

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI ARAÇ KALİBRASYONLARININ SÜRÜŞ STİLİ ÜZERİNDEKİ  
ETKİLERİNİN BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI İLE İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Samet AKŞİT**

**Makina Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Otomotiv Yüksek Lisans Programı**

**ARALIK 2019**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI ARAÇ KALİBRASYONLARININ SÜRÜŞ STİLİ ÜZERİNDEKİ  
ETKİLERİNİN BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI İLE İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Samet AKŞİT  
503161716**

**Makina Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Otomotiv Mühendisliği Yüksek Lisans Programı**

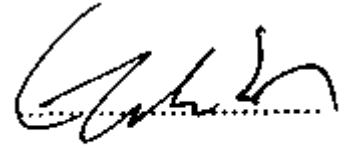
**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Osman Taha Şen**

**ARALIK 2019**

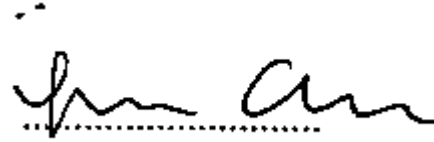


İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 503161716 numaralı Yüksek Lisans / Doktora Öğrencisi Samet AKŞİT, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “FARKLI ARAÇ KALİBRASYONLARININ SÜRÜŞ STİLİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI İLE İNCELENMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Dr. Öğr. Üyesi Osman Taha ŞEN**  
İstanbul Teknik Üniversitesi



**Jüri Üyeleri :** **Doç. Dr. Özgen AKALIN**  
İstanbul Teknik Üniversitesi



**Doç. Dr. Tarkan SANDALCI**  
Yıldız Teknik Üniversitesi



**Teslim Tarihi** : 15 Kasım 2019  
**Savunma Tarihi** : 12 Aralık 2019



## ÖNSÖZ

İnsanlık tarihinde ulaşım teknolojilerinin her zaman önemli bir yeri olmuştur. Otomotiv dünyasındaki en son gelişmeler de veri işleme ve bu verilere dayanarak ürün geliştirme stratejisinin kullanımının yoğunlaştığı görülmektedir. Bununla beraber kalibrasyon geliştirme süreçlerinin de bu gelişmelere destek olması beklenmektedir. Bu iki unsur hakkında yapılan bu tez çalışması ile güncel teknolojik gelişmelere katkı sağlamak hedeflenmiştir.

Bu çalışmanın yapılması esnasında bana destek veren ve danışmanlığımı yapan Dr. Öğr. Üyesi Osman Taha Şen'e ve bu süreçte çalışmalarına destek veren AVL Türkiye'deki çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Buna ek olarak, bana her zaman destek olan aileme ve Selin'e teşekkür ederim.

Aralık 2019

Samet Akşit  
Makine Mühendisi



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vii
KISALTMALAR .....	ix
SEMBOLLER .....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ .....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET .....	xvii
SUMMARY .....	xxi
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivasyon.....	1
1.2 Tezin Amacı .....	1
1.3 Literatür Araştırması .....	2
<b>2. GENEL BİLGİLER.....</b>	<b>7</b>
2.1 Taşıt Dinamiği.....	7
2.1.1 Yuvarlanma direnci .....	8
2.1.2 Rüzgâr direnci .....	8
2.1.3 Yokuş direnci .....	9
2.1.4 İvmelenme direnci.....	9
2.1.5 Toplam direnç kuvvetleri .....	10
2.2 Motor Eğrisi .....	11
2.3 Sürülebilirlik Kalibrasyonu .....	14
2.3.1 Moment talebi kalibrasyonu.....	15
2.3.2 İvmelenme kalibrasyonu .....	16
2.3.3 Kalkış kalibrasyonu.....	18
2.3.4 Vites geçişi kalibrasyonu .....	19
2.4 Bulanık Mantık.....	19
<b>3. SÜRÜCÜ SINIFLANDIRMA TESTLERİ.....</b>	<b>21</b>
3.1 Sürüş Bilgileri ve Rota .....	21
3.2 Araca Ait Özellikler .....	23
3.3 Veri Kayıt Etme ve Veri İşleme Yöntemleri.....	23
<b>4. SÜRÜŞ ANALİZİ VE SINIFLANDIRILMASI.....</b>	<b>27</b>
4.1 Sürüş Testlerinin Analizi.....	27
4.2 Bulanık Mantık Algoritması İle Sürücü Tipi Analizi.....	40
4.3 Sürülebilirlik Kalibrasyonunun Sürücü Siniflandırılmasına Etkisi.....	46
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>51</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>53</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>55</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>59</b>



## **KISALTMALAR**

<b>ADAS</b>	: Uyarlanabilir sürücü destek sistemleri
<b>HIL</b>	: Donanım tabanlı test düzeneği
<b>MIL</b>	: Model tabanlı test düzeneği
<b>MLP</b>	: Çoklu katmanlı veri işleme yöntemi
<b>PWAEM</b>	: Olasılık yoğunluklu öz bağımlı harici model
<b>VCU</b>	: Taşıt kontrol ünitesi





## SEMBOLLER

$T$	: Moment
$a$	: İvme
$\rho$	: Hava özkütlesi
$C_D$	: Rüzgâr direnç katsayısı
$A_f$	: Taşıt ön yüzey kesit alanı
$F_g$	: Yokuş direnç kuvveti
$F_a$	: İvmelenme direnç kuvveti
$F_{dd}$	: Doğrusal yöndeki toplam direnç kuvveti
$F_w$	: Rüzgâr direnç kuvveti
$F_r$	: Yol yuvarlanma direnç kuvveti
$f_r$	: Yol yuvarlanma direnç katsayısı
$m_t$	: Taşıt kütlesi
$P_{dd}$	: Doğrusal yönde uygulanan güç
$G_{pp}$	: Yüzdesel gaz pedal pozisyonu
$f_c$	: Taşıtın kilometre başına düşen yakıt tüketimi
$\lambda$	: Taşıtın anlık yakıt tüketimi
$F_{ty}$	: Toplam yakıt tüketimi
$g$	: Yerçekim ivmesi
$\theta$	: Yol eğim açısı
$V$	: Taşıt hızı
$w$	: Motor devir hızı
$\gamma$	: Aktarma organları atalet katsayısı
$i$	: Zaman serisindeki veri indeksi
$n$	: Zaman serisinin son elemanının indeksi



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

<b>Çizelge 3.1</b> : Kullanılan farklı kalibrasyonlara ait değerler.....	<b>23</b>
<b>Çizelge 4.1</b> : Bulanık mantık algoritması kuralları (Birinci kısım).....	<b>43</b>
<b>Çizelge 4.2</b> : Tüm sürüş tipleri için kurulan bulanık mantık sınır değerleri.....	<b>47</b>
<b>Çizelge 4.3</b> : Sürücülerin tüm sınıflandırılmalarının sonuçları.....	<b>49</b>





## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1 : Eğimli bir yolda taşıta etki eden kuvvetlerin gösterimi .....	7
Şekil 2.2 : Çeşitli taşıtlara ait hava sürtünme katsayısı [21] .....	9
Şekil 2.3 : Taşıt çeki eğrisi .....	11
Şekil 2.4 : İki ayrı motora ait moment ve güç eğrisi [22].....	12
Şekil 2.5 : Motor spesifik yakıt tüketimi eğrisi [23].....	13
Şekil 2.6 : Taşıt çeki eğrisinde içten yanmalı motorun kapasitesi.....	13
Şekil 2.7 : Farklı vites oranlı şanzımanın taşıt çeki eğrisindeki gösterimi .....	14
Şekil 2.8 : Gaz pedalına göre talep edilen momentin değişimi .....	16
Şekil 2.9 : Gaz pedalına basılmasının ardından momentin değişimi.....	17
Şekil 2.10 : Kalkış manevrası parametreleri.....	18
Şekil 2.11 : Bulanık mantık algoritması akış şeması .....	20
Şekil 3.1 : Testlerin yapıldığı rota. ....	22
Şekil 4.1 : İki numaralı sürücünün sürücünün renklendirilmiş sürüş hız profili .....	29
Şekil 4.2 : Altı numaralı sürücünün sürücünün renklendirilmiş sürüş hız profili .....	30
Şekil 4.3 : Tüm sürücülerin normal kalibrasyon ile ivme – hız grafiği.....	31
Şekil 4.4 : Tüm sürücülerin motor hızı – motor momenti grafiği .....	32
Şekil 4.5 : Normal kalibrasyona ait sürüşlerdeki ivme değerleri.....	33
Şekil 4.6 : Normal kalibrasyona ait sürüşlerdeki ortalama taşıt hızları.....	34
Şekil 4.7 : Normal kalibrasyona ait sürüşlerdeki ortalama motor devir hızları.....	35
Şekil 4.8 : Normal kalibrasyona ait sürüşlerdeki ortalama gaz pedal pozisyonu. ....	56
Şekil 4.9 : Normal kalibrasyona ait sürüşlerdeki ortalama yakıt tüketimi .....	37
Şekil 4.10 : Normal kalibrasyona ait sürüşlerdeki kalkış süreleri. ....	56
Şekil 4.11 : Normal kalibrasyona ait sürüşlerdeki vites geçiş süreleri .....	39
Şekil 4.12 : Normal kalibrasyona ait sürüşlerdeki vites geçiş motor hızları .....	40
Şekil 4.13 : Bulanık mantık algoritma şeması .....	41
Şekil 4.14 : Bulanık mantık algoritması girdilerinin ve çıktılarının sınır değerleri.....	42
Şekil 4.15 : Normal sürüş kalibrasyonu için sınıflandırma sonuçları.....	46
Şekil 4.16 : Sakin sürüş kalibrasyonu için sınıflandırma sonuçları.....	48
Şekil 4.17 : Agresif sürüş kalibrasyonu için sınıflandırma sonuçları .....	48
Şekil A.1 : Tüm sürücülere ait renklendirilmiş sürüş profilleri.....	56
Şekil B.1 : Agresif kalibrasyon ile yapılan sürüşe ait veriler profilleri .....	57
Şekil C.1 : Sakin kalibrasyon ile yapılan sürüşe ait veriler .....	58



## **FARKLI ARAÇ KALİBRASYONLARININ SÜRÜŞ STİLİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI İLE İNCELENMESİ**

### **ÖZET**

Günümüz otomotiv sektöründeki üreticiler farklı karakterdeki müşterilerin beklentilerini karşılayabilmek için müşteri taleplerini analiz ederek ürünlerini çeşitlendirmektedirler. Bu sebeptendir ki otomotiv sektörünün gelişimi boyunca ürün çeşitliliği günden güne artmıştır. İlk olarak üreticiler farklı tipte araçlar üretmeye başladılar. Bunun ardından müşterilerine aracın tekerleklerinin seçiminde, iç tasarımının seçiminde olduğu gibi birçok farklılık sunmaya başladılar. Elektronik kontrol sistemlerinin taşıt teknolojilerindeki gelişimi sayesinde üreticiler aynı donanımsal özelliklere sahip olan araçlara farklı özellikler eklemeye başladılar. Böylelikle aynı motora ve aynı aktarma sistemine sahip olan araçlar farklı anma momentleri ve farklı güç değerlerine ulaşabildiler. Böylelikle sadece yazılım değişimi ile farklı sürüş konforu deneyimleri ve farklı performanslar sağlayan araçlar müşterilere sunulmaya başlandı. Bu gibi yöntemlerle farklı müşteri beklentilerini tatmin etme çalışmaları hala devam etmektedir.

