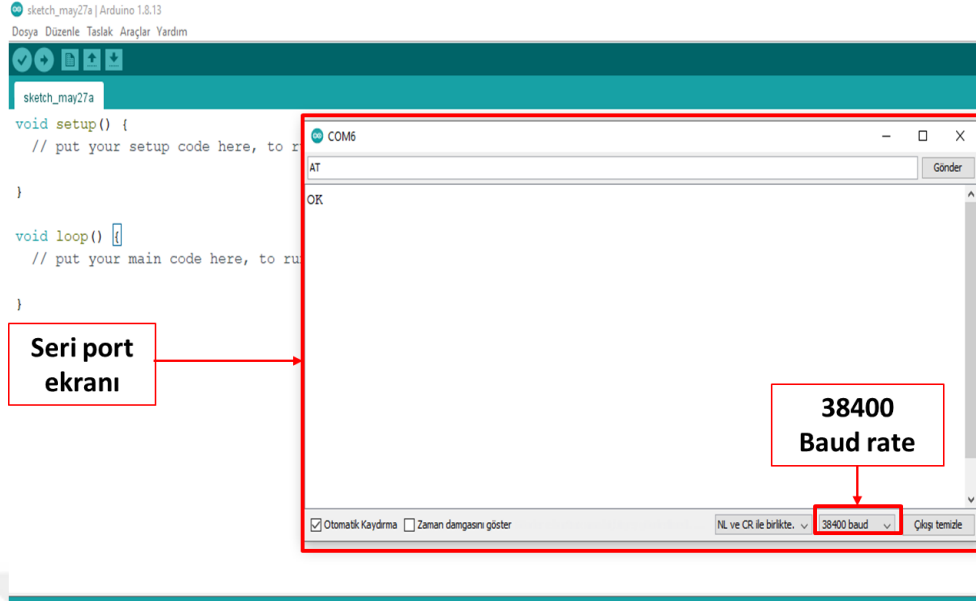


Şekil 4.13 Arduino UNO ile HC-05 bluetooth modülü konfigürasyon bağlantısı



Şekil 4.14 Arduino IDE ile Arduino kartının USB portla bağlantısı

Arduino programlama ara yüzü açıldığında Arduino'nun bağlı olduğu port otomatik olarak derleyici tarafından aktif duruma geçtiği şekil 4.14'teki gibi görülecektir. Bu aşamadan sonra Bluetooth kartının besleme bacağı olan Vcc bağlantısı, Vcc pininden çıkarılarak bluetooth kartı üzerinde yer alan *reset* butonuna basılı tutulur ve buton basılıyken Vcc pini tekrar takılır 3-5 saniye sonra bluetooth üzerindeki ledin eşit periyodlarla yanıp söndüğü görülecektir ve *reset* butonu bırakılarak Şekil 4.15'te de görülen arduino serial port ekranı açılarak bluetooth konfigürasyon ayarlarına başlanır.



Şekil 4.15 Arduino IDE serial port ekranı

Seri port ekranı açıldığında *baud rate* 9600 olarak başlamaktadır. Ancak Bluetooth HC-05 fabrika çıkış baud rate hızı 38400’dür. Konfigürasyon ayarları yapılırken bu değerin seçili olması gerekmektedir.

Bu tez çalışmasında kullanılan bluetooth seri haberleşme modülünün bazı “AT” komutları aşağıda verilmiştir (DIY GUY & JLCPCBcommunity, 2020). Bu komutlarla, bluetooth kartının fabrika çıkışında her bluetooth kartına verilen erişim şifresi (1234) ve dış cihazlardan görüntülenen fabrika çıkış ismi (HC-05) değiştirilecek olup, ayrıca bluetooth kartının tekil olan kimlik ve baud rate hız bilgileri, AT komutları kullanılarak elde edilecektir. Tez çalışmasında kullanılan bluetooth kartının; erişim şifresi, kimlik ve baud rate bilgileri, tasarlanan örnek cihazın ve bu cihazla haberleşmenin sağlanması için geliştirilen mobil yazılımın programlanma aşamasında kullanılmıştır.

- **Test komutu:** Bu komutla, seri port ekranından konfigürasyon için bağlantının sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmektedir. Seri port ekranında “AT” komutu yazılıp *enter* tuşuna basınca cevap olarak “OK” gösterilmesi gerekmektedir.

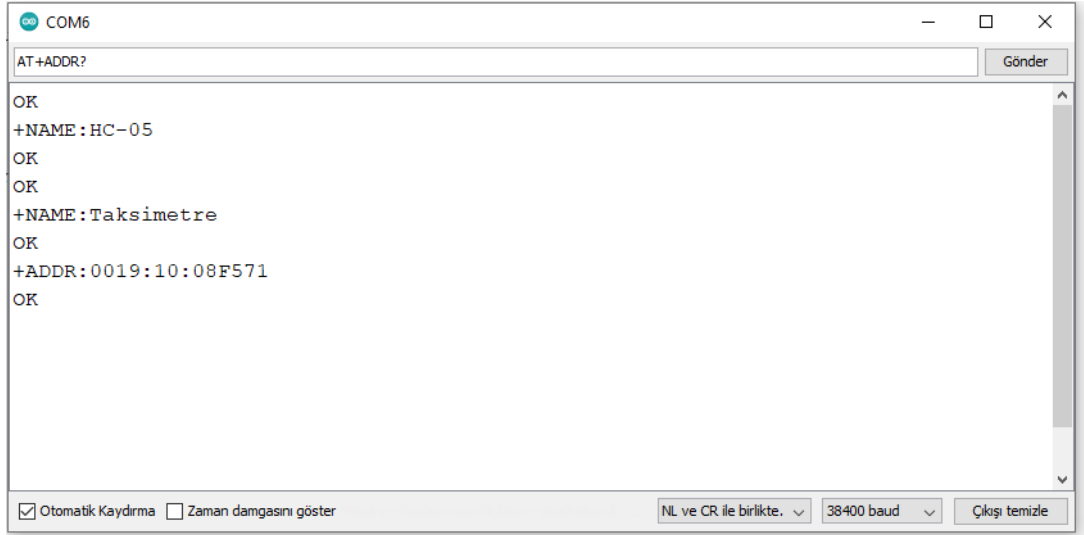
Komut	Cevap
AT	OK

- **Reset komutu:** Bluetooth kartının tüm ayarlarını fabrika ayarına döndürmek için kullanılır.

Komut	Cevap
AT+RESET	OK

- **Bluetooth kimlik bilgisini öğrenme (fiziksel adres) komutu:** Bluetooth kartının tekil olan kimlik bilgisini yani fiziksel adresini sorgulamak için kullanılır. Bu kimlik bilgisi; 12 basamaklı olup, 16'lı sayı sistemi(hexadecimal) uygun olarak oluşturulmuştur. Bu bilgi, tez çalışması için geliştirilmiş olan mobil yazılımda kullanılmıştır.

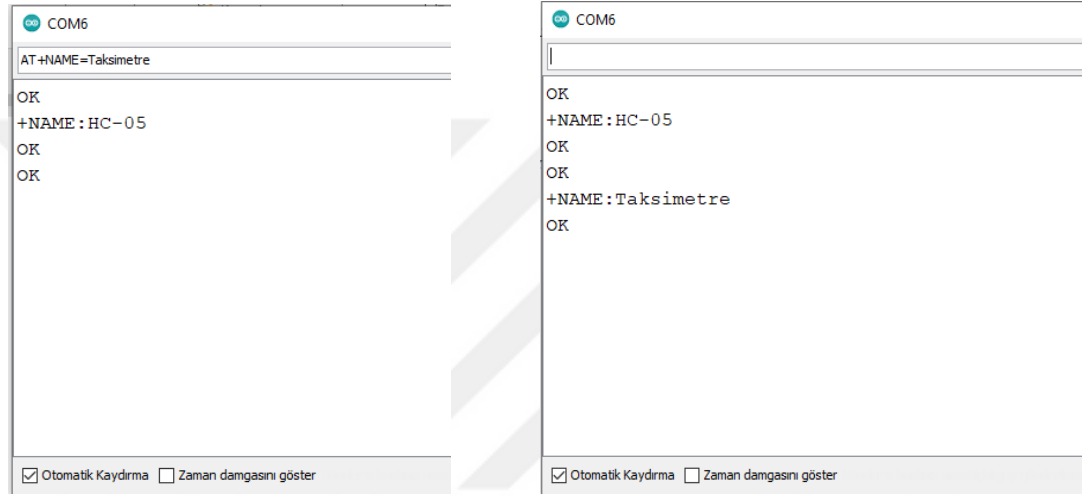
Komut	Cevap
AT+ADDR?	+ADDR: <kimlik bilgisi> OK



Şekil 4.16 Bluetooth kartının fiziksel adresini AT komutuyla sorgu ekranı

- **Bluetooth görüntülenen ismi öğrenme ve değiştirme:** Bluetooth modülü diğer cihazlardan görüntülenebilir bir isme sahiptir. Bu çalışmada kullanılan bluetooth kartı, fabrika çıkışında “HC-05” olarak ayarlanmıştır.

Komut	Cevap
AT+NAME?	+NAME: <HC-05> OK
AT+NAME=Taksimetre	OK



Şekil 4.17 Bluetooth kartının isminin değiştirilmesi, seri port ekranı görüntüsü

- **Bluetooth şifresini öğrenme ve değiştirme:** Bluetooth kartının şifresi fabrika çıkışında 1234 olarak ayarlanmıştır. Bu şifre aşağıdaki AT komutuyla değiştirilmiştir.

Komut	Cevap
AT+PSWD?	+PSWD: <1234> OK
AT+PSWD=*****	OK

- **Bluetooth UART veri haberleşme hızı:** Bluetooth kartının UART bilgisi aşağıdaki AT komutlarıyla öğrenilmiştir. Bu bilgi tez çalışması için geliştirilmiş olan mobil

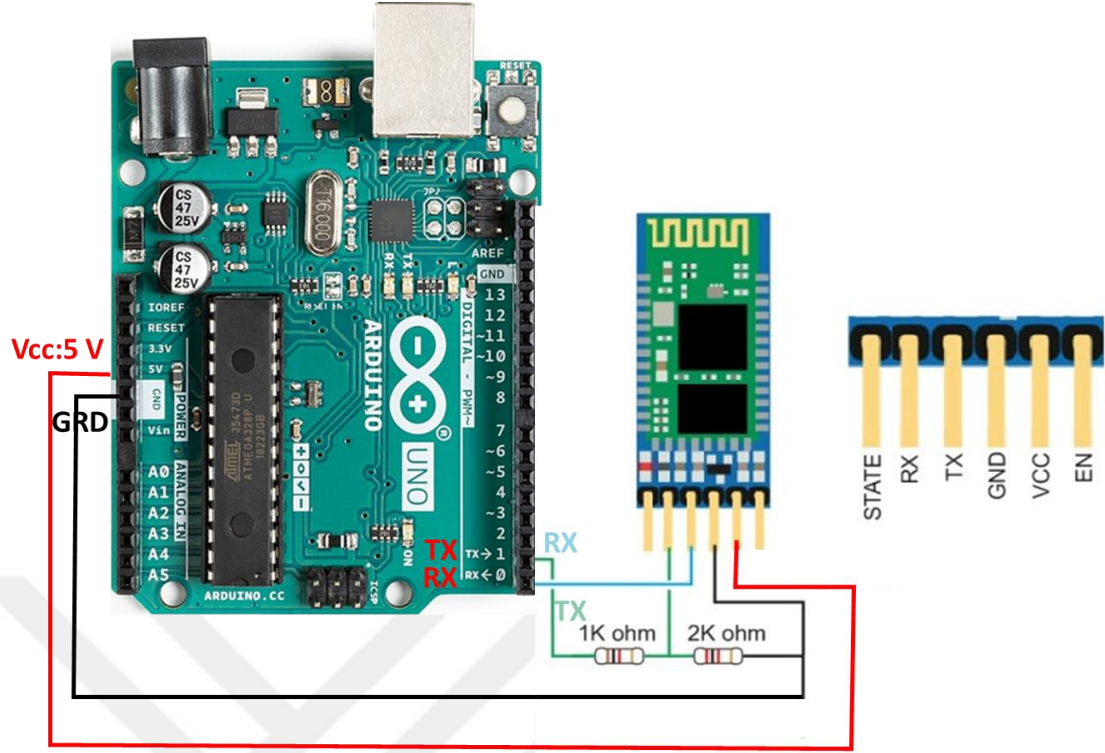
yazılımda kullanılmıştır. Otomatik olarak test cihazının mobil uygulama bağlantısını sağlamak ve veri transferini gerçekleştirmek için test cihazı ile mobil yazılımın aynı baud rate hızına sahip olması gerekmektedir.