En önemli talep parametrelerinden birisi sürücülerin performans beklentisidir. Sürücünün performans beklentisi aracın ivmelenmesinin kontrolü ile direk olarak bağlantılıdır. Sürücü için performans beklentisinin yanında araç sürüşünün konforlu olmasında önemli bir parametredir. Ancak sürüş konforu ile performans arasında ters orantılı bir ilişki vardır. Yüksek performans ile ivmelenen araçta titreşimler, salınımlar ve ses kalitesinde bozulmalar oluşabilir. Sürücüler araçtan aldığı tüm sürüş hissiyatlarını aracın sürüş konforu olarak değerlendirirler. Tüm bu konfor ve performans parametreleri sürücülerden sürücülere farklılık gösteren öznel değerlendirmelerdir. Otomotiv terminolojisinde ise sürülebilirlik taşıt performansı ile

taşıt sürüş konforunun tamamının değerlendirilmesi olarak tanımlanabilir. Taşıtın sürülebilirlik karakteri aracın motoru ve aktarma sisteminin çıktısıdır. Aracın motor ve aktarma sistemleri günümüzde elektronik kontrol üniteleri ile kontrol edildiği için, araçlara ait performans ve konfor parametreleri de kontrol edilebilir. Araçların sürüş konforu ve performansını kontrol eden fonksiyonlara sürülebilirlik fonksiyonu denirken, bu fonksiyonların aktif olduğu manevralara da sürülebilirlik manevraları denir. Sürülebilirlik manevralarından bazıları, ivmelenme, yavaşlama, vites değişimi ve kalkış manevraları olarak sıralanabilir.

Aracın sürülüşü esnasında aniden gaza basılması veya aniden gaz pedalının bırakılması araçta ani ivme değişimlerine ve tüm aktarma sisteminde titreşimlere sebep olabilir. Bu sorunun çözümüne mekanik parçalarının değiştirilmesi tekbaşına yeterli olmamaktadır. Daha konforlu sürüş için sürücü davranışlarının aracın güç ünitesine etkisi arasında filtre veya rampa fonksiyonları kullanılmıştır. Ancak sadece bu fonksiyonların kullanılması da araçta performans konusunda problemlere yol açmıştır. Bu sebeple hem daha iyi bir performans hem de daha konforlu bir sürüş için ileri kontrol yöntemleri ile geliştirilmiş yazılım fonksiyonları geliştirilmiştir. Böylelikle hem sürüş konforu hem de performans çıktıları tatmin edici seviyelere çıkmıştır. Bu yazılım fonksiyonlarının parametrelerinin optimizasyonuna da sürülebilirlik kalibrasyonu denir. Sürülebilirlik kalibrasyonu için parametreler araç geliştirilirken optimize edilir ve o parametreler bir daha değiştirilemez.

Otomobil üreticileri farklı kullanıcıların beklentilerini karşılayabilmek için sürüş modu yazılımları geliştirmişlerdir. Böylelikle sürücüler spor modu, ekonomi modu, arazi modu gibi farklı modlar seçerek aracın performans ve sürüş konforu özelliklerini değiştirebilirler. Ancak bu sistem manuel olması sebebi ile uygun sürücüye uygun sürüş ve performansı veremez. Sürücünün davranış karakteri ile sürülebilirlik kalibrasyonunun birbiri ile örtüşmesi ve daha iyi yakıt tüketim değerlerine ulaşılması için yeni bir yazılım geliştirilebilir. Bu yazılımla sürücülerin davranışları analiz edilebilir ve bu analize göre uygun sürücüye uygun kalibrasyon parametre değerleri girilerek hem sürücünün performans ve sürüş konforu açısından beklentileri karşılanır hem de daha iyi yakıt tüketimi değerlerine ulaşılabilir.

Bu çalışmanın ana amacı deneysel çalışmalar ile sürüş stillerini sınıflara ayırmak ve sürülebilirlik kalibrasyonları ile sürüş karakterleri arasındaki ilişkiyi incelemektir. Öncelikle sürülebilirlik fonksiyonlarının alt parametreleri detaylı olarak tanımlanmıştır. Bu alt parametreler ile bulanık mantık algoritması kurulmuştur. Bulanık mantık algoritması ile sürücülerin farklı kalibrasyonlar ile kullandıkları srşlere ait veriler incelenmiştir. Sürücülerin kullanım stilleri ile kalibrasyon arasındaki ilişki belirlenmiştir. Bunların sonucunda hangi sürücüye hangi sürülebilirlik kalibrasyonunun uygun olduğu analiz edilmiştir. Ara dataları eşitli veri işleme yöntemleri ile incelenmiştir. Bu süreçte farklı kalibrasyonların sürücülere olan davranışların etkisi gzlemlenmiştir.



# **INVESTIGATION OF DRIVEABILITY CALIBRATION EFFECTS ON DRIVING STYLE THROUGH FUZZY LOGIC APPROACH**

## **SUMMARY**

Nowadays, automotive brands working to satisfy different customer expectation. Customer expectations are analyzed and product varieties are increasing day by day. Firstly, automobile brands are created different segments for vehicles depending on design and cost variation. Afterwards, additional choices are created for same vehicle such as different tyre type, different internal design. Thanks to the electronics and controlling system developments for vehicle technologies, vehicle system variations increased with a same mechanical part. This development gave flexibility to automobile manufacturer to extend variations of their products. That's why, there are a lot of different power variants of same vehicle can be seen on the roads. Even if vehicle has same engine and same power train, that vehicle performance and driving experience can be changed by software changing.

One of the most important parameters for the customer is performance. Performance expectations is related with control of vehicle acceleration and drivers evaluate vehicle performance depending on vehicle acceleration feelings. On the other hand, driving comfort is also another important parameter for drivers. However, there are trade of between these two phenomena because increasing acceleration performance can cause some bad influence on driving feelings such as acceleration feeling, oscillation, vibrations, sound quality etc.. In point of the driver, all those feelings can be evaluated as comfort of the vehicle. All comfort parameters for vehicles are subjective. In automotive terminology, these can be called as driveability. Driveability of the vehicle can be described smoothness of the vehicle motion and feeling of performance. This is output of engine and transmission dynamics. The software functions that directly effects performance and driving feel are called as driveability functions. All dynamic maneuvers are controlled by driveability functions such acceleration, deceleration, gear shift, launching maneuvers.

Suddenly pressing acceleration pedal or sudden releasing acceleration pedal maneuvers causes vibrations on transmission systems and this problems can not be solved by changing mechanical parts. Root causes of the problem can be solved by controlling driver behaviors effects on drivetrain. Applying filter or ramping function to driver request is not effective because these types of limitations can cause performance problems. Modern control system solutions are investigated to solve this kind of problematic driving feeling. Calibration of driveability is finding optimal setting for modern control system of torque and its transition from engine to wheel concerning performance and driving feel. During development of the vehicle, these optimal settings are applied to software, but these are not changeable parameters during vehicle life cycle.

Automobile manufacturers created mode selection functions to satisfy different customer expectations and mode selection gives options to drivers for select different performance and comfort feelings. Almost all brand has different type of performance mode on the vehicle such as sport mode, economy mode, off-road mode. However, matching driving styles with driver characters is not possible with the mode selection function because vehicle mode can be selected by driver manually. To optimize customer expectation regarding to vehicle performance, driving comfort and fuel consumption, mode selection should be done with intelligent system on the vehicle control unit. Using calculation high capabilities of the vehicle control units, all driveability maneuvers can be analyzed during any driving cycle. Using these analyses, driveability calibration settings of the vehicle can be adjustable depending on driver behaviors. This intelligence systems can satisfy driver expectations regarding performance and driving comfort. In addition to that, fuel consumption can be improved using suitable calibration for each driver type.

Literature research was made for this study and a lot of different studies are found because driving character classification may cause technological developments for automotive industry. However, none of these studies investigated driveability calibration effects on driving behavior.

The main goal of this work is classify driver characterisation with experimental studies and investigation driveability calibration effects on driver behaviors. Different data mining methods are used to analyze measurement data. A driving cycle is planned for a light duty vehicles with 2 liters diesel engine. Different nine drivers are arranged to drive this vehicle on same route. Every drivers, drove the vehicle with three different driveability calibration in same condition. In this path, all parameters that interact with driveability functions are recorded with tool. After all data is recorded, all measurement data is divided maneuver spesific data thanks to the script. Maneuver spesific data is evaluated by with automatic algorithm which creates and defines the driver character. Observations for all drivers are reported on this study. In parallel, fuzzy logic membership functions are identified for every different driving style and fuzzy logic rules are created based on driveability parameters. Outputs of the script evaluations loaded to fuzzy logic algoritm and drivers driving styles are predicted. Driving styles and driveability calibration relation is also investigated on this study.