Komut	Cevap
AT+UART?	+UART: <38400,0,0> OK

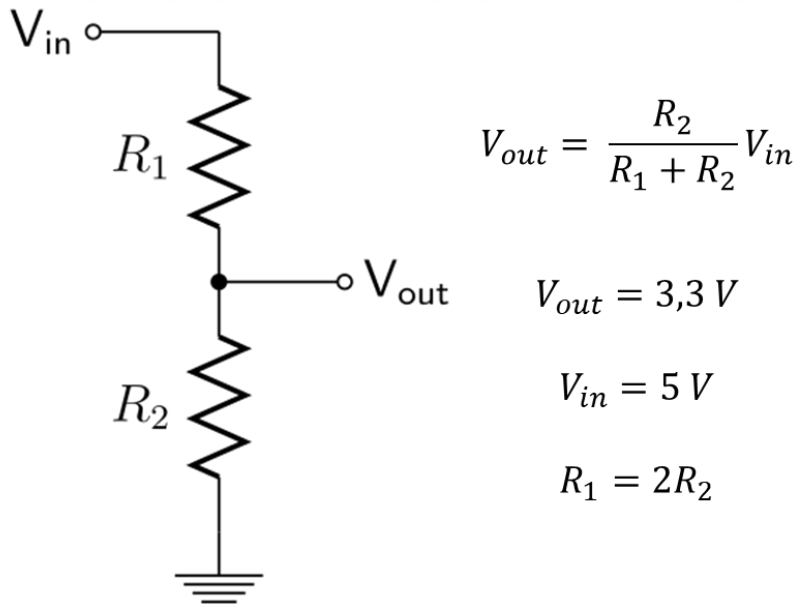
4.3.1.2.3 Arduino uno ve bluetooth veri iletim bağlantısı

Arduno ile bluetooth kartın arasında veri paylaşımı sağlanabilmesi için gerekli olan bağlantı şekli, konfigürasyon ayarlarının yapıldığı bir önceki konu başlığı altında anlatılan bağlantıdan farklıdır. Konfigürasyon ayarları esnasında yapılan bağlantıda; Bluetooth TX pini Arduino TX pinine, Bluetooth RX pini ise Arduino RX pinine bağlanmıştı. Ancak veri transferi esnasında bu pinler tam tersi konumda bağlanması gerekmektedir. Yani RX→TX ve TX→RX olacak şekilde bağlanmalıdır. Çünkü Arduino TX pini üzerinden iletilen veri bluetooth alıcı RX pininden, bluetooth TX pini üzerinden iletilen veri ise arduino alıcı RX pini üzerinden algılanmaktadır. Yani veri haberleşmesi, iletilen verinin alınması ile gerçekleşmektedir. Şekil 4.18’de Arduino UNO ile bluetooth hc-05’in veri transferi bağlantısı gösterilmiştir.

Ardunio UNO dijital pinleri 5 V çıkış vermektedir. Ancak Bluetooth HC-05 alıcı pini olan RX, 3.3 V besleme gerilimine sahiptir. Bu sebeple gerek bluetooth kartının zarar görmemesi gerekse veri iletiminin düzgün bir şekilde gerçekleşmesi için; bluetooth RX pinine 3.3 V giriş olacak şekilde gerilim bölücü bir devre bağlanması gerekmektedir. Gerilim bölücü devre bluetooth RX pinine bağlanması ve arduino’nun 5 V gerilim çıkış 3,3 V değerine düşürülmesi şekil 4.19’daki devre şemasında gösterilmiştir.



Şekil 4.18 Arduino UNO-bluetooth HC-05 veri transferi bağlantısı (Currey, 2014)

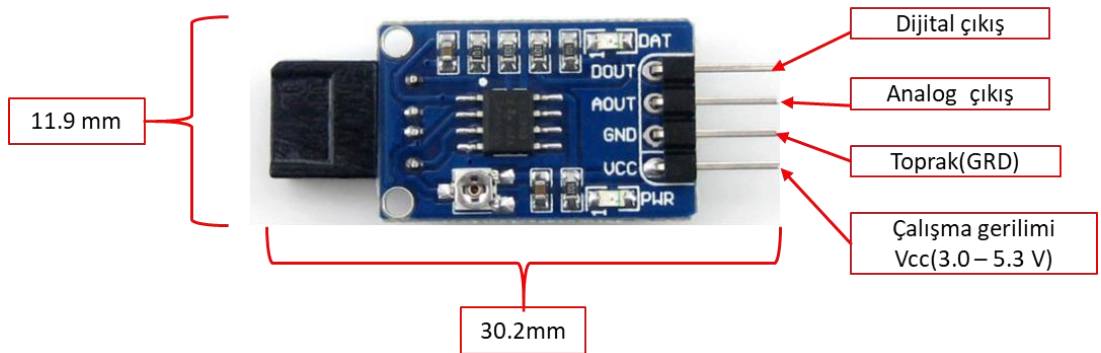


Şekil 4.19 Bluetooth RX pinine uygulanacak gerilim bölücü devre

4.3.1.3 Optik (IR yansıtıcı) sensör

Bu tez çalışmasında tasarlanan test cihazında, taksinin dönüşüm hızını ölçmek için araç lastiğinden alınacak tur sayısı; kızılötesi sensör kullanılarak hesaplanmıştır. Optik sensör sınıfına giren bu kızılötesi sensörün(Infrared) üzerinde kızılötesi alıcı ve verici olarak iki LED bulunmaktadır. Verici LED, kızılötesi ışık yaymakta ve bu ışık bir yüzeyden yansdıktan sonra alıcı LED üzerine düşmekte ve alınan IR ışık sinyali elektriksel sinyale dönüştürmektedir. Çalışmada kullanılan kızılötesi (IR) sensör elektromanyetik spektrumun görünmeyen(invisible) ışık bandının yakın alanında yer alır ve 830nm-950nm dalga boyuna sahiptir (Waveshare Wiki, 2015)

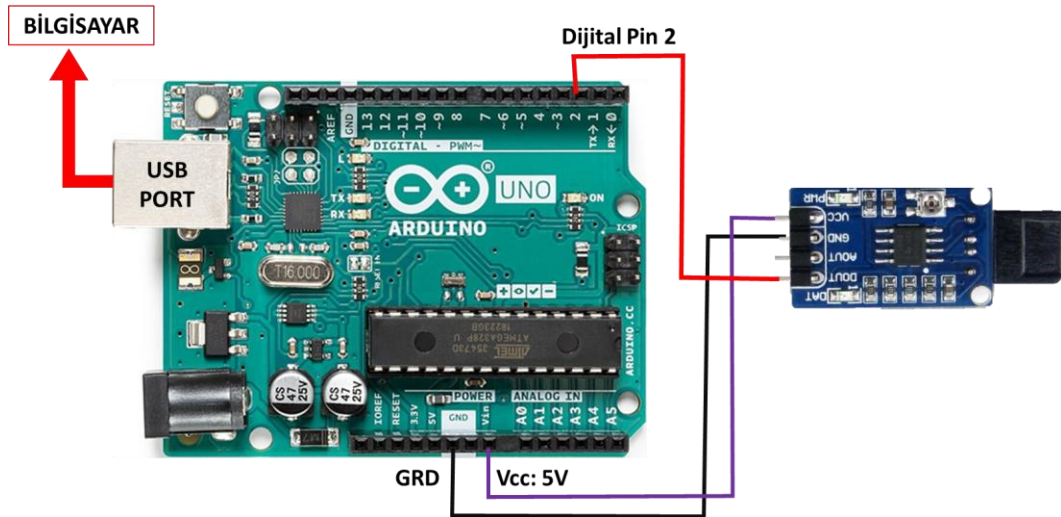
Kızılötesi sensörün hem analog hem de dijital çıkışı bulunmaktadır. Dijital çıkışta, vericiden gönderilen kızılötesi ışık bir yüzeye yansdıktan sonra alıcı tarafından sinyal alınmadığı veya çok düşük seviyelerde alındığında lojik 0, yüksek seviyede alındığında ise lojik 1 çıkışı alınmaktadır. Bu özelliği sayesinde bir çeşit engel sensörü, yani önünde bir nesnenin var olup olmadığını tespit etmek amacıyla da kullanılabilir. Benzer şekilde analog sensörün alıcısına yansıyan sinyalin seviyesine bağlı olarak analog çıkış da üretilebilmekte ve mesafe ölçümü de yapılabilir.



Şekil 4.20 IR yansıtıcı sensör bağlantı ve boyut bilgileri (Waveshare Wiki, 2015)

Bu sensörün çalışma prensibi genel olarak gönderilen kızılötesi ışığın geri yansıtılarak alıcı üzerine düşmesine bağlıdır. Dolayısıyla ışığın alıcı üzerine düşmesini etkileyen tüm parametreler sensörün çalışmasını da etkilemektedir. Bu sebeple, kızılötesi sensörler, ortamın sıcaklığı ile yüzeyin pürüzlülüğü, rengi ve yansıtıcılığı gibi parametrelerden etkilenirler (Nagwa, 2021). Normal şartlarda bir yüzeye ışık tutulduğunda; ışığın bir kısmı yansır, bir kısmı yüzeyde emilir ve bir kısmı da yüzeyden geçer. Yüzeyin rengi beyaz ise bu ışığın büyük kısmı yansır çok az kısmı emilir. Kızılötesi ışıkta da durum bu şekildedir.

Bu tez çalışmasında kızılötesi sensörün dijital çıkışı kullanılmıştır. Arduino kartına kızılötesi sensör bağlanarak, seri port ekranında sensörün dijital çıkışı gözlemlenmiştir. Dijital çıkışla yapılan denemelerde sensörün önüne siyah bir malzeme konulduğunda, siyah rengin matlığı veya parlaklığına bağlı kısmi değişimler olmakla birlikte, sensörün bu malzemeyi algılaması, kısmi değişimler olmakla beraber 2,5 mm ve daha yakın mesafede önünde bir engel olduğunu algıladığı görülmüştür. Ancak sensörün önüne beyaz bir malzeme konulduğunda 4-5 cm mesafeden bile sensör bu malzemeyi algılamış ve dijital çıkışta lojik 1 sinyali vermiştir. Yansıtıcı beyaz renk malzemede bu mesafenin 7 cm'ye kadar çıktığı gözlemlenmiştir.

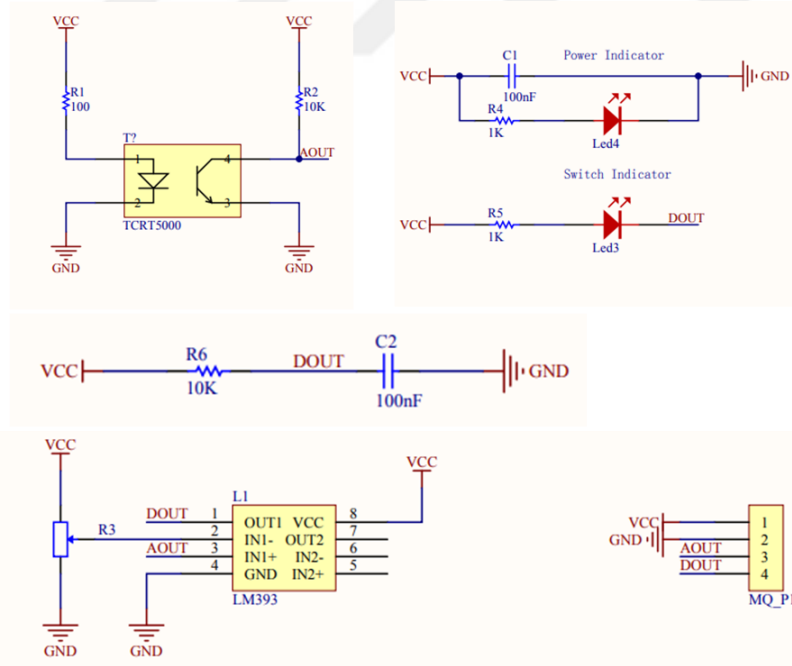


Şekil 4.21 Arduino ve kızılötesi sensör bağlantısı

Taksimetrenin mesafeye göre ücretlendirme kontrolü yapılırken araç lastiğinin tur sayısı, 1-1,5 cm genişliğinde beyaz, yansıtıcı ve yapışma özelliğine sahip bir bandın araç lastiğine şekil 4.22’de görüldüğü gibi yapıştırılması ve sensörün bu bandı algılayacağı bir mesafeden dik bir açıyla görecektir. Araç hareket halindeyken bandın sensör önünden her geçişinde bir tur atması sağlanmış ve bu turlarla taksinin ne kadar mesafe kat ettiği hesaplanmıştır.