# 1. GİRİŞ

## 1.1 Motivasyon

Günümüzde otomotiv sektöründeki firmalar farklı profildeki müşterilerinin farklı beklentilerini karşılamak ve enerji açısından daha verimli ürünler ortaya çıkarmak amacı ile birçok konuda ürünlerini çeşitlendirmektedirler. Bu çeşitlendirmeler hem tasarım hem yazılım hem de donanımlardaki farklılıkları içermektedir. Bu farklılıkları müşterilere sunmak daha fazla kullanıcıya ürün satmaya yardımcı olurken müşteri memnuniyetini de artırır. Bu sebeple öncelikli olarak müşterilerin sınıflandırılmasını yapmak gerekmektedir. Buna ek olarak, kalibrasyon vasıtası ile aynı otomobili farklı performans sağlayabilecek bir karaktere dönüştürme imkanı vardır. Bu sayede kalibrasyon değişiklikleri yapılarak sürücülerin incelenmesi hedeflenmiştir. Otomobil sektörünün en önemli konularından olan enerjinin daha verimli yönetilmesini sağlamak ve sürüş kalibrasyonlarının her bir sürücüye özel olarak uygulanması sağlamak amacı ile bu çalışma başlamıştır. Bu çalışmanın motivasyonu farklı tipteki sürücülerin otomobildeki sürüş stillerini incelemek ve bu sürüş tiplerini sınıflandırarak uygun sürülebilirlik kalibrasyonlarının araçlarda kullanılmasını sağlamaktır.

## 1.2 Tezin Amacı

Otomobil sürücülerinin araç kullanırken gösterdikleri davranışlar farklılık içerir ve bu farklı davranışa sahip sürücülerin otomobilden beklentileri de farklıdır. Bu sebeple müşterilere sürüş modu seçenekleri sunmak ürünü çeşitlendirerek farklı kullanıcılara kendilerine uygun sürüş stili ile otomobili kullanma fırsatı verir. Bu sürüş stilini sürücü kendi talebi ile seçebilir. Ancak her sürücü bu seçimi kendi isteği ile yapması yerine sürüş stilinin sınıflandırılmasını sağlayan yazılım yardımı ile bu seçimin yapılması sağlanabilir. Sürücü sınıflandırmasını yapan bir yazılım yardımı ile hem kullanıcının memnuniyeti sağlanabilir hem de motorun sürücü tipine göre farklı kontrol yöntemleri kullanarak enerji tüketimi açısından daha verimli hale gelmesi sağlanabilir.

Bu çalışmanın ana amacı, deneysel çalışma metotlarını kullanarak insanların otomobilleri sürme stillerini belirlemek ve onları sınıflandırmaktır. Bununla birlikte, her bir sürücünün sürüş stiline hangi kalibrasyona daha uygun olduklarını belirlemektir. Bu sınıflandırma ve analiz yapılırken aynı zamanda farklı kalibrasyonlar ile yapılan araç testlerindeki davranış farklılıklarının incelenmesi de hedeflenmiştir. Doğru şekilde sürüş karakter sınıflandırması yapacak bulanık mantık “fuzzy logic” algoritmasının geliştirilmesi ve algoritmanın kurallarının belirlenmesi de bu çalışma ile yapılmak istenmektedir. Bu analizleri ve sınıflandırmaları yapacak otomatik bir yazılım geliştirilmesi de bu tezin bir diğer amacıdır. Bu amaçlar gerçekleştiğinde sürülebilirlik kalibrasyonunun sürücüye özel olarak kullanılması sağlanabilir ve otomobil üreticilerinin müşteri memnuniyetini artırmaları sağlanabilir.

### **1.3 Literatür Araştırması**

Literatürde otomobil sürücülerinin sürüş tiplerinin sınıflandırması konusunda birçok araştırma yapılmıştır. Bu yapılan araştırmalarda farklı yöntemlerin kullanıldığı görülmüştür. Farklı yöntemlerden en uygun olanını belirlemek için yapılan sürücü tipi sınıflandırmalarında kullanılan metotlar, veri işleme yöntemleri, testlerde kullanılan platformlar detaylı olarak incelenmiştir. Bu bölümde, incelenen literatür çalışmaları hakkında özet bilgilere yer verilecektir.

Murphey ve diğ. (2009) yaptıkları çalışmada, sürücülerini sınıflandırırken kendilerinin oluşturduğu bir yöntem olan sarsım “jerk” analizini kullanmışlardır. Sarsım, ivmenin zamana göre türevi alınmış halidir. Hesaplanan sarsım değerine göre yaptıkları analiz sonucunda sürücülerini sakin, normal ve agresif olarak üçe ayırmışlardır. Simülasyon ortamını kullanarak çalışma çalışmadaki verileri dokuz saniyelik pencere aralığında ve altı saniyelik adım aralığında kullanmışlardır.

Langari ve Won (2005) yaptıkları çalışmada sürücülerini sakin, normal ve agresif olarak üçe ayırmışlardır. Aynı zamanda sürücü sınıflandırmak için kullandıkları parametreleri şehir içi ve şehirler arası yollar olmak üzere ikiye ayırmışlardır. Kullanılan parametreler ortalama araç ivmesi ve araç ivmesinin standart sapmasıdır. Bu veriler bulanık mantık algoritması kullanılarak analiz edilmişlerdir ve sınıflandırmayı ona göre yapmışlardır. Şehirler arası yolculuklarda ortalama ivme  $0.45 m/s^2$  ile  $0.65 m/s^2$  arasında ise sürücüyü sakin,  $0.62$  ile  $0.8 m/s^2$  arasında ise sürücüyü normal,  $0.8 m/s^2$  üzerinde ise sürücüyü agresif olarak sınıflandırmışlardır.

Ping ve diğ. (2019) yaptıkları çalışmada, makine öğrenmesi yöntemlerinden kümeleme “clustering” yöntemini kullanmışlardır. Kümeleme yöntemi ile sürüş verilerini ivme ve taşıt hızı ekseninde çizdirmişlerdir ve sürücüleri sakin, normal ve agresif olarak sınıflandırmışlardır. Bu çalışmada 202 sürücünün araç sürmesi sağlanarak veriler incelenmiştir.

Zfnebi ve diğ. (2017), yapılan çalışmada sürücü davranışlarını hangi parametreler çerçevesinde incelenmesi gerektiğini araştırmıştır. Bunu yaparken hem araç verilerini kullanmış hem de sürücülerin demografik yapılarını kullanmıştır. Yapılan çalışmanın sonunda sürücü sınıflandırılmasında kullanılacak en önemli parametreleri hız, ivme ve fren pedal kullanımı olarak sıralamışlardır.

Sun ve diğ. (2017), sürüş stilini radikal, genel ve durağan olarak üçe ayırmışlardır. Sınıflandırma yapılırken bir öndeki araca göre yapılan hareketler dikkate alınmıştır. Kullandıkları parametreler, ivmenin kare kökü, öndeki araç harekete başladıktan sonra harekete başlama süresi, öndeki araç ile aradaki takip mesafesidir. Testler simülasyon ortamında yapılmıştır ve öndeki araç hareket etmeye başladıktan sonra sürücünün takip etmesi istenmektedir.

Cheng ve diğ. (2018), sürücü destek sistemlerinin “ADAS” sürücü davranışlarına adapte olmasını kolaylaştırmak amacı ile sürücüleri tanımlayan bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada sürücüleri agresif, sakin ve normal olarak üçe ayırmışlardır. Bu ayrımı yaparken sanal sinir ağı yöntemini kullanmışlardır. Sınıflandırma yapılırken kullanılan araç parametreleri ise ivmelenme, hız, gaz kelebeği açısı ve pedal pozisyonudur.

Quintero ve diğ. (2012) sürücüleri sınıflandırırken bulanık mantık yöntemini kullanmışlardır. Sürücüleri agresif ve normal olmak üzere ikiye ayırmışlardır. Bulanık mantık algoritmasının girdileri ise hız, ivme ve direksiyon açısıdır. Sürüş verileri 304 rota da 11 farklı kişiden simülasyon ortamında alınmıştır.

Fernandez ve Ito (2016) bu çalışmada sürücüleri çok pasif, pasif, normal, agresif ve tehlikeli olmak üzere beşe ayırmışlardır. Bu ayrımı yaparken kullanılan parametreler, yol şartları, sürücünün yaşı gibi çevresel etmenlere ek olarak ivmelenme, hız ve fren pedali kullanımınıdır. Bu girdileri bulanık mantık modeline sokarak sürücüleri sınıflandırmışlardır.

Dongarkar ve Das (2012) yaptıkları çalışmada olasılık yoğunluk fonksiyonu “probability density function” kullanarak sürüş tiplerini agresif, normal ve sakin olmak üzere üç sınıfa ayırmıştır. Araçtan alınan ivmelenme, hız, gaz keleşi pozisyonu, moment, direksiyon açısı ve frenleme kuvveti verileri sınıflandırma için kullanılmıştır.

Zheng ve diğ. (2017) yaptıkları çalışmada sürüş stilleri ile sürücü davranışlarını yüksek yaya aktivitesi olan bölgelerde incelemiştir. Yapılan çalışmaya göre, sürücü davranışları şehir içinde ve otoyol sürüşünde farklılık göstermektedir. Yapılan çalışmada sürücülerin yaş, cinsiyet, toplam sürüş deneyimleri gibi sosyal özellikleri de dikkate alınmıştır. Sürüşlerin sonunda anket çalışması yapılmıştır. Sayısal parametre olarak ise taşıt hızı ile hız sınırı arasındaki fark kullanılmıştır.

Cheung ve diğ. (2018) yaptıkları çalışmada, kullanılan aracın çevresindeki diğere araçların sürücülerinin karakter analizini yapmışlardır. Bu analiz sonucunu sürücü destek sistemine entegre etmek istemektedirler. Sistemi buna göre davranışlar göstermesini hedeflemektedirler. Çevre araç sürücülerinin sınıflandırmasını yaparken o araçların ivme, bağıl hız ve şerit değışim sayısını analiz etmişlerdir. Buna göre çevre araç sürücülerini agresif veya normal olarak iki sınıfa ayırmışlardır.

Sundbom ve diğ. (2013) yaptıkları çalışmada, olasılık modeli kullanarak (PWAEM) “probability-weighted autoregressive exogenous model” kullanarak sürücü tiplerini agresif ve normal olmak üzere ikiye ayırmışlardır. Yapılan çalışmada kullanılan veriler gerçek araç sensörlerinden test pistinde alınmıştır. Sınıflandırma parametresi olarak direksiyon açısı kullanılmıştır. Her bir sürücüden, test pistinde aracı hem agresif hem de sakin olarak kullanmasını talep ederek veri toplamışlardır.

Bernardi ve diğ. (2018), zaman serisi sınıflandırması yaklaşımı ve çoklu katman işleme yöntemini (MLP) “multi layer process” kullanarak sürücünün stilini belirlemeye çalışmışlardır. Sürücü sınıflandırmasını, emisyon açısından kirletici sürücü, agresif sürücü ve ekonomik sürücü olarak üçe ayırmışlardır. 10 sürücü ile 5 farklı rotada yapılan sınıflandırma işleminde sürücülerin sürüş hakkındaki öngörü kabiliyetleri, reaksiyon süreleri ve sürüş rotasındaki kararlılıkları sınıflandırmada kullanılan parametrelerdir.

Krishnan ve Pathiyil (2016) yaptıkları çalışmada, sürücü tiplerinin yakıt tüketiminde etkili olduğunu belirtmişlerdir ve daha iyi bir sürüş deneyimi sağlamak için sürücülerin sınıflandırmasının yapılması gerektiğini vurgulamışlardır. Yapılan çalışma elektrikli araçlara yöneliktir. Sınıflandırma yapılırken ivme parametresinin sürüş stili ile bağlantısı kurulmuştur ve bataryanın doluluk oranının sürüş stiline etkisi incelenmiştir.

Ciceo ve diğ. (2016) yapılan çalışmada, sürülebilirlik analizini model tabanlı olarak ve test yaparak incelemiştir. Yapılan çalışmada model tabanlı test sistemi “MIL” ve donanım tabanlı test sistemi “HIL” kullanılmıştır. Taşıt control ünitesi “VCU” sisteminin sürülebilirlik kontrolünü hangi örnekleme zamanında yapması gerektiği incelenmişlerdir. Sonuçlara göre sarsım analizinde yüksek örnekleme zamanının daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Liu diğ. (2014) yaptıkları çalışmada, sürücü stilini analiz ederken Hidden Markov Modeli kullanmışlardır. Şerit değişim davranışları modelin girdisi olarak kullanılmıştır. Test sonuçlarına göre aynı hızlarda giderken gerçekleştirilen yanal hareket miktarı agresif sürücülerde daha çok iken, sakin sürücülerde daha düşüktür.

Lin ve diğ. (2014) yaptıkları çalışmada, ivme, hız ve pedal pozisyonu parametrelerini kullanarak sürücülerini agresif, normal ve sakin olarak üçe ayırmışlardır.

Zhang (2017) yaptığı çalışmada, sürücü karakterlerinin sınıflandırmasını agresif ve rahat olarak yapmıştır. Bu sınıflandırmaya göre otomatik şanzımanlı araçlardaki vites değişim stratejilerine ait kalibrasyonu optimize etmeyi hedeflemiştir. Sürücü karakteri sınıflandırması yaparken öncelikle sürüş verisini alt manevralara bölmüştür. Her manevra için de limitler belirleyerek verinin durumunu incelemiş ve sürücü karakter sınıflandırması yapmıştır. Yapılan çalışmada 16 sürücüye ait veriler incelenmiştir. Bu sürüş verileri 3 farklı araçtan alınmıştır.

Yapılan literatür çalışmasında görüldüğü gibi sürücülerin sınıflandırılması hakkında birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmanın otomotiv sektörü için önemli bir yere sahip olduğu yapılan çalışmalardan anlaşılmaktadır. Yapılan çalışmalarda genel olarak üç farklı tipte test platformları kullanılmıştır. Bunlar gerçek araç verileri, simülasyon ortamı ve model tabanlı testlerdir. Bu testlerden elde edilen veriler ise genellikle bulanık mantık yöntemi, makina öğrenmesi yöntemi, yapay sinir ağı yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Bu çalışmalarda doğrusal yöndeki sınıflandırmayı yapmak için incelenen teknik veri sayısı genelde taşıt hızı ve ivmelenme gibi temel değerlerdir.

Ancak bu çalışmada yedi farklı parametreye göre sürücü sınıflandırması yapılmıştır. Aynı zamanda literatürdeki hiçbir çalışmada taşıtın sürülebilirlik kalibrasyonunun veya sürüş modunun sürücü davranışlarına olan etkisi incelenmemiştir. Yapılan literatür araştırması sonrasında sınıflandırma için kullanılacak en uygun yöntemin bulanık mantık yöntemi olduğu kararına varılmıştır ve bu çalışmada bulanık mantık algoritması kullanılmıştır. Ayrıca literatürdeki veri işleme yöntemlerinden ve manevra sınıflandırma yöntemlerinden faydalanılmıştır.



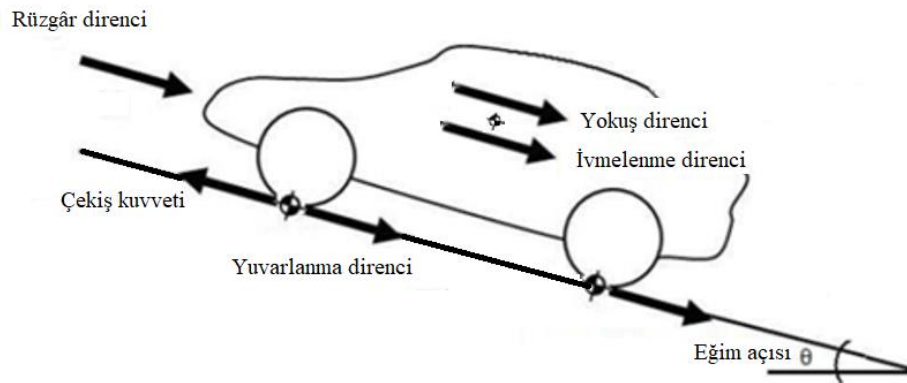
## 2. GENEL BİLGİLER

Yapılan çalışmada, kullanılacak tüm test verileri sürülebilirlik kalibrasyonu ve taşıt dinamiği temellerine dayanarak incelenecektir. Bu çalışmanın daha iyi anlaşılabilmesi için bu bölümde ilgili konulardan bahsedilmiştir. Buna ek olarak, sınıflandırma yöntemi olarak kullanılacak bulanık mantık sisteminin temellerinden bahsedilmiştir.

### 2.1 Taşıt Dinamiği

Bir taşıtta tekerleklere etkiyen kuvvetlerden ilki motorun güç aktarma organları ile tekerleklere ilettiği çeki kuvvetidir. Taşıta etkiyen direnç kuvvetleri ise dış kuvvetler olarak adlandırılır. Dış kuvvetler ile çeki kuvvetlerinin Newton'un ikinci yasası ile modellenmesi ile taşıtın hareket denklemi çıkarılabilir. Dış kuvvetler olarak adlandırılan direnç kuvvetleri yuvarlanma direnci, rüzgâr direnci, yokuş direnci ve ivmelenme direncidir.

Bir taşıtın doğrusal yöndeki statik modellemesi yapılırken şekil 2.1'de gösterilen kuvvetler hesaplanır. Bu şekildeki kuvvetler gösterilirken taşıtın sadece doğrusal yönde hareket ettiği, tekerlek ile yol arasında kaymanın ihmal edildiği, fren kuvvetinin uygulanmadığı ve ani rüzgâr değişiminin olmadığı varsayılmıştır.



Şekil 2.1 : Eğimli bir yolda taşıta etki eden kuvvetlerin gösterimi.

### 2.1.1 Yuvarlanma direnci

Bir moment etkisi altında dönen tekerlek aynı zamanda kayma hareketi de yapmaktadır. Kayma hareketi sırasında yol ile tekerlek arasındaki sürtünmeden dolayı oluşan kuvvet tekerlek etrafında bir dönme direnç momenti etkisi oluşturur. Buna yuvarlanma direnci denir. Yuvarlanma direnci taşıt hızı, yol durumu, lastik yapısı, şişirme basıncı, lastik kesiti, lastik malzemesi gibi birçok parametreye bağlıdır. Buna göre yuvarlanma direnci formül 2.1'de tanımlanmıştır. Bu formülde yol direnci kuvvetinin ( $F_r$ ), yol sürtünme katsayısı ( $f_r$ ), taşıt kütlesi ( $m_t$ ) yer çekimi ivmesi ( $g$ ) ve yolun eğim açısı ( $\theta$ ) arasındaki ilişki gösterilmiştir.

$$F_r = f_r \cdot m_t \cdot g \cdot \cos(\theta) \quad (2.1)$$

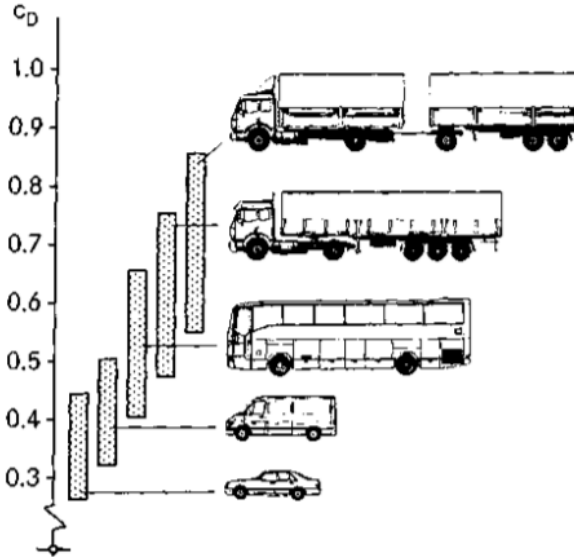
Bu formüldeki yol sürtünme katsayısı yol yüzeyinin durumuna göre farklı değerler alabilir ve bu değerler ortalama olarak 0.01 ile 0.03 arasında değişebilir.