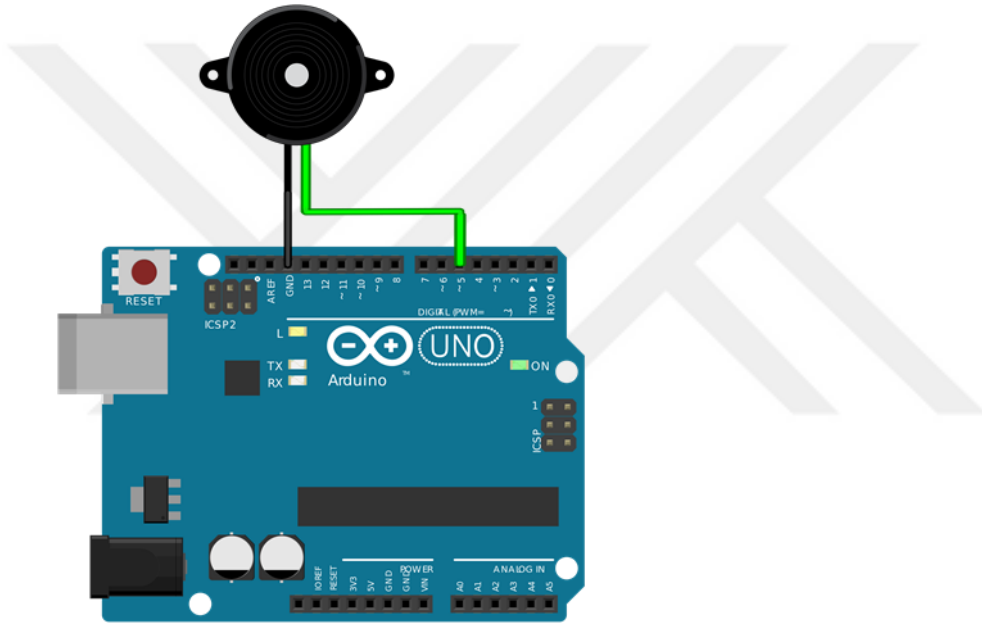
Şekil 4.22 Araç lastiği ve yansıtıcı bant



Şekil 4.23 Kızılötesi sensör devre şeması (*Infrared Reflective Sensor*, 2016)

4.3.1.4 Buzzer

Buzzer, elektriksel sinyali ses sinyaline dönüştüren bir çeşit hoparlördür. Aşağıdaki görselde arduino uno ile bağlantısı vermiş olan buzzer, içinden geçen akım seviyesine göre “bip” olarak ifade edilen ses çıkarmaktadır. Farklı voltaj seviyesine ve frekansa göre çıkarılan ses şekillendirilebilmektedir. Bu tez çalışmasında buzzer, tasarlanan test cihazına, mobil uygulamadan veri transferi gerçekleştirdiğini ve periyodik kontrolün başladığı uyarısını muayene personeline bildirmek için kullanılmıştır.



Şekil 4.24 Arduino UNO buzzer bağlantısı (Eleggo, 2019)

4.3.2 Örnek test cihazının çalışma prensibi ve algoritması

Taksimetrelerin periyodik doğruluk kontrolleri Bakanlıkça ataması yapılan, dolayısıyla yetkilendirilen servislerce yapılma zorunluluğu bulunmaktadır. Bu sebeple bu konuda idari ve teknik açıdan gerekli şartları sağlayan personeller yetkilendirilmektedir. Örnek tasarımda bu kriter göz önünde bulundurularak kimlik doğrulama işlemi yapılmaktadır.

Test ekipmanına erişim izni verilecek olan personeller yine bu yetkilendirme için hazırlanmış olan veri tabanına tanımlaması yapılarak kendileri için tanımlanmış olan kullanıcı adı ve şifreleriyle test cihazına erişim sağlayabilmektedir. Benzer şekilde veri tabanından yetkisi iptal edilen kişilerin test ekipmanına erişimleri kısıtlanmaktadır.

05:43:34

Taximeter Verification Interval

TC Kimlik

Password

GİRİŞ

Şekil 4.25 Örnek tasarım kimlik doğrulama sayfası

Authentication

Users Sign-in method Templates Usage

Search by email address, phone number, or user UID

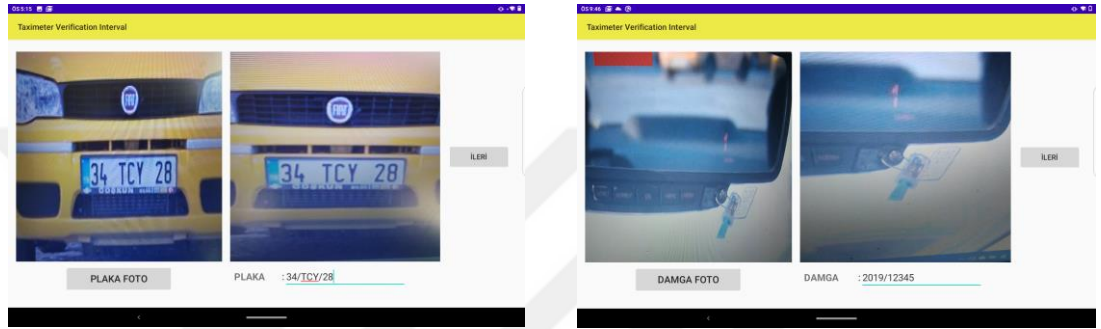
Add user

Identifier	Providers	Created	Signed In	User UID
48361800594@hotmail.com		Jun 3, 2021	Jun 21, 2021	4hRF950isa4E4Z7Rhxp7ZRRkV2

Rows per page: 50 1 - 1 of 1

Şekil 4.26 Örnek tasarım kimlik doğrulama yetkilendirme veri tabanı

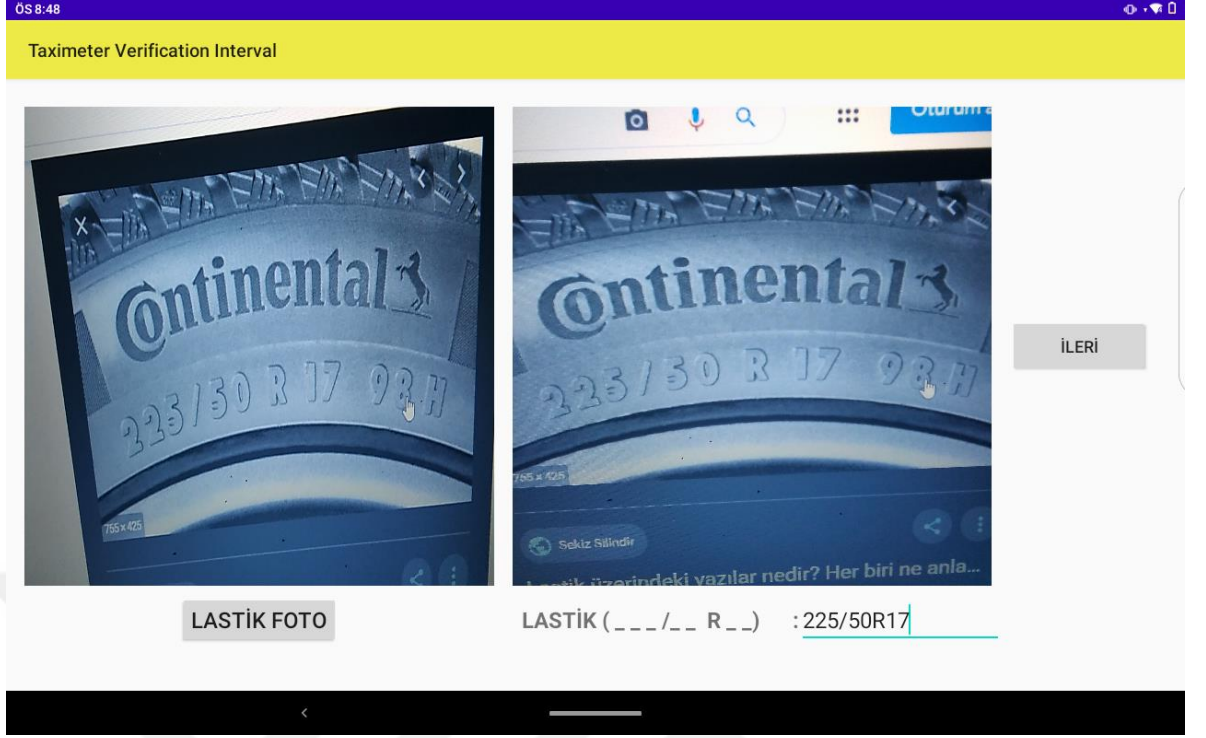
Kimlik doğrulamasıyla test cihazına erişim sağlandıktan sonra, doğruluk kontrolü yapılacak taksimetreye ait bazı bilgilerin kayıt ekranı açılmaktadır. Burada ilk bilgi; taksi plaka bilgisidir. Bu bilgi, muayenesi yapılacak olan taksimetrenin kayıtlı olduğu aracın, dolayısıyla hangi taksiyle hizmet verdiğinin kayıt altına alınması için yapılmaktadır. Taksimetre bir taksiye monte edildikten sonra hukuki sonuç oluşturabilmektedir. Bu sebeple doğruluk kontrolü esnasında elde edilecek sonuçların taksi plaka bilgisi altında kaydedilmesi uygun olacaktır.



Şekil 4.27 Örnek tasarım plaka ve damga bilgilerini kayıt ekranı (SPUTNIK, 2020)

İkinci bilgi ise taksimetre üzerindeki damga bilgileridir. Damga üzerinde taksimetrenin en son ne zaman ve kim tarafından doğruluk kontrolü yapıldığına dair standart bir bilgi yer almaktadır. Taksimetrelerin belirli periyotlarla doğruluk kontrolünün yapıldığı önceki bölümlerde bahsedilmişti. Yasal süreleri içerisinde doğruluk kontrolleri yapılmayan taksimetre kullanıcılarına idari para cezası uygulanmaktadır. Bu sebeple damga üzerindeki bilgilerin kayıt altına alınması, olası idari usulsüzlüklerin tespit ve kayıt edilmesinin önemli olacağı değerlendirilmiştir.

Taksimetre doğruluk kontrolü esnasında kayıt altına alınan üçüncü bilgi ise kritik bir bilgi olan lastik bilgisidir. Şekil 4.28’de mobil uygulama ile lastik bilgilerinin fotoğraflandığı ve lastik üzerindeki bilgilerin alındığı ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.28 Lastik bilgilerinin mobil uygulama ile fotoğrafının alınması

Daha önce belirtildiği gibi taksimetre ücretlendirmeyi; taksi, dönüşüm hızının üzerinde seyrederken mesafeye göre, altında seyredirken zamanda göre yapmaktır. Ölçüm doğruluğunun kontrolü yapılırken de bu parametrenin referans alınması gerektiği aşikardır. Bu sebeple örnek tasarımda bu kriter göz önünde bulundurularak taksinin dönüşüm hızı altında veya üzerinde seyredip seyretmediğinin nasıl tespit edileceği üzerine araştırma yapılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda, taksinin hız bilgisinin araç lastiğinin tur sayısından alınmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir. Bunun sebebi, gerek test ekipmanının daha düşük maliyetle yapılması gerekse ölçüm doğruluğunun mobil yapılabilmesini sağlamaktır.

Taksinin hangi hızda seyrettiğini tespit etmek için taksinin lastik çevresini ve bir turu ne kadar sürede kat ettiğini bilmek yeterli olacaktır. Araç lastiklerinin yan yüzeyinde yer alan ve standart bir bilgi olan lastik jant bilgileri ile lastik çevresinin tam olarak tespit

etmek mümkündür. Her lastiğin boyutu birbirinden farklı olmakla beraber şekil 4.29’da örnek lastik jant bilgileri ve bu bilgilerin açıklamaları verilmiştir.



Şekil 4.29 Lastik jant bilgileri

Şekil 4.29’daki örnek lastik jant bilgilerinden lastik çevresini hesaplayacak olursak; yanak yüksekliği olarak verilen 55 değeri, milimetre olarak ifade edilen taban genişliğinin yüzdesel olarak değeridir. Bu sebeple,

$$(1) \text{ Yanak yüksekliği} = \frac{\text{Taban genişliği} \times 0,55}{10} \text{ cm'dir.}$$

Jant çapı ise “inç” olarak ifade edilmiştir. 1 inç = 2,54 cm olduğundan,

$$(2) \text{ Jant çapı} = 2,54 \times 16 \text{ cm'dir.}$$

Lastik yarı çapı ise jant çapı ve yanak yüksekliklerinin toplamının yarısı olacağından;

$$(3) \text{ Lastik yarı çapı} = \frac{2 \times \text{Yanak yüksekliği} + \text{jant çapı}}{2}$$

Yarı çapı bilinen lastik çevresi ise;

$$(4) \text{ Lastik çevresi} = 2 \times \pi \times \text{Lastik yarıçapı} \text{ cm'dir.}$$

Yukarıda verilen örnek lastik jant bilgileri ile yapılan hesaplamalar sonunda lastik çevresi 195 cm olarak hesaplanmaktadır. Dönüşüm hızının 10 km/s olduğu bir şehirde

$$(5) \quad x = v \times t \quad \text{ise;} \quad 1,95 \text{ m} = \frac{10.000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} \times t \quad t = 0,702 \text{ s} \quad \text{olarak bulunur.}$$

Örnek olarak verilen lastik jant bilgileri ve hızına bakılacak olursa, bu örnekteki taksinin dönüşüm hızı üzerinde olup olmadığı, hareket halindeyken aracın lastiğinden alınan iki tur arasında geçen sürenin 702 ms'den küçük olup olmadığına bakılarak belirlenecektir. Test cihazındaki program, iki tur arasında geçen sürenin 702 ms'den küçük olduğu durumda taksinin dönüşüm hızı üzerinde seyrettiğini aksi durumda dönüşüm hızı altında seyrettiğini algılayacaktır.

Lastik jant bilgileri ve dönüşüm hızından elde edilen bu sürenin hesaplanması tasarlanan mobil uygulamada yapıp, elde edilen bilgilerin bluetooth üzerinden test cihazına gönderilmesi sağlanmıştır.

İki tur arasında geçen sürenin hesaplanması için iki bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar, lastik bilgileri ve dönüşüm hızı bilgisidir. Muayene yapan personel tarafından, şekil 2.28'de gösterilen mobil uygulama ekranından lastik bilgilerinin girilmesi manuel olarak sağlandıktan sonra mobil uygulamanın bir sonraki sayfasında dönüşüm hızı bilgisiyle birlikte muayene esnasında gerekli olacak diğer bilgilerin alınması sağlanmıştır.

Dönüşüm hızı bilgisi daha önce de belirtildiği gibi; taksinin bir saatlik tarife ücretinin bir kilometrelik tarife ücretine bölünmesiyle elde edilmektedir. Bu tarife ücretleri ise her şehir için ilgili kurum/kuruluşlar (esnaf odaları, belediyeler vs.) tarafından belirli periyotlarda güncellenmektedir. Bir şehir için taksi ücret tarifesi değiştiğinde taksimetre

dönüşüm hızı da değişmektedir. Bu sebeple bu tez çalışmasında önerilen yöntemde, önemli bir parametre olan ve ölçüm doğruluğu üzerinde belirleyici rol alan bu bilginin bir veri tabanında tutulması ve test ekipmanının her kullanımında o andaki güncel bilgilerin standart olarak test cihazına gönderilmesinin uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Şekil 4.30’da verilen onay ekran görüntüsünde görüldüğü üzere tarife ve hız bilgilerinin veri tabanından otomatik olarak çekilmesi sağlanmıştır. Onay ekranında yer alan ve GPS ile otomatik olarak getirilen konum bilgisi, hangi ile aitse o ilin tarife ve dönüşüm hızı bilgilerinin veri tabanından çekilmesi için kullanılmıştır.

Onay ekranında öncelikle konum bilgisi alınmış olup alınan konum bilgisi veri tabanına gönderilmiş ve ilgili ilin tarife ve dönüşüm hızı bilgilerinin getirilmesi sağlanmıştır. Şekil 4.30’daki onay ekranında yer alan bilgiler; Ankara ilinde faaliyet gösteren taksilere aittir.

Taksimetre Verification Interval			
PLAKA BİLGİSİ	: 06/HB5827	AÇILIŞ ÜCRETİ(TL)	: 5 TL
LASTİK BİLGİSİ	: 225/55R15	MESAFE TARİFESİ (TL/KM)	: 3.70 TL
DAMGA BİLGİSİ	: 2019/15263	ZAMAN TARİFESİ (TL/S)	: 24 TL
MUAYENE ADRESİ	: Enlem =39.93271643 Boylam=32.65303813 Alsancak, 2154. Sk. 2 A, 06790 Etimesgut/Ankara, Türkiye	BİRİM MESAFE ÜCRETİ	: 0,37
MUAYENE TARİHİ	: 06-05-2021 23:07:19	BİRİM ZAMAN ÜCRETİ	: 0.40 TL
		DÖNÜŞÜM HIZI (KM/S)	: 6.756

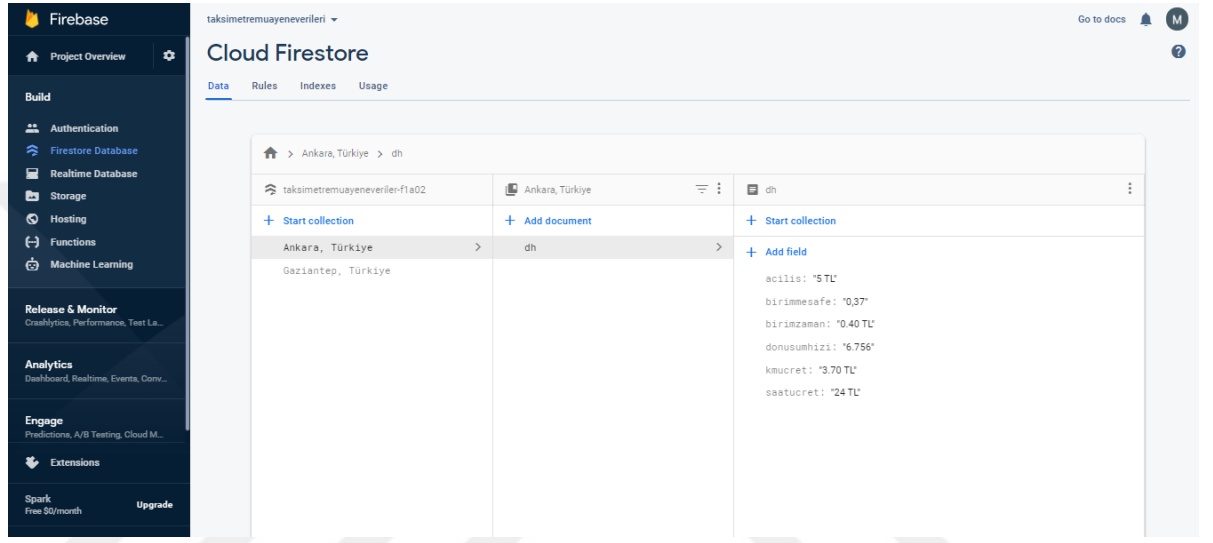
GPS ile konum bilgisi otomatik alınmıştır.

BİLGİLERİ ONAYLIYORUM

Veri tabanından otomatik olarak getirilen bilgiler

Şekil 4.30 Taksimetre bilgileri mobil uygulama onay ekranı

Şekil 4.30'daki bilgiler doğruluk kontrolü yapan personel tarafından onaylandıktan sonra bir sonraki mobil uygulama sayfasında taksinin dönüşüm hızının altında veya üzerinde seyredip etmediğini kontrol eden zaman parametresi, mobil uygulama üzerinden test cihazına gönderilmesi sağlanmıştır. Bu bilgi mikrodenetleyiciye bağlı olan bluetooth ile alındıktan sonra kod bloğu içinde mobil uygulamadan gelecek doğruluk kontrolüne başlama talimatına kadar bekletilmektedir.



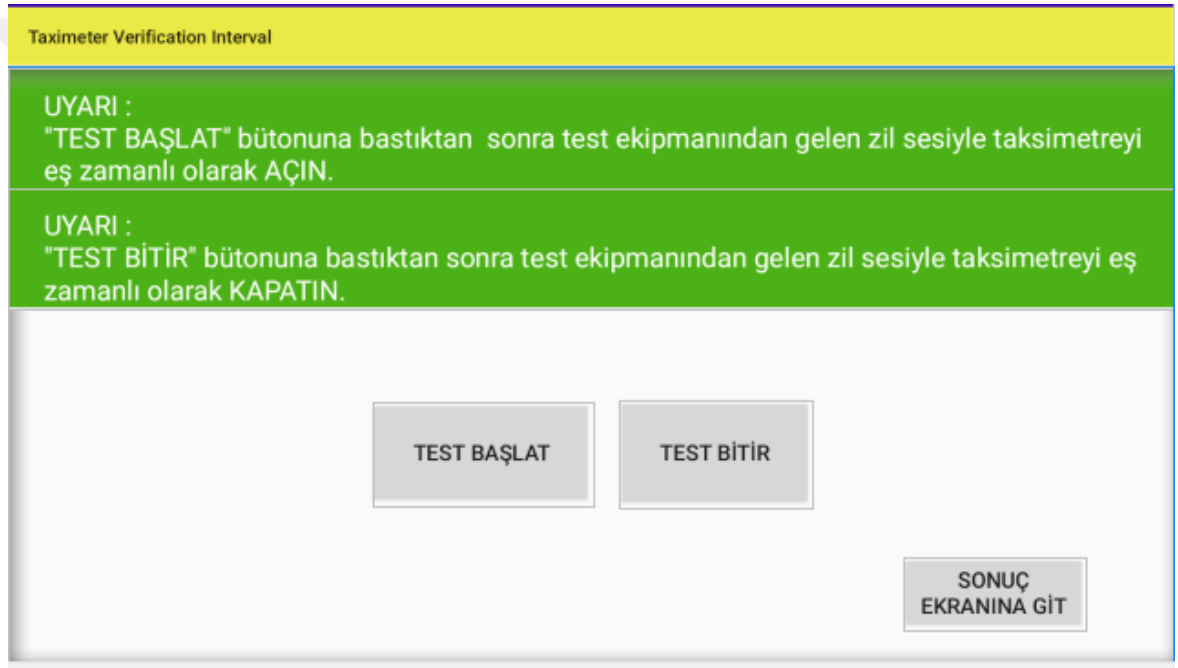
Şekil 4.31 veri tabanında tutulan tarife bilgileri

Test cihazına başlama talimatı gönderilmeden önce test cihazının taksinin arka jantına şekil 4.7'deki gibi vantuz aracılığıyla sabitlenmesi sağlanıp, test cihazının optik sensörünün lastik üzerinde yer alan beyaz yansıtıcı bandı dik bir açıyla görecektir şekilde sabitlenmesi gerekmektedir. Bu bağlantıda dikkat edilmesi gereken iki husus; test cihazından doğru veri alınması üzerinde önem arz etmektedir. Bunlar:

- Test cihazı arka lastik jantlarından herhangi birine bağlanacak şekilde tasarlanmıştır. Bunun sebebi, taksi seyir halindeyken dönüşleri ön tekerler vasıtasıyla yapmasıdır. Dönüş esnasında lastik yanak yüzeyine yapıştırılan beyaz yansıtıcı bant ile sensör

arasındaki mesafe uzayacağından, sensör azami veri alma menziline uzaklaşıp beyaz banttan veri alamayacak ve doğruluk kontrolünü yanlış sonuçlandıracaktır.