### 2.1.2 Rüzgâr direnci

Rüzgâr direnç kuvveti ( $F_w$ ) aynı zamanda aerodinamik direnç olarak da adlandırılabilir. Rüzgâr direncinin oluşma sebebi aracın dış gövde yüzeylerinde düşük hava basınç alanları oluşturması ve hava akışı ile dış gövdenin arasındaki yüzey sürtünme kuvvetlerinin oluşmasıdır. Rüzgâr direnci taşıt hızının ( $V$ ) karesi ile, taşıtın yüzey alanı ( $A_f$ ) ile, hava direnç katsayısı ( $C_D$ ) ile ve hava özkütlesi ( $\rho$ ) ile doğru orantılıdır.

$$F_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_D \cdot A_f \cdot V^2 \quad (2.2)$$

Araçların gövde tasarımı hava direnç katsayılarını önemli ölçüde etkilemektedir. Bazı araçlara ait hava direnç katsayıları 2.2 numaralı şekilde gösterilmektedir.



Şekil 2.2 : Çeşitli taşıtlara ait hava sürtünme katsayısı [21].

### 2.1.3 Yokuş direnci

Yokuş direnci ( $F_g$ ) bir aracın eğimli bir yolda giderken yerçekiminin etkisi ile maruz kaldığı direnç kuvvetidir. 2.3 numaralı formülde gösterildiği gibi taşıtın kütlesinin ( $m_t$ ) oluşturduğu kuvvetin, yol düzlemine paralel olan eksenin üzerindeki iz düşümüdür. Yolun yatay düzlem ile yaptığı açının ( $\theta$ ) sinüs değeri ile izdüşüm değeri hesaplanabilir. Formüldeki  $g$  ise yerçekim ivmesidir.

$$F_g = m_t \cdot g \cdot \sin(\theta) \quad (2.3)$$

### 2.1.4 İvmelenme direnci

Bir aracın hızlanması veya yavaşlaması durumunda, aracın ataletinden kaynaklanan bir ivmelenme direnci ( $F_a$ ) oluşur. İvmelenme direnci aracın toplam kütlesi ile ve ivmelenme miktarı ( $a$ ) ile doğru orantılıdır ve aşağıdaki formüller ile tanımlanabilir.

$$F_a = m_t \cdot a \quad (2.4)$$

Dönen cisimlerin oluşturduğu atalet direncini de vites oranı ile de orantılayarak, motor, aktarma oranları, gibi tüm güç sistemlerinin ataletini tekere indirgemek gerekir. Bunun için de aşağıdaki formülde belirtilen  $\gamma$  değeri ile aracın kütlesi ve anlık ivmelenmesi

çarpılarak dönen tüm cisimlerin atalet kuvveti tekerleğe indirgenmiş olur. Bu değer vites oranına bağlı olarak 1.1 ile 1.4 arasında değişkenlik gösterebilir.

$$F_a = \gamma \cdot m_t \cdot a \quad (2.5)$$

### 2.1.5 Toplam direnç kuvvetleri

Bir taşıta doğrusal yönde toplam direnç kuvveti( $F_{dd}$ ), yol direnç kuvveti, yokuş direnci, rüzgâr direnci ve ivmelenme direncinin toplamıdır.

$$F_{dd} = F_a + F_g + F_r + F_w \quad (2.6)$$

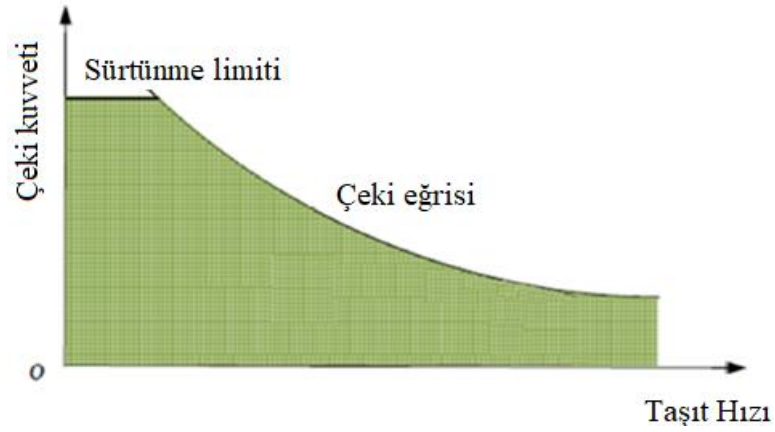
İvmelenmenin olmadığı durumdaki toplam direnç ise 2.7 numaralı denklemde gösterilebilir.

$$F_{dd} = F_g + F_r + F_w \quad (2.7)$$

Buna göre, belirli sabit hızda giden bir aracın gücünü( $P_{dd}$ ) bulmak için 2.8 numaralı formül kullanılabilir.

$$P_{dd} = F_{dd} \cdot V \quad (2.8)$$

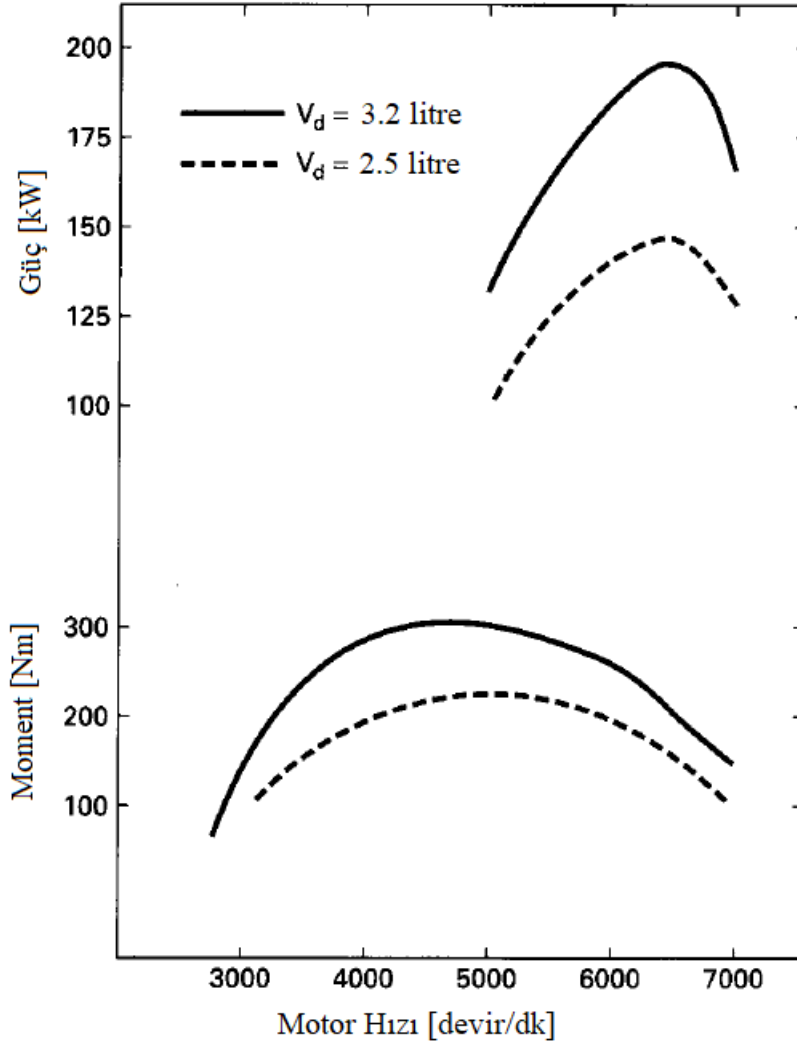
Gereken bu gücü motorun da karşılayabiliyor olması gerekir ki hedeflenen hız değerlerine ulaşılabilirsin. Bunun yanında taşıtın ihtiyaç duyduğu çeki kuvveti kalkış, yokuş yukarı tırmanış gibi farklı manevralarda değişmektedir. Bir taşıtın ihtiyaç duyduğu çeki kuvvetinin taşıt hızına bağlı gösterimine ideal çeki eğrisi denir ve örnek bir çeki eğrisi grafiği şekil 2.3'de gösterilmiştir. Bu grafiğin altında kalan alanların tümünde taşıt kullanılabilir ancak bu eğrinin üzerindeki herhangi bir noktaya çıkılamaz. İdeal çeki eğrisini sağlayabilmek içinde aktarma organlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Çünkü aktarma organları olmadan içten yanmalı bir motor ideal çeki eğrisindeki çeki kuvvetlerini sağlayamaz.



**Şekil 2.3 :** Taşıt çeki eğrisi.

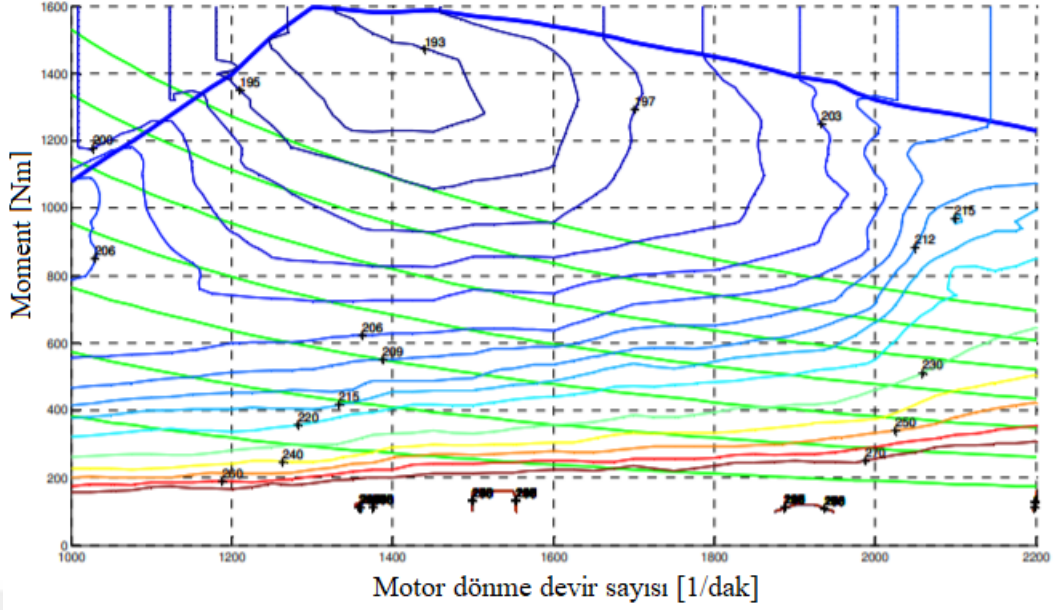
## 2.2 Motor Eğrisi

Taşıt karakteristiği ve limitlerinin dışında motorun da karakteristik eğrisi bulunmaktadır. Bu eğrinin sınırları dahilindeki tüm operasyon noktalarında çalışabilir ancak bu operasyon noktalarının verimli şekilde kullanılabilmesi için aktarma organları yardımı ile gücün tekerleklere iletilmesi gerekir. Motor moment ve hız limitleri gösterilen 2.4 şekli ile ifade edilirler. Burada gösterilen eğride motorun minimum hızı 750 [1/dk] iken maksimum hızı 6500 [1/dk]'dır. Motor hızının 5500 [1/dk] olduğu noktada ise maksimum gücün üretilebildiği anlaşılmaktadır.



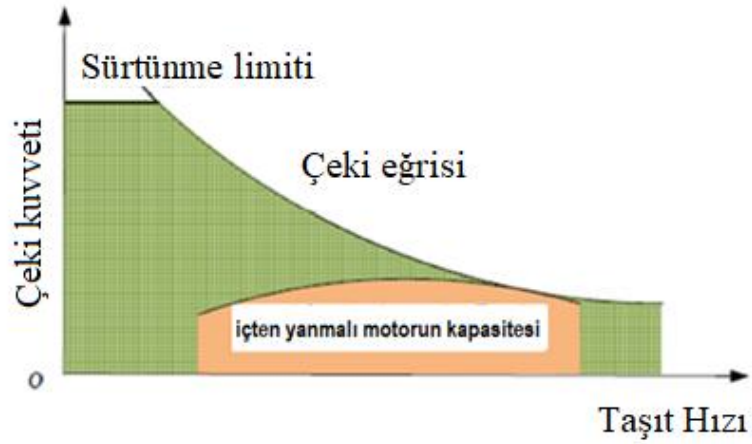
Şekil 2.4 : İki ayrı motora ait moment ve güç eğrisi [22].

Üretilen gücün daha verimli olabilmesi için motor moment grafiğinin altındaki tüm alanlarda yakıt tüketim değerleri ölçülür. Bu ölçümde toplanan verilerle şekil 2.5'te gösterilen grafik oluşur. Buna göre gösterilen alanda en düşük yakıt tüketimine sahip olan eş çember alanı motorun ürettiği gücün tüketilen yakıt oranının en yüksek olduğu yerleri ifade etmektedir.



Şekil 2.5 : Motor spesifik yakıt tüketimi eğrisi [23].

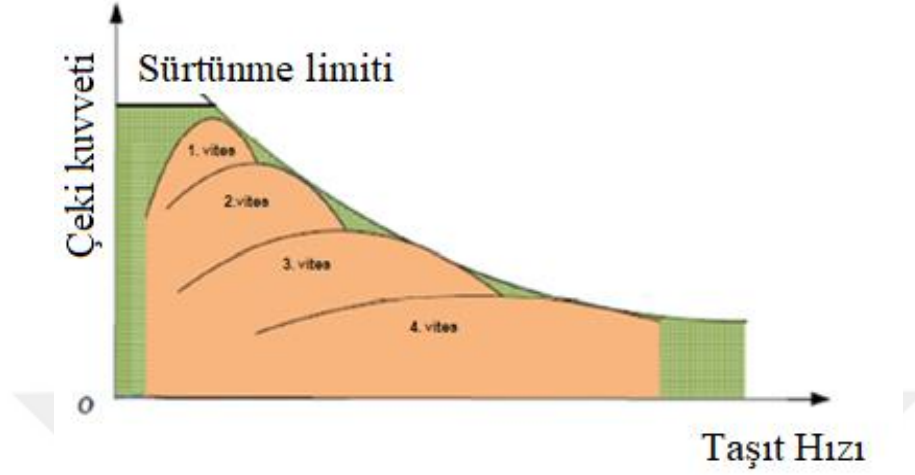
Enerji verimliliğinin daha yüksek olmasını sağlamak için motor gücünün, tüketilen yakıtı oranının en düşük olduğu bölge ile ideal çeki eğrisini birbirine entegre etmek gerekir. Ancak tek bir vites oranı ile motorun tekerleklere güç aktarması sağlanırsa şekil 2.6’da görülen eğriler ortaya çıkar. Buna göre ideal çeki eğrisinin altında kalan ancak motorun güç eğrisinin dışında kalan yeşil alanların hiçbir noktasında araç kullanılamaz.



Şekil 2.6 : Taşıt çeki eğrisinde içten yanmalı motorun kapasitesi.

Farklı dişli oranları ile oluşturulacak aktarma organlarının birlikte kullanımı taşıt çeki eğrisi alanındaki bölgenin büyük bir kısmını kapsamış olur. Böylelikle motorun güç eğrisi ile taşıtın ideal çeki eğrisi birbiri ile örtüşür. Şekil 2.7’de görüldüğü gibi motorun

devir aralığı ile, tasarlanan aracın hız aralığının birbirini kapsamamasını sağlayacaktır. Aynı zamanda bu hız değerlerinde motor momentinin tekerlekteki direnç kuvvetlerini karşılayabileceği aktarma organı tasarımı yapılması gerekir.



**Şekil 2.7 :** Farklı vites oranlı şanzımanın taşıt çeki eğrisindeki gösterimi.

Görüldüğü gibi bazı noktalarda taşıt birden fazla vites ile kullanılabilir. Burada sürücülerin kullanım stilleri etkilidir. Bazı sürücüler yüksek motor devirlerinde kullanmayı tercih edebilirler. Buna bağlı olarak düşük vitesleri tercih edebilirler. Buna ek olarak farklı yakıt tüketiminin oluşmasına sebep olurlar. Günümüzdeki gelişmiş motor ve taşıt kontrolcülerini sürücülerini daha enerji verimi yüksek operasyon noktalarında çalışmaya yönlendirebilirler. Dolayısıyla sürücülerin sürüş stillerinden en uygun olanına yönlendirilmesi sürücülerin performans beklentilerine uygun bir taşıt davranışı sağlanmasına sebep olabilir. Buna ek olarak yakıt tüketiminin de iyileştirilmesi sağlanabilir.

### **2.3 Sürülebilirlik Kalibrasyonu**

Günümüz taşıt kontrol sistemleri yüksek işlemci hızına sahiptirler. Bunun yanı sıra otomobil endüstrisinde gelişen kontrol yöntemleri ile taşıtlardaki hemen hemen her dinamik hareket elektronik olarak kontrol edilmektedir. Otomobillerin sürüş karakteristiği de artık elektronik olarak kontrol edilebilmektedir. Örneğin eski teknolojilerde yanma odasına alınan hava miktarı gaz pedalına bağlı olan bir telin kısma vanasının pozisyonunun değiştirilmesi ile ayarlanmaktaydı. Ancak günümüzde gaz pedalına bağlı pozisyon sensöründen elde edilen veri kontrolcü tarafından işlenmekte ve pozisyon bilgisine karşılık gelen gaz kelebeği pozisyonu

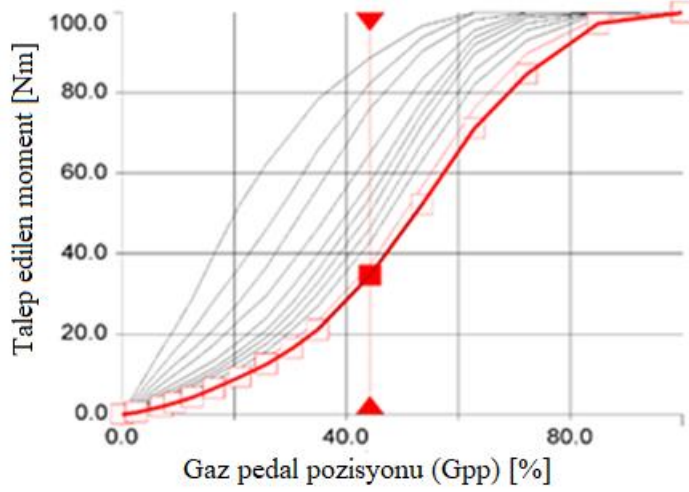
belirlenmektedir. Bu gaz kelebeği pozisyonunun sağlanması da elektrik motoru ile sağlanmaktadır. Bu kontrolü sağlayan yazılım fonksiyonları motor kontrol ünitesinin bir parçasıdır. Bunun gibi elektronik kontrol sistemlerinin gelişmesi sürücülerin araca verdiği girdilerin daha konforlu ve verimli olarak işleme alınması için olanak sağlamış olur. Sürüş karakteristikleri de böylelikle kontrol edilebilir hale geldi.

Sürülebilirlik kalibrasyonunu etkileyen alt başlıklar, moment isteği kalibrasyonu, ivmelenme kalibrasyonu, kalkış kalibrasyonu ve vites değişim kalibrasyonu olarak incelenebilir.

### **2.3.1 Moment talebi kalibrasyonu**

Moment isteği kalibrasyonu bir aracın performansını belirleyen en önemli kalibrasyon fonksiyonlarından biridir. Bu kalibrasyon fonksiyonunun asıl amacı sürücünün araca verdiği gaz pedalı pozisyonunun karşılığında ne kadar moment talep edileceğini belirlemektir. Araç belirli ilk pedala basıldıktan kısa bir süre sonra kararlı duruma geçecek ve bu momenti sağlayacaktır. Böylelikle hedeflenen ivmelenme performansını belirlemek mümkündür. Şekil 2.8’de görüldüğü gibi, gaz pedalı pozisyonu arttıkça talep edilen moment miktarı artar. Ancak gri çizgiler farklı motor hızlarında farklı moment taleplerinin olduğu eğrileri göstermektedir.