- Sensör ile lastik üzerine yapıştırılacak beyaz yansıtıcı bandın birbirini olabildiğince dik açıyla görmesi gerekmektedir. Sensörün vericisinden çıkan kızılötesi ışınların yansıtıcı banda çarpıp tekrar sensörün kızılötesi alıcısına doğru bir şekilde gelebilmesi gerekmektedir. Bu açı, dik açıdan uzaklaşacak şekilde değiştikçe sensörden çıkan ışınlar farklı açılarla yansıtılmakta ve sensörün veri almasını olumsuz şekilde etkilemektedir.

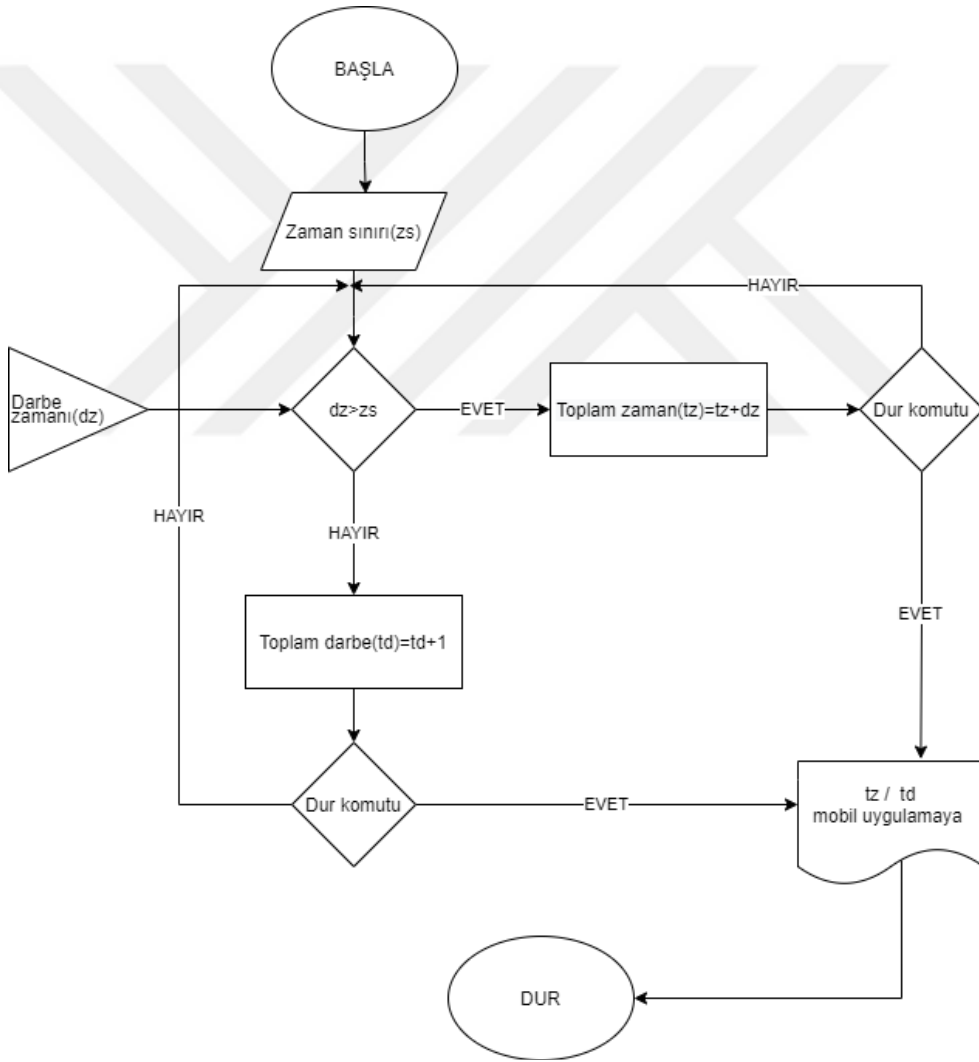


Şekil 4.32 Örnek tasarımın doğruluk kontrolü başlama ve bitiş uygulama arayüzü

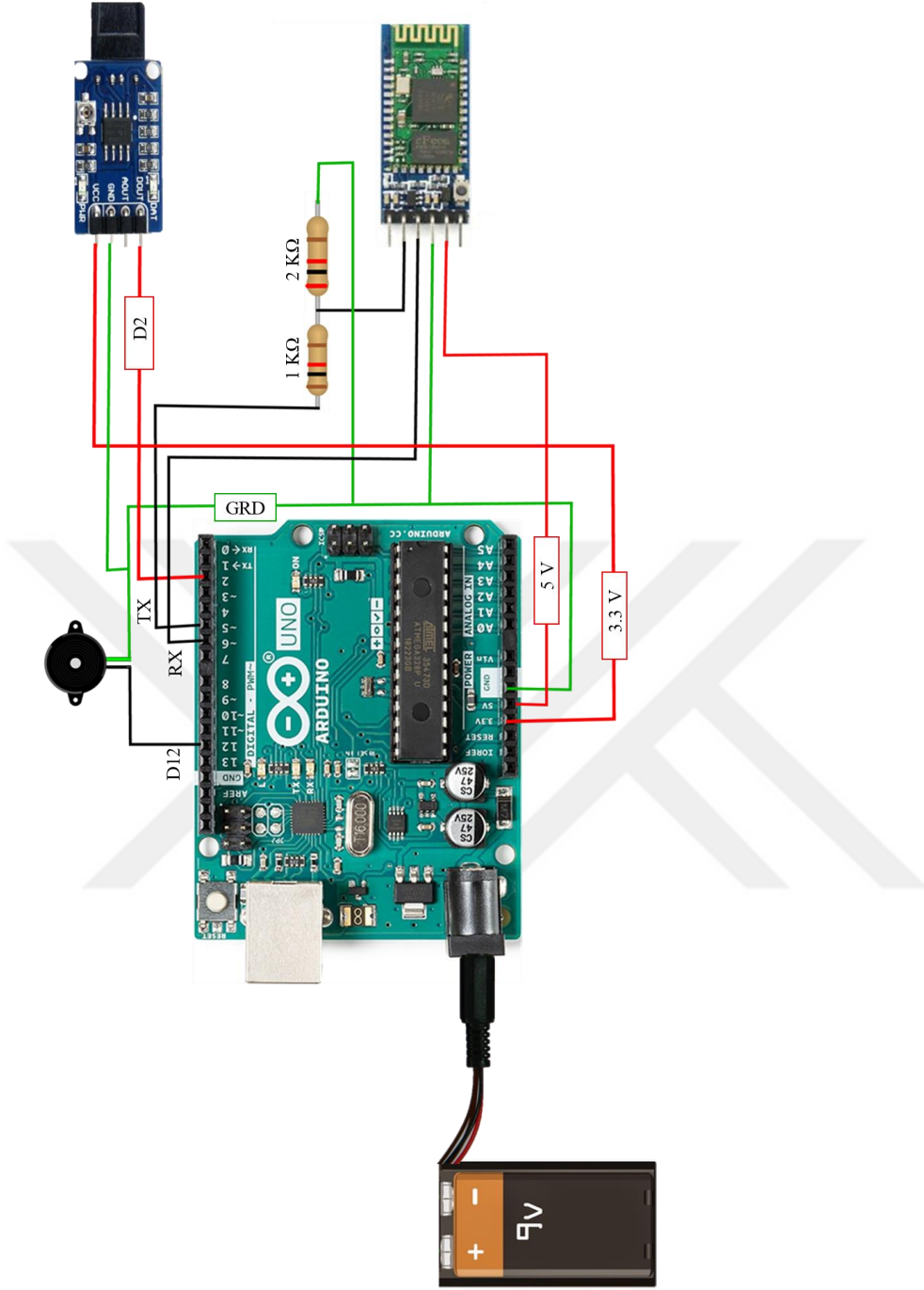
Test ekipmanının taksi jantına bağlanması sağlandıktan sonra mobil uygulamadan *başlama* talimatıyla birlikte taksimetrenin aynı anda açılması sağlanmalıdır. Başla komutuyla birlikte mikrodenetleyicideki kronometre milisaniye seviyesinde çalışmaya başlamaktadır. İlk darbeden sonra her iki darbe arasında geçen süre zaman sınırıyla karşılaştırılmaktadır. Her karşılaştırma sonunda kronometre sıfırlanıp bir sonraki darbeye

kadar tekrar çalışmaktadır. Bu süreç boyunca iki darbe arası süre, zaman sınırından küçük olduğunda taksinin tur sayısı dolayısıyla kat ettiği mesafe kaydedilmekte, büyük olduğunda ise geçen süre kaydedilmektedir.

Bu çalışma algoritması mobil uygulamadan gelecek testi bitirme komutuna kadar devam etmektedir. Bu komutla birlikte taksinin ne kadar süre dönüşüm hızı altında ve ne kadar mesafeyi ise dönüşüm hızı üzerinde seyrettiği seri haberleşme ile mobil uygulamaya gönderilmektedir. Şekil 4.33’de tasarlanan test ekipmanının algoritması gösterilmiştir.



Şekil 4.33 Örnek tasarım test cihazının çalışma algoritması



Şekil 4.34 Tasarlanan test cihazı devre şeması

4.4 Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Kaydedilmesi

Taksimetre muayene yönetmeliğine göre taksimetrelerin ölçüm doğruluğu testinde taksinin *en az* 200 metre hareket ettirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu kapsamda şekil 4.32'deki mobil uygulama başla/bitir test ekranında yer alan testi başlat butonuna basılıp taksi yeterli mesafede ve sürede hareket ettirildikten sonra test bitir butonuna basıldığında, aynı ekranda *sonuç göster* butonu aktif edilmektedir. Bu butona basıldığında muayene sonucunun değerlendirildiği şekil 4.35'teki ekran görüntüsü açılmaktadır. Muayene yapan personelden taksimetre ekranında görmüş olduğu tutar uygulama ekrandaki alana girmesi istenmektedir.

Şekil 4.35 Test cihazı ölçüm doğruluğu sonucunun değerlendirilmesi

Muayene personeli tarafından taksimetrede okunan ücret tutarının ilgili alana girilmesi ve ardından *sonuç göster* butonuna basılmasıyla birlikte, aşağıdaki işlem adımları birkaç saniye içinde gerçekleştirilir.

1.Adım: Veri tabanından; birim zaman ücret(bzu), birim mesafe ücreti(bmu) ve açılış ücreti(ac) bilgileri ile araç lastik çevresi(c) bilgileri bu sayfaya çağrılmaktadır.