Moment isteğini etkileyen bir diğer parametre ise motorun dönme devir sayısıdır. Motor hızı ve talep edilen moment miktarı arasındaki ilişki ise otomobil geliştiricilerinin stratejilerine bağlı olarak değişebilir. Eğer yüksek performanslı bir otomobil geliştiriliyorsa, operasyon noktasındaki motor hızının verebileceği en yüksek moment talep edilebilir. Eğer yakıt tüketimi öncelikli olan bir araç tasarlanmak isteniyorsa, yakıt tüketiminin daha iyi olduğu moment değerleri talep edilir. Dolayısı ile sürücü karakterini analiz edilerek, moment talep haritaları sürücü karakterine göre kalibre edilmesi sağlanabilir.



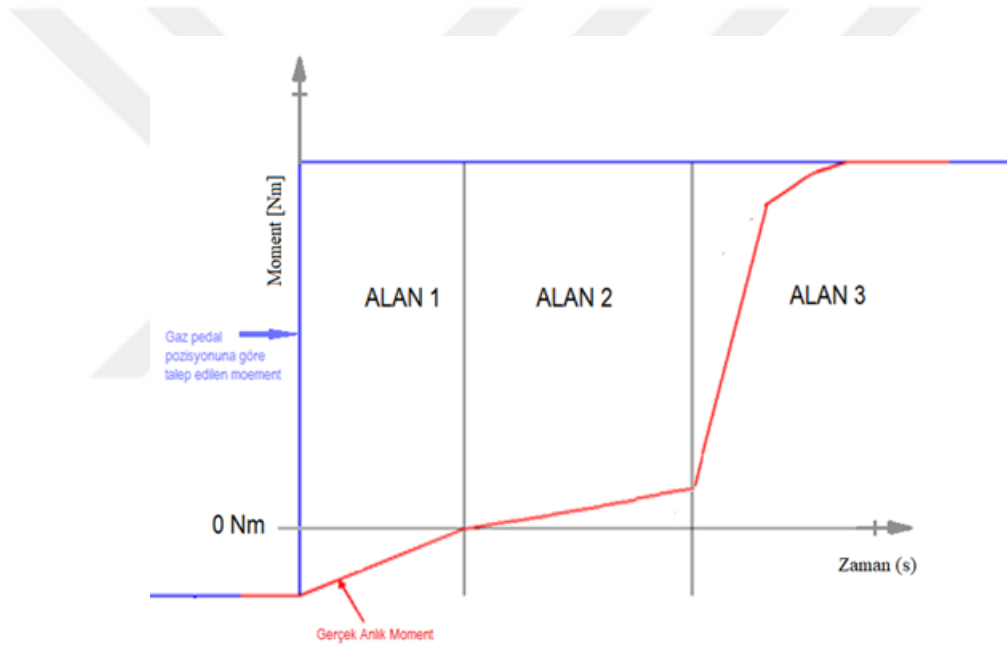
**Şekil 2.8 :** Gaz pedalına göre talep edilen momentin değişimi.

### 2.3.2 İvmelenme kalibrasyonu

Sürücünün gaz pedalına basması ile pedalın yüzdece basılma oranına ( $G_{pp}$ ) göre talep edilen moment belirlenmiş olur. Ancak talep edilen momenti talep edildiği anda tekerlere iletmek hem sürüş konforunu olumsuz etkiler hem de aktarma organlarında ani yük artışına sebep olacağından sistem parçalarının uzun vadedeki yorulma dayanımını azaltır. Komponentlerin zarar görme riski artar. Bu sebepten dolayı moment talebi sıfırdan sürücünün talep edilen momentin tekerlere ulaşması kararlı ve sistemin kararlı duruma ulaşması belirli bir süre alır. Bu sürede moment miktarı sıfırdan talep edilen momente doğru yükselirken belirli bir şekil verilerek ivmenin de şekillenmesi sağlanır. Böylelikle hem sürüşün konforu artırılır hem de parçaların kullanım ömürlerine katkıda uzatılır.

Şekil 2.9'da mavi çizgiler ile belirtilenler sürücünün gaz pedalı vasıtası ile talep edilen moment miktarı gösterilmektedir. Kırmızı çizgiler anlık momenti ifade etmektedir. Şekilde görüldüğü gibi ivmelenme esnasında momentin hareketi üç bölgeye ayrılır. Birinci alanda moment negatiftir, bunun anlamı taşıta motor tarafından moment iletilmediği, bunun aksine taşıt ilerlerken motor iç sürtünmelerinden kaynaklı olarak taşıtın motoru döndürdüğü bölgedir. Sürücü gaza bastığı andan itibaren negatif moment yükselmeye başlar. Buradaki yükselme eğiminin kalibrasyonu taşıtın ivmelenmesini etkileyen ilk ivmelenme kalibrasyonudur. İki numaralı alanda gösterilen bölge motor momentinin negatiften pozitif geçtiği bölgedir. Bu bölgenin başlangıcında motor taşıt tarafından dönmeye zorlanırken, bu bölgenin bitiş noktasına

doğru motor sürtünmeleri yenerek artık taşta g vermeye başlar. Bu geçiş esnasında aktif olarak gc iletten dişlilerin birbirine temas yüzeyleri değişir. Bu değişim esnasında sürüş konforunun iyi bir seviyede tutulması için moment artış eğimi mümkün olduğunca düşük tutulur. Ancak moment artış eğimini beklenenin çok altında yapılırsa bu alanın süresi uzar ve gaza basılmasına rağmen hızlanamama hissiyatı verilir. Üç numaralı alanda ise artık moment artış eğimi daha yüksek bir değerde tutulur. Böylelikle istenen ivmelenme miktarına ulaşmak kolaylaşır. İki numaralı alan ise sürüş konforu için en kritik alanlardan biridir. Bu noktada moment iletim yn değişmektedir. Bunun sonucu olarak da aktarma organındaki dişlilerin birbirine olan temas yüzeyleri değişmektedir. Bu değişimin etkisi ile tüm g ünitesinde titreşimler olur. O sebeple bu alandaki moment artış eğimi daha az olmalıdır.



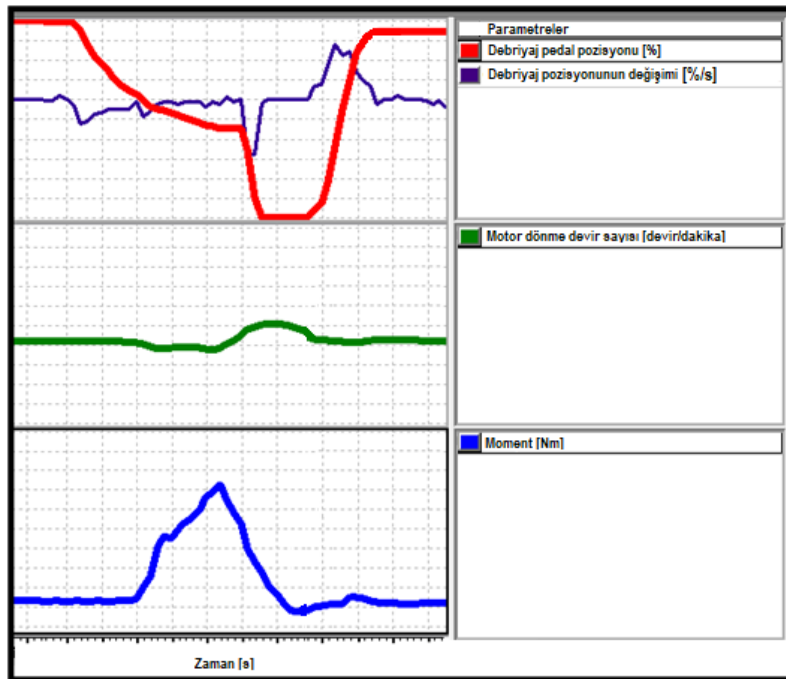
**Şekil 2.9 :** Gaz pedalına basılmasının ardından momentin değişimi.

Momente şekil verilirken momentin artış eğimi fazla olursa taşıtın ivmelenmesi daha yüksek olacaktır ancak momentin artış eğimi daha az olursa sürücü anlık ivme salınımlarını daha az hissedecektir. Momentin artış eğimi yükseldikçe taşıt performansı artar. Bu eğim azaldıkça ivmelenme manevrası daha yumuşak olur. Buradaki eğimlerin belirlenmesi tamamen üreticinin tercihidir.

Sürücünün sürüş stili belirlenirse sürücü stil sınıfına göre bu eğimlerin değerleri belirlenebilir.

### 2.3.3 Kalkış kalibrasyonu

Araçlar durağan halden ivmelenmeye başladıkları anda statik sürtünmeleri yenmek için yüksek miktarda moment ihtiyacı duyarlar. Motorların ise çalışabildikleri dönüş devir hızlarının belirli bir alt limiti vardır. Bu alt limitin altında motora yük binmesi durumunda motor bu yükü kaldıramaz ve durur. Bu durumun yaşanmaması için motor kontrol sistemlerinde kalkış kontrol fonksiyonları geliştirilmiştir. Şekil 2.10'da bir aracın kalkış esnasındaki debriyaj, motor hızı ve moment bilgileri gösterilmiştir. Bu manevra esnasında kalkış kontrol fonksiyonu aktifleşir. Kalkış manevrası kontrol ünitesi tarafından tespit edilir. Debriyajın anlık değişimine bağlı olarak ek yakıt miktarı hesaplanır. Bu durumda yanma odasına daha fazla yakıt atılarak ek moment oluşumu sağlanır. Böylelikle kalkış anında motora gelecek ani yükler karşısında motorun durması engellenerek aracın kalkışı sağlanır. Eğer üretici firma yüksek performanslı araç üretmek istiyorsa, burada eklenen moment miktarı yükseltilecek daha agresif bir kalkış sağlayan olabilir. Bunun tersi olarak da az yakıt atılması sağlanırsa yakıt tüketimi daha iyi olan ancak kalkış esnasındaki ivmelenmesi düşük olan bir araç üretmiş olur. Bu sebeple sürücünün karakterine göre buradaki kalibrasyon parametreleri optimize edilebilir.



Şekil 2.10 : Kalkış manevrası parametreleri.

### 2.3.4 Vites geçişi kalibrasyonu

Otomobil sűrűşünde en çok kullanılan manevralardan biriside vites geçiři manevrasıdır. Vites geçiři manevrası esnasında motor kontrol űnitesi debriyaj bilgisi ve vites pozisyonu bilgisi yardımı ile aracın vites geçiři yapacađını anlar. Vites geçiři esnasında aracın hızındaki deđişim motor hızındaki deđişme nazaran çok azdır. Bu durum gűz nűnde bulundurularak vites geçiři esnasında motor hızı deđişimi control edilir. Vites yűkseltme manevrasında vites deđişimi öncesindeki motor dönme sayısı vites deđişimi sonraki motor hızından fazla olacaktır. Bu sebeple vites geçiři esnasındaki motor hızı ötelenerek daha dűşűk bir deđere ayarlanır. Böylelikle vites geçiři esnasında oluřacak salınımlar ve ani ivme deđişimleri azalır. Motor hızının ayarlanacađı deđerin dűzgűn kalibre edilmesi önemlidir nkű vites geçiři konforu bu kalibrasyondan etkilenir. Sűrűcűlerin karakterine göre vites deđiřtirme manevrasından beklenen konforda deđiřkenlik gösterir. Dolayısıyla sűrűş karakterinin bilinmesi ile beraber vites geçiři esnasındaki kalibrasyon parametreleri sűrűcűye uygun olarak ayarlanabilir.

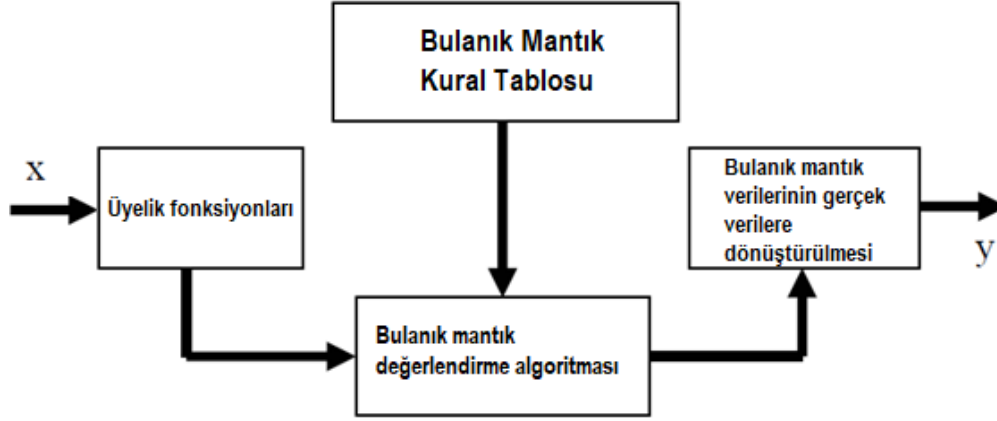
### 2.4 Bulanık Mantık

Bilgisayar sisteminin temel mantığı olan ikili sistem, gerçek dűnyadaki tűm durumların açıklanmasında yetersiz kalmaktadır. Bir ve sıfırlardan oluşan sonuçlar sadece doğru veya yanlış olan sonuçları verebilmektedir. Bir bilgisayar sistemine göre hava durumunun tanımlanması belirlenen bir sınır değerinin altında ise soğuk, űstűnde ise sıcak olarak tanımlanabilir. İnsanlar ise herhangi bir durumu tanımlarken daha karmaşık değerlendirmeler yapar. Bazı durumlarda kısmen doğru veya kısmen yanlış tanımlaması yapabilirler. Bu sebeple soğuk, sıcak tanımlamalarının yanında çok soğuk, çok sıcak , ılık gibi betimlemeler de yapabilir. Bilgisayar sistemlerinin insan dűřűnme yapısına daha yakın bir davranış sağlaması amacı ile bulanık mantık yöntemi ortaya çıkmıştır.

Bulanık mantık sistemlerinde deđerlendirilmek istenen parametreler ve çıktılar ayrı ayrı űyelik fonksiyonları ile tanımlanır. Bunun ardından bulanık mantık kuralları ile girdiler deđerlendirilecek ve sonuçlanacaktır. Sonuç ise űyelik fonksiyonu yardımı ile gerçek verilere dnűřtűrűlecektir. Ortaya çıkan bu sonuç sonsuz sayıda űyelik oranına

sahip olabilir. Bu sistem böylelikle insanların düşünme yapısına daha yakın sonuçlar vermektedir.

Şekil 2.11’de gösterilen yapıya göre girdiler öncelikle gerçek dünyanın parametrelerini bulanık küme üyelik fonksiyonlarına dönüştürür. Sonrasında bulanık mantık kuralları ile bu girdilerin işlenir. Bir sonraki aşamada ise bulanık mantık kümesi gerçek dünyaya ait verilere tekrar dönüştürülür.



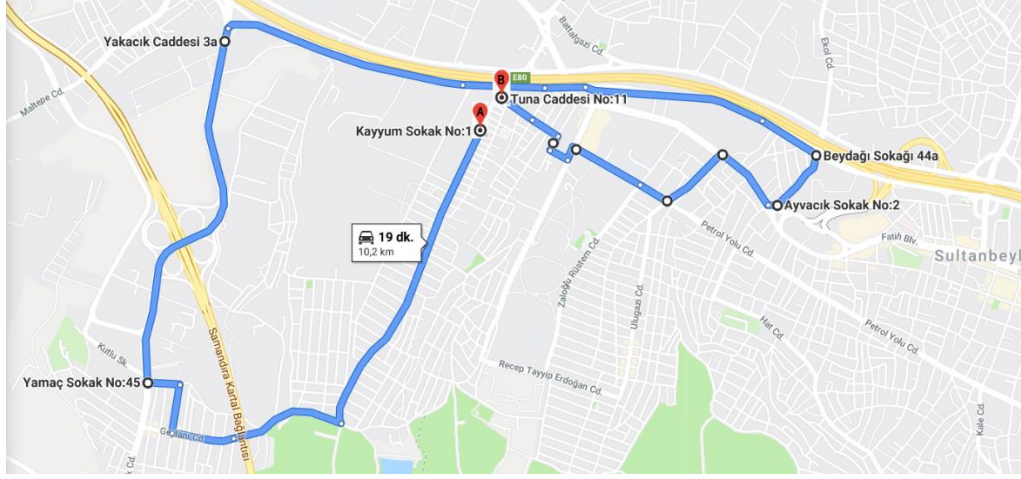
Şekil 2.11 : Bulanık mantık algoritması akış şeması.

### **3. SÜRÜCÜ SINIFLANDIRMA TESTLERİ**

Bir aracın trafikteki davranışları aracın kullanıldığı yol koşullarına, trafik kurallarına, hava koşullarına, kullanılan aracın özelliklerine, kullanılan bölgedeki trafik koşullarına ve sürücünün aracı kullanma stiline bağlıdır. Sürücü sınıflandırma testleri yapılırken amaç farklı tipteki sürücülerin kullanım stiline analiz etmek olduğu için sadece sürüş stiline değışken kalabilmesi için diğer koşullar her sürüşte sabit tutulmuştur. Bu amaç ile aynı aracı, aynı rotada, aynı hava koşullarında farklı sürücüler kullanmıştır. İkinci aşamada ise sürücülerin kullanım stiline araç kalibrasyonunun etkisi incelenmiştir. Bu sebeple her bir sürücü aynı koşullarda aynı aracı sabit sürüş kalibrasyonu, normal kalibrasyon ve agresif kalibrasyon ile ayrı ayrı kullanmıştır. Bu veriler aynı yöntemlerle işlenecek ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

#### **3.1 Sürüş Bilgileri ve Rota**

Aracın sürülüşünde trafik kurallarını, trafik koşullarını ve hava koşullarını değışken olmaktan çıkarmak için sabit rota belirlenmiştir. Bu rota şekil 3.1’de görülen İstanbul’da Sultanbeyli semtindedir. Aracın düşük hızlarda ve orta hızlarla hareket etmesini sağlayacak bir rota çizilmiştir. Aynı zamanda aracın test boyunca duruş ve kalkışlar yapması da istenmektedir. Böylelikle frenleme ivmeleri ve kalkış karakterleri analiz edilecektir. Bu testlerin her birinde aracın orta seviyede bir trafik yoğunluğunda sürülmesini sağlamak amacı ile saat 10:00 ile 15:00 saatleri arasında testler yapılmıştır. Belirlenen rotanın toplam uzunluğu 10,2 kilometredir.



**Şekil 3.1** : Testlerin yapıldığı rota.

Hava koşullarının da değişken olmasını engellemek amacı ile testlerin yapıldığı saatler aynı tutulmuş ve ardarda üç günde testler yapılmıştır. Testlerin tamamında hava sıcaklığı 25°C ile 30°C arasında olarak ölçülmüştür.

Aracı toplam 9 farklı sürücü kullanmıştır. Sürücülerin en az bir yıllık araç kullanma tecrübesi vardır.

Her bir sürücü aynı aracı üç farklı kalibrasyon ile aynı rotada birer defa sürmüştür. Bu kalibrasyonlar agresif sürüş kalibrasyonu, normal sürüş kalibrasyonu ve konforlu sürüş kalibrasyonudur ve kalibrasyonlara ait özellikler çizelge 3.1’de gösterilmiştir. Agresif sürüş kalibrasyonunda moment talepleri diğer iki kalibrasyona göre daha fazladır. Kalkış kalibrasyonunda da kalkış esnasında talep edilen ek moment diğer iki kalibrasyona göre daha yüksektir. Vites geçişlerinin hızlandırmak amacı ile vites geçişlerinde ek olarak verilecek