2.Adım: Test cihazından, test süresince elde edilen tur sayısı(ts), zaman süresi(zs) bilgileri ile birinci adımda alınan bilgiler aşağıdaki işleme tabi tutulmaktadır.

$$(1) \text{ Toplam mesafe ücreti üst hata sınırı}(mu) = \frac{ts \times c}{100} \times 1,02 \text{ ₺}$$

$$(2) \text{ Toplam mesafe ücreti alt hata sınırı}(mua) = \frac{ts \times c}{100} \times 0,98 \text{ ₺}$$

$$(3) \text{ Zaman ücreti } (zu) = \frac{zs \times bzm}{3600} \times 1,002 \text{ ₺}$$

$$(4) \text{ Zaman ücreti } (zua) = \frac{zs \times bzm}{3600} \times 0,998 \text{ ₺}$$

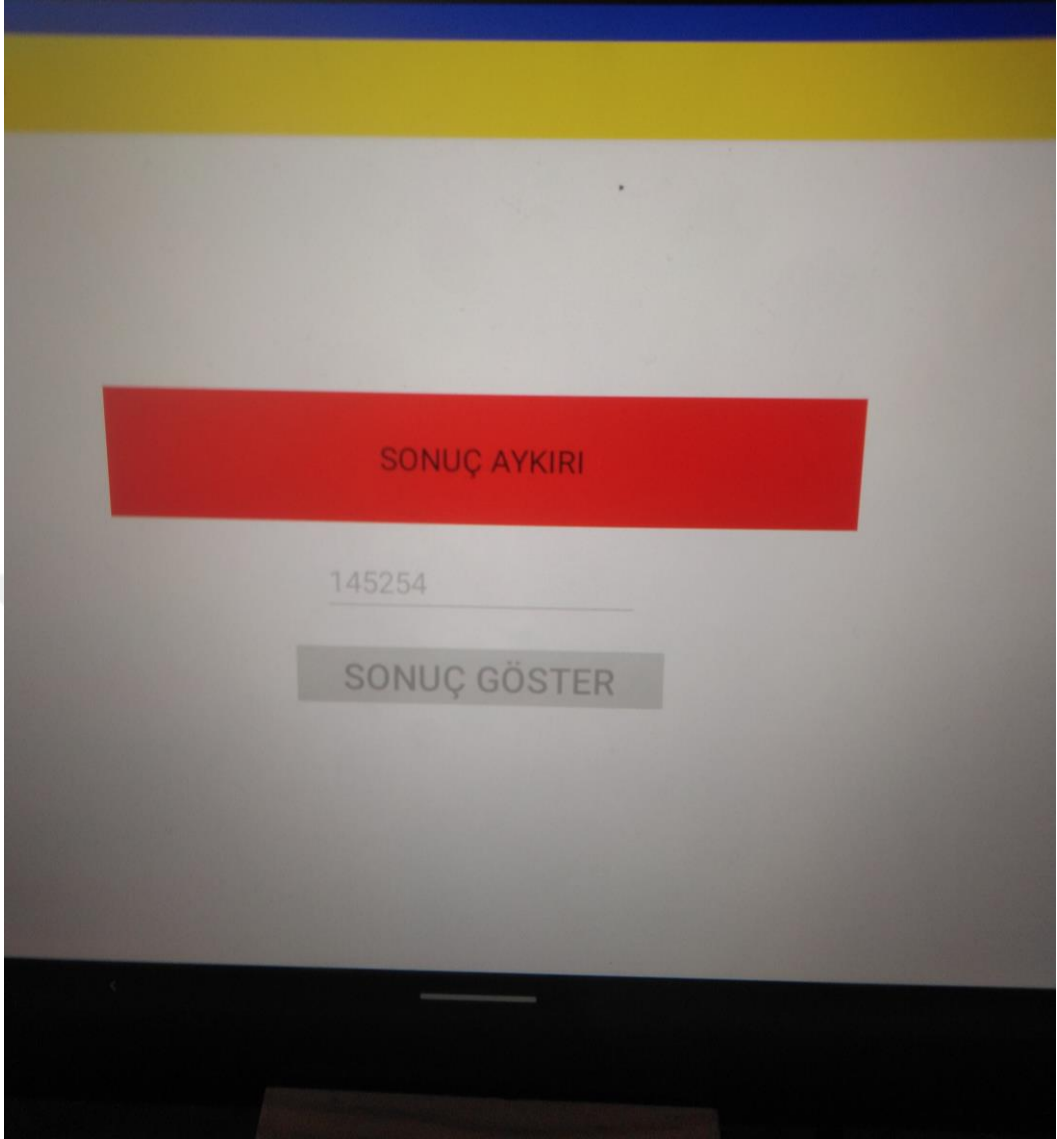
$$(5) \text{ } zua + mua + ac \leq \text{taksimetre okunan değer} \leq zu + mu + ac$$

3.Adım : Bölüm 4.2’de yapılan birim zaman kontrolünde yer alan resim 1(r1) ve resim2(r2) değerleri bu sayfa çağrılır ve aşağıdaki eşitliğin oluşturulur.

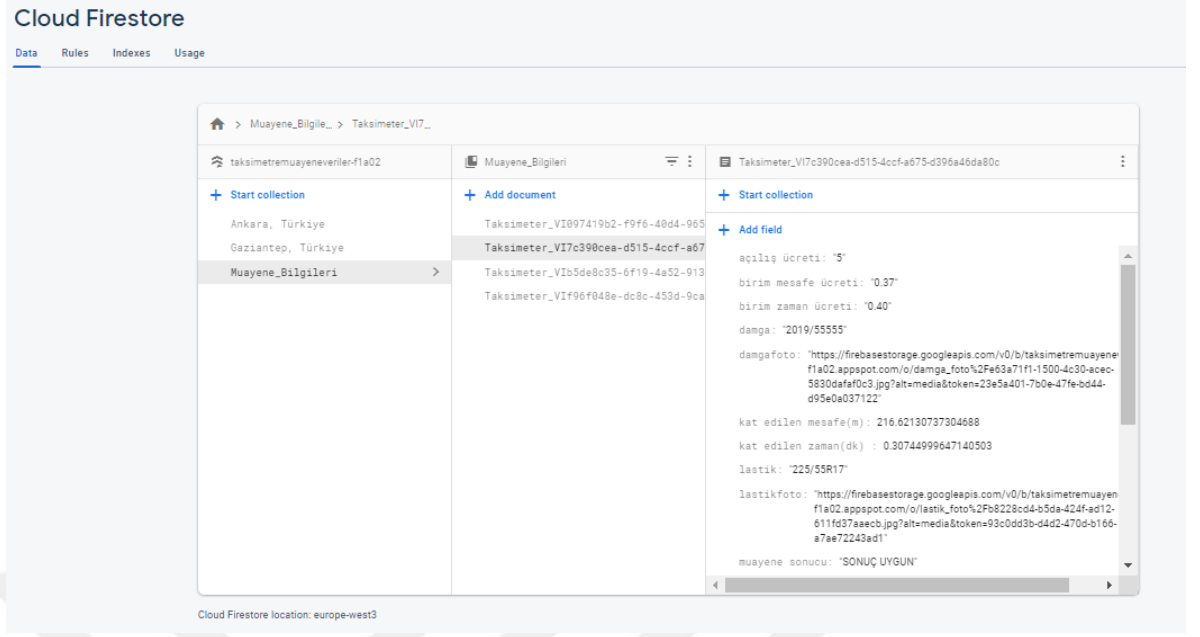
$$(1) \text{ } r2 - r1 = brz$$

4.Adım : 2. Adım denklem(5) koşulu ile 3.Adım denklem(1) koşulunun her ikisinin sağlanması durumunda muayene sonucu olarak; *MUAYENE SONUCU UYGUN* bilgisi, aksi durumda *MUAYENE SONUCU AYKIRI* bilgisi kaydedilir.

5.Adım : Muayene sonuç bilgisi ile birlikte plaka, damga ve lastik fotoğrafları ve bilgileri, birim zaman kontrolünde alınan iki fotoğraf, muayene adresi, muayene tarihi, kat edilen mesafe ve zamanda hareket süresi, birim zaman , birim mesafe ve açılış ücret bilgileri ve dönüşüm hızı bilgisi veri tabanına kaydedilmek için gönderilir. Kayın işleminin başarılı bir şekilde gerçekleştiğine dair veri tabanından gelen bilgi sonucunda kullanıcıya muayene sonuç bilgisi gösterilir.



Şekil 4.36 Muayene sonucu aykırı olan bir taksimetre ekran görüntüsü



Şekil 4.37 Muayene sonuçlarının ve bilgilerinin tutulduğu veri tabanı ekran görüntüsü

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu tez çalışması sonunda, taksimetrelerin doğru ayarlı olarak çalışıp çalışmadığının kontrolü amacıyla yapılan periyodik muayenelerinde kullanılmak üzere, örnek bir test cihazı tasarlanmıştır.

Taksimetrelerin periyodik kontrollerinde taksimetrenin birim zamanda ve birim mesafede izin verilebilir hata sınırları içinde doğru ücretlendirme yapıp yapmadığı incelenmektedir. Bu nedenle, ölçüm sonuçlarının güvenilirliği ve tutarlılığını incelemek için referans olarak belirlenmiş bir taksimetre ile tasarlanan test cihazının birim mesafe ve birim zamanda testleri yapılmıştır.

Birim mesafe testinde, referans olarak kullanılan bir taksimetrenin birim mesafesi 95 m, 98 m, 100 m, 102 m ve 104 m olarak ayarlanmış ve tasarlanan test cihazıyla her bir değer için 6 defa olmak üzere toplam 30 defa test yapılmıştır. Bu test, bir servis ortamında araç sabitken sadece araç lastiği döndürülerek yapılmıştır. Referans taksimetre takılı araç, kaldıraçla yaklaşık 30 cm havaya kaldırılıp aracın tekeri boşta döndürülerek gerçekleştirilmiştir.

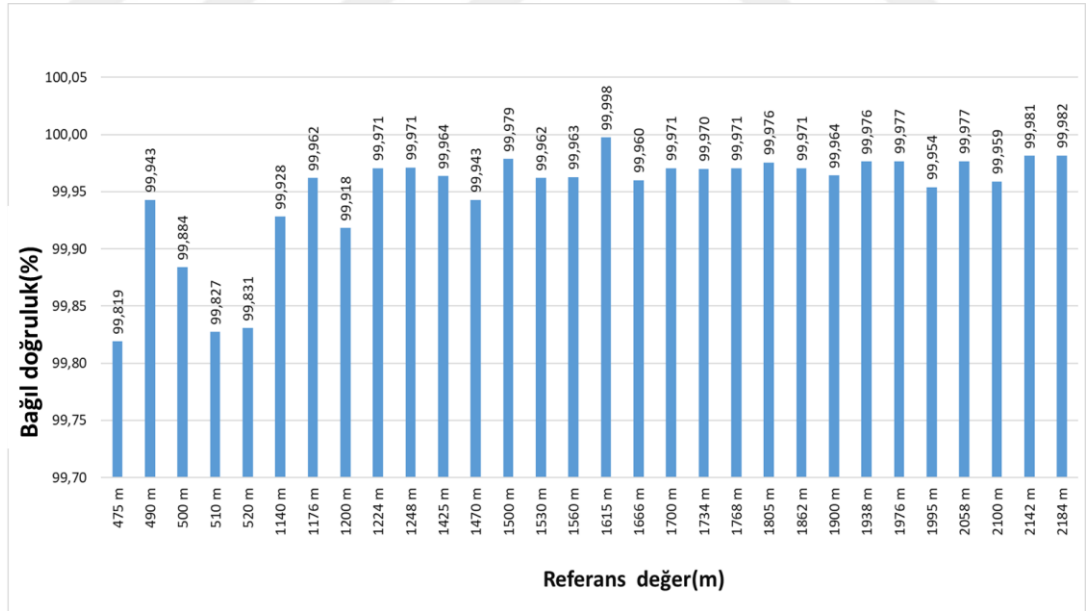
Sıfır hata ile çalışan bir taksimetreden her 100 m’de bir ücret yazması beklenmektedir. Ancak, yasal mevzuatla belirlenen izin verilebilir hata değerinin $\pm\%2$ olması sebebiyle, birim mesafenin en az 98 m en fazla ise 102 m olduğu durumda, taksimetre birim mesafe testinden geçmiş sayılmaktadır. Bu sebeple; birim mesafe uzunluğu 98 m, 100 m ve 102 m olarak ayarlanmış referans taksimetrenin, tasarlanan test cihazı ile doğruluk kontrolü yapılarak, referans taksimetrenin hata sınırları içinde olduğu görülmeye çalışılmıştır. Benzer şekilde, referans taksimetrenin birim mesafesi, izin verilebilir hata sınırları dışında 95 m ve 104 m olarak ayarlanarak tasarlanan test cihazıyla referans taksimetrenin hatalı çalıştığı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Taksimetrelerin birim mesafe kontrolü; aracın, dönüşüm hızının üzerinde bir hızla seyretmesine ve seyir halindeyken kat edilen mesafenin hesaplanmasına dayanmaktadır. Test esnasında Ankara ilinde kullanılmakta olan dönüşüm hız ($\approx 6,8$ km/s) değerinin üzerinde bulunan, ortalama 35-40 km/s hız değeri ile seyir sağlanmıştır. Referans taksimetre takılı araca her bir birim mesafe uzunluğunun 5, 12, 15, 17, 19 ve 21 katı kadar bir mesafe kat ettirildikten sonra referans taksimetre ekranında okunan değerle tasarlanan test cihazında okunan değerler çizelge 5.1'e kaydedilmiştir.

Her bir ölçüm değeri için mutlak hata değerleri ve denklem 5.1 kullanılarak ölçüm doğruluk ve bağıl doğruluk değerleri hesaplanarak çizelge 5.1'e kaydedilmiştir (Banas, 2020).

$$\text{Bağıl doğruluk}(bd) = \frac{\text{gerçek}(t) - |\text{gerçek}(t) - \text{ölçülen}(c)|}{\text{gerçek}(t)} \quad (5.1)$$

Ölçümü yapılan her bir referans değere karşılık gelen bağıl doğruluk değeri şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Bağıl doğruluk ölçüm sonuçlarının grafik üzerinde gösterimi

Ölçümler farklı mesafe değerlerinde yapılmıştır. Bu sebeple her bir ölçüm birbirinden bağımsız olarak kendi içinde değerlendirilmiştir ve test cihazının farklı mesafelerde performansı test edilmiştir. Taksimetre muayene yönetmeliğinde birim mesafe testinin minimum 200 m’de yapılması istenmektedir. Tasarlanan test cihazıyla 475 m’den başlanarak 2184 m’ye kadar toplam farklı 30 mesafe değeri test edilmiştir. Yapılan birbirinden bağımsız 30 ölçüm içinde bağıl doğruluk minimum 99.819% maksimum 99.998% bulunduğu görülecektir.

Çizelge 5.1 Testlerin bağıl doğruluk değerleri

Test sayısı(n)	Birim mesafe sayısı	Birim mesafe uzunluğu(m)	Referans taksimetrede okunan değer (Gerçek değer,t)	Test cihazından okunan değer (Beklenen değer,c)	Mutlak hata (t-c)	Doğruluk	Bağıl Doğruluk(%)
1	5 birim mesafe	95	475 m	475,86 m	0,86 m	0,9982	99,8189
2		98	490 m	490,28 m	0,28 m	0,9994	99,9429
3		100	500 m	500,58 m	0,58 m	0,9988	99,8840
4		102	510 m	510,88 m	0,88 m	0,9983	99,8275
5		104	520 m	519,12 m	0,88 m	0,9983	99,8308
6	12 birim mesafe	95	1140 m	1139,18 m	0,82 m	0,9993	99,9281
7		98	1176 m	1176,45 m	0,45 m	0,9996	99,9620
8		100	1200 m	1200,98 m	0,98 m	0,9992	99,9183
9		102	1224 m	1223,64 m	0,36 m	0,9997	99,9706
10		104	1248 m	1248,36 m	0,36 m	0,9997	99,9712
11	15 birim mesafe	95	1425 m	1425,52 m	0,52 m	0,9996	99,9635
12		98	1470 m	1470,84 m	0,84 m	0,9994	99,9429
13		100	1500 m	1499,68 m	0,32 m	0,9998	99,9787
14		102	1530 m	1530,58 m	0,58 m	0,9996	99,9621
15		104	1560 m	1559,42 m	0,58 m	0,9996	99,9628
16	17 birim mesafe	95	1615 m	1615,04 m	0,04 m	1,0000	99,9975
17		98	1666 m	1666,66 m	0,66 m	0,9996	99,9601
18		100	1700 m	1699,50 m	0,50 m	0,9997	99,9706
19		102	1734 m	1734,52 m	0,52 m	0,9997	99,9700
20		104	1768 m	1767,48 m	0,52 m	0,9997	99,9706
21	19 birim mesafe	95	1805 m	1804,56 m	0,44 m	0,9998	99,9756
22		98	1862 m	1862,55 m	0,55 m	0,9997	99,9706
23		100	1900 m	1899,32 m	0,68 m	0,9996	99,9642
24		102	1938 m	1938,46 m	0,46 m	0,9998	99,9763
25		104	1976 m	1975,54 m	0,46 m	0,9998	99,9767
26	21 birim mesafe	95	1995 m	1994,08 m	0,92 m	0,9995	99,9539
27		98	2058 m	2058,48 m	0,48 m	0,9998	99,9766
28		100	2100 m	2099,14 m	0,86 m	0,9996	99,9590
29		102	2142 m	2142,40 m	0,40 m	0,9998	99,9813
30		104	2184 m	2183,60 m	0,40 m	0,9998	99,9817

Birim mesafe kontrolünün test sonuçları; literatürde en çok kullanılan ve ölçüm değerlerinin benzersiz olarak seçilmesinden dolayı mutlak yüzde hata (Absolute

Percentage Error, APE) ve mutlak ortalama yüzde hata (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) değerleri (Vandeput, 2018) de hesaplanarak istatistiksel olarak da değerlendirilmiştir. Çizelge 5.2’de taksimetrenin farklı mesafelerde test sonuçlarına ilişkin hesaplamaları içermektedir.

$$APE = \left| \frac{T_t - C_t}{T_t} \right| \quad (5.2)$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{T_t - C_t}{T_t} \right|}{n} \quad (5.3)$$

Denklem 5.4’te T_t gerçek değerleri, C_t gerçek değerlere karşılık beklenen tahminler veya öngörüler ve n gözlem sayısı tanımlamaktadır. Ortalama mutlak yüzde hata, öngörülerin doğruluk düzeyini ölçmek için geliştirilmiş bir hata ölçütlerinden biridir.

MAPE’nin yüzde olarak gösterilen bir ölçüt olması nedeniyle, MAPE ölçütü, üzerinde çalışılan değerlerin ölçeğinden bağımsız bir ölçüttür. Kullanılan ölçekten bağımsız olan MAPE ölçütü, farklı ölçek değerlerine sahip testlerin tahminlerinin veya öngörülerinin karşılaştırılmasında da kullanılabilir. Mesafe ölçümlerinin birbirine oranı bir anlam ifade ettiği için MAPE hata ölçütünün kullanılması yerinde olmuştur.

Çizelge 5.2’de referans olarak kullanılan taksimetreden okunan değerlere, dolayısıyla gerçek değerlere karşılık, test cihazından okunan beklenen değerler kaydedilmiştir. Yapılan 30 testte elde edilen sonuçların her biri için mutlak yüzde hataları ve tüm değerlerin ortalama mutlak yüzde hataları denklem 5.2 ve 5.3 kullanılarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar neticesinde MAPE değeri %0,052 olarak hesaplanmıştır.

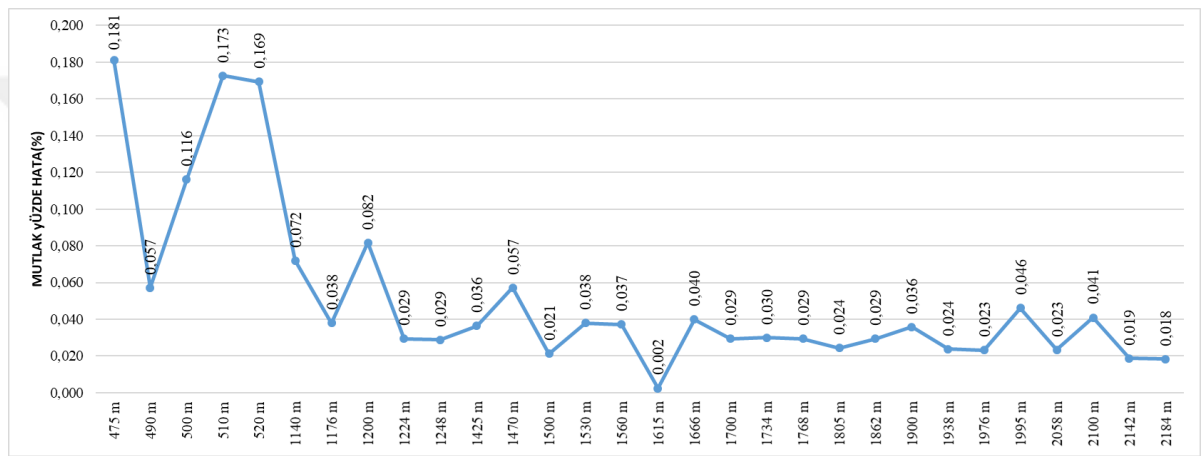
Çizelge 5.2 Ölçümlerin mutlak yüzde hataları

No	Referans taksimetrede okunan değer(m), (Gerçek değer, Tt)	Test cihazında okunan değer(m), (Beklenen değer,Ct)	APE (Mutlak Yüzde Hata(%))
Test-1	475 m	475,86 m	0,181
Test-2	490 m	490,28 m	0,057
Test-3	500 m	500,58 m	0,116
Test-4	510 m	510,88 m	0,173
Test-5	520 m	519,12 m	0,169
Test-6	1140 m	1139,18 m	0,072
Test-7	1176 m	1176,45 m	0,038
Test-8	1200 m	1200,98 m	0,082
Test-9	1224 m	1223,64 m	0,029
Test-10	1248 m	1248,36 m	0,029
Test-11	1425 m	1425,52 m	0,036
Test-12	1470 m	1470,84 m	0,057
Test-13	1500 m	1499,68 m	0,021
Test-14	1530 m	1530,58 m	0,038
Test-15	1560 m	1559,42 m	0,037
Test-16	1615 m	1615,04 m	0,002
Test-17	1666 m	1666,66 m	0,040
Test-18	1700 m	1699,50 m	0,029
Test-19	1734 m	1734,52 m	0,030
Test-20	1768 m	1767,48 m	0,029
Test-21	1805 m	1804,56 m	0,024
Test-22	1862 m	1862,55 m	0,029
Test-23	1900 m	1899,32 m	0,036
Test-24	1938 m	1938,46 m	0,024
Test-25	1976 m	1975,54 m	0,023
Test-26	1995 m	1994,08 m	0,046
Test-27	2058 m	2058,48 m	0,023
Test-28	2100 m	2099,14 m	0,041
Test-29	2142 m	2142,40 m	0,019
Test-30	2184 m	2183,60 m	0,018

MAPE=	0,052
-------	-------

Çizelge 5.2’de yer alan birim mesafe kontrolüne ilişkin yapılan testlerde elde edilen sonuçların mutlak yüzde hata değerleri Şekil 5.2’deki grafik üzerinde gösterilmiştir.

Grafik incelendiğinde test için kat edilen mesafe arttıkça mutlak yüzde hata genel olarak düşme eğilimindedir. Referans taksimetrenin bağlı olduğu taksi durdurulduğunda, araç lastiği dönmeyeceğinden dolayısıyla test cihazının sensörden tur alması da duracağı için mesafede alınan hata en fazla lastiğin bir çevresi kadar olacaktır. Araç durduğunda test cihazı henüz yeni tur almış olabilir veya tur sayısı almaya lastiğin bir tur dönüşü kadar mesafe olabilir. Bu sebeple ideal şartlarda hata en fazla lastiğin bir tur çevresi kadar mesafe olacağından kat edilen mesafe arttıkça mutlak yüzde hata değerlerinin de genel olarak düşme eğiliminde olması beklenen bir durumdur.



Şekil 5.2 Mutlak yüzde hata sonuçları

Bu tez çalışması sonunda tasarlanan test cihazıyla yapılan diğer bir test ise taksimetrenin birim zaman kontrolüne ilişkin testlerdir. Bu testte, birim zamanı doğru ayarlı olan bir taksimetrenin, test cihazıyla kontrol edilerek doğru ayarlı olduğu gözlemlenmeye çalışılmıştır. Araç, dönüşüm hızı altında seyrettirilerek taksimetrenin sadece zamana göre ücretlendirmesi kontrol edilmiştir. Bu testte, taksimetrenin 3 dakikalık sürelerde doğru ücretlendirme yapıp yapmadığı 30 defa tekrar edilmiş ve sonuçlar çizelge 5.4 kaydedilmiştir. Test için Ankara iline ait tarife değerleri yüklü olan bir taksimetre kullanılmıştır.

2021 yılı taksimetre tarifesine göre, Ankara ilinin birim zaman ücreti 0,40 ₺ olarak belirlenmiştir. 3'er dakikalık zaman diliminin $\pm 0,2$ 'lik hata payı alındığında, ideal bir taksimetrenin 17.640 ile 180.360 milisaniye aralığında 5 ₺ açılış ücreti ve 3 dakikalık yolculuk ücreti 1.2 ₺ ($3 \times 0,40$ ₺) ile birlikte toplam 6,20 ₺ ücret göstermesi gerekmektedir.

Birim zaman testinde referans taksimetrenin, 3 dakikalık zaman testinin izin verilebilir hata($\pm 0,2$) alt ve üst sınırları arasında 720 milisaniye zaman bulunmaktadır. Bu süreye, 250 milisaniyelik bir tepki süresi ilave edilerek toplamda 970 milisaniyelik bir süre içinde referans taksimetrenin ücret gösteren ekranının iki adet fotoğrafı otomatik olarak çekilerek sonuçlar çizelge 5.4'e kaydedilmiştir.

Çekilen ilk fotoğrafta, taksimetrenin hata alt limitinden önce 5,80 ₺ ücret yazması, ikinci fotoğrafta ise izin verilebilir hata üst sınırındaki zaman limitine kadar 6,20 ₺ ücret yazması beklenmiştir. Birim zaman kontrolü için yapılan 30 testte de bu değerler gözlemlenmiştir. Bu testle, birim zaman doğru ayarlı olan bir taksimetrenin, tasarlanan test cihazıyla kontrolünün beklenen ölçülerde başarılı sonuç verdiği değerlendirilmektedir.

Ancak, birim zaman testi bu yöntemle yapıldığında taksimetrenin başlatılmasının personelin tepki süresine bağlı olarak değişmesi sebebiyle %100 kesin sonuç vermeyeceği değerlendirilmektedir.

Özetle, tasarlanan test cihazıyla birim zamanı test edilen bir taksimetrenin ölçüm sonucunun izin verilebilir hata sınırları dışında bulunması durumunda bu taksimetrenin birim zamanda kesin olarak yanlış ölçüm yaptığı sonucu çıkarılmaktayken, test cihazıyla taksimetrenin ölçüm sonucunun izin verilebilir hata sınırları içinde bulunması durumunda ölçüm sonucunun %100 doğru olamayacağı değerlendirilmektedir.

Çizelge 5.3 Birim zaman kontrolü test sonuçları (doğru ayarlı taksimetre)

Test No	Taksimetre ekranından okunan değer(r1) (Hata ALT sınırından önce)	Taksimetre ekran okunan değer(r2) (Hata ÜST sınırında)	SONUÇ (r2-r1=birim zaman ücreti ise UYGUN aksi durumda AYKIRI)
1. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
2. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
3. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
4. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
5. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
6. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
7. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
8. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
9. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
10. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
11. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
12. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
13. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
14. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
15. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
16. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
17. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
18. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
19. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
20. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
21. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
22. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
23. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
24. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
25. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
26. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
27. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
28. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
29. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN
30. Test	5, 80 ₺	6,20 ₺	UYGUN

Mevcut uygulamada birim zaman kontrolüne ilişkin yapılan testlerde fiziksel bir kronometre kullanılmaktadır. Bu kronometrenin başlatılması ve durdurulması muayene personeli tarafından kontrol edilmektedir. Bu tez çalışmasında önerilen yöntem ile kronometrenin durdurulması bir yazılım tarafından kontrol edilerek insan kaynaklı hataların azaltılması sağlanmıştır. Ayrıca, mevcut uygulamada muayene sonucunun değerlendirilmesi, muayeneyi yapan personelin inisiyatifine bırakılırken, önerilen yöntemde sonuçların otomatik olarak bir veri tabanına kaydedilmesi sağlanarak sonuçların manipüle edilmesi engellenmiştir.

Özetlemek gerekirse, bu tez çalışması sonucunda önerilen yöntem ve tasarlanan test cihazıyla taksimetrelerin periyodik kontrol ve denetimlerinin fiziksel bir ortama olan bağımlılığı ortadan kaldırılarak zamandan ciddi bir tasarruf sağlanmıştır. Denetim sürecine dâhil olan taksinin pist alanına götürülmesi, testlerin yapılması ve taksinin bu süre içinde faaliyetlerini yürütememesi sonucu oluşan maddi kayıp ciddi oranda azaltılmıştır. Ayrıca, denetim personeline daha kısa sürede daha fazla taksimetre denetimi yapılabilmesine imkân sağlanmıştır.

Ayrıca, bu tez çalışmasında önerilen yöntemle yapılan muayenelerde, ölçüm sonuçları üzerinde insan kaynaklı hatalar azaltılmış olup sonuçların hesaplanması ve değerlendirilmesi mobil uygulama yazılımı ile sağlanmıştır. Muayene sonucuna ilişkin verilerin, muayeneyi yapan personel bilgilerinin, muayenenin yapıldığı adresin, tarih bilgileri ve muayene yapılan araca ve taksimetreye ilişkin bilgilerin herhangi bir itiraz sürecinde değerlendirilmek üzere muayene sonunda anlık olarak merkezi bir veri tabanına gönderilmesi sağlanmıştır.

Mevcut uygulamada, taksimetrelerin periyodik kontrolleri birim mesafe ve birim zaman kontrolü olarak ayrı ayrı yapılabilir. Yani birim zaman ve birim mesafede ayrı ayrı yapılan testlerde taksimetre doğru sonuç veriyorsa taksimetrenin doğru çalıştığı kabul edilmektedir. Bu tez çalışmasıyla tasarlanan test cihazı ile taksimetrenin hem birim zaman hem de birim mesafe testinin bir arada yapılabilmesine de olanak sağlanmaktadır. Tasarlanan test cihazı; araç dönüşüm hızı üzerinde seyrederken kat edilen mesafeyi, dönüşüm hızı altında seyrederken ise birim mesafeyi hafızasında tutarak ölçüm sonucunu değerlendirebilmektedir. Bu yöntemle, periyodik kontrollerin daha hızlı yapılabilmesine olanak sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Ackerman, E. (2019, Temmuz 19). IEEE Spectrum. <https://spectrum.ieee.org/the-human-os/biomedical/devices/enabling-superhuman-reflexes-without-feeling-like-a-robot>
- Altunkaya, C. (2016). Dünyadaki Farklı Tarifelere Uyarlanabilen Yeni Bir Taksimetre Algoritması Tasarımı Ve Uygulaması. Sakarya: Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Anonim. (1989, Ocak 21). Ölçüler ve Ayar Kanunu. Ankara: T.C. Resmi Gazete(tarih: 21.01.1989, sayı:20056).
- Anonim. (2013, Eylül 3). Taksimetre Muayene Yönetmeliği. Ankara: T.C. Resmi Gazete(sayı: 28754).
- Anonim. (2016). Ölçü Aletleri Yönetmeliği(2014/32/AB). Ankara: Resmi Gazete(tarih: 29.06.2014, sayı:29757).
- Anonim. (2021, Ocak 21). Wikipedia: <https://en.wikipedia.org/wiki/ATmega328>
- Anonim. (2021, Mayıs 23). Arduino Uno Rev 3. arduino: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3>
- Anonim. (2021, Mayıs 26). Bluetooth. <https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
- Anonim. (2021, Şubat 24). <https://developer.android.com/reference/android/os/Handler>
- arduino.cc. (2018, Şubat 5). arduino.cc. What's Arduino?: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- BaşarıTelematik. (2021, Haziran 21). basaritelematik. <http://www.basaritelematik.com/index.php/rolling-road-cd400/>
- Başer, D. D. (2021, Eylül 23). Ortalama için Güven Aralığı (Geniş Örneklem). Ankara: Ankara Üniversitesi. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/102237/mod_resource/content/0/%C4%B0statistik%20Ders%20Notu%208.pdf
- Currey, M. (2014, Eylül 27). martyncurrey: <http://www.martyncurrey.com/connecting-2-arduinios-by-bluetooth-using-a-hc-05-and-a-hc-06-easy-method-using-cmode/>

- Çakan, Ç. (2016). Avusturya Piyasa Gözetimi ve Denetimi ve Bu Alandaki Uygulamalar. Ankara: Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı.
- Çetin, A. (2019). Arduino IDE. Arduino ve Android Tabanlı Kaza Bildirim ve Uyarı Sistemi (s. 34). içinde İstanbul: İstanbul Gelişim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- DIY GUY , C., & JLCPCBcommunity. (2020, Ağustos 10). <https://create.arduino.cc/projecthub/diyguyChris/bluetooth-at-commands-settings-hc05-hc06-305257>
- Eleggo. (2019, Şubat 14). PROJECT HUB.xarduino.cc: <https://create.arduino.cc/projecthub/HiHiHiHiiHiiLiH/star-wars-on-a-buzzer-0814f2>
- Ezzulddin, N. F. (2016). Arduino tabanlı yangın algılayan ve söndüren mobil robot tasarımı. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Fried, L. (2018, Şubat 5). Installing Additional Arduino Libraries. arduino.cc: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Libraries>
- Glen, S. (2016, Kasım 7).StatisticsHowTo: [https://www.statisticshowto.com/standard-error-of-measurement/#:~:text=The%20standard%20error%20of%20measurement%20\(SEm\)%20is%20a%20measure%20of,same%20units%20as%20the%20test.](https://www.statisticshowto.com/standard-error-of-measurement/#:~:text=The%20standard%20error%20of%20measurement%20(SEm)%20is%20a%20measure%20of,same%20units%20as%20the%20test.)
- Infrared Reflective Sensor. (2016, Aralık 3). waveshare: <https://www.waveshare.com/w/upload/9/98/Infrared-Reflective-Sensor-Schematic.pdf>
- Mean absolute percentage error. (2021, Ocak 10). https://en.wikipedia.org/wiki/Mean_absolute_percentage_error
- Nagwa. (2021, Mayıs 28). Infrared Radiation. Nagwa: <https://www.nagwa.com/en/videos/620157264613/>
- NIST. (2017). Specifications, Tolerances, and Other Technical Requirements for Weighing and Measuring Devices. <https://www.nist.gov/system/files/documents/2016/11/10/5-54-17-hb44-final.pdf>
- Ocak, F. (2015). Arduino, Arduino, C# ve Android Kullanılarak Güvenlik Sistemi Prototipi Tasarımı (s. 60-63). içinde Tokat: Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Peiseler 5th Wheel. (2021, Eylül 10). <https://www.peiseler-gmbh.de/eng/p5rad.html>

- SSS. (2021, Eylül 26). *Social Science Statistics*. <https://www.socscistatistics.com/tests/kolmogorov/default.aspx>
- Sputnik. (2020, Haziran 16). <https://tr.sputniknews.com/20200616/ibbnin-5-bin-yeni-taksi-projesinin-ardindan-istanbulda-plaka-fiyatlari-dustu-1042261738.html>
- STB. (2020). <https://www.sanayi.gov.tr:https://www.sanayi.gov.tr/merkezbirimi/524b6d480142/diger/b81070>
- STB. (2021, Haziran 20). Yetkili Yasal Metroloji Servisleri Bilgi Sistem. <https://msurapor.sanayi.gov.tr:https://msurapor.sanayi.gov.tr/Taksimetre/MuayeneSorgula>
- Tzafestas, S. G. (2014). Infrared Sensors. *Introduction to Mobile Robot Control* (s. 109-110).
- TMII . (2018, Aralık 6). *Verification of Taximeters*. Tokyo, Japonya.
- Uysal, B. (2019). B. UYSAL içinde, *Arduino ve Bluetooth Kullanılarak Uzaktan Kontrollü Robot Tasarım, Yazılım ve Uygulamasının Yapılması* (s. Ağustos). Yalova: Yalova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Vandeput, N. (2018). *Data Science for Supply Chain Forecasting*.
- Waveshare Wiki. (2015, Nisan 8). waveshare: <https://www.waveshare.com/wiki/File:Infrared-Reflective-Sensor-UserManual.pdf>
- Yalçın, D. D. (2021, Eylül 26). *Korelasyon, Korelasyon Türleri ve Regresyon*. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/2154/mod_resource/content/2/konu8a.pdf
- Yeşilbağ, B. (2016, Mayıs 26). robotistan. <https://maker.robotistan.com/arduino-kesme-islemleri/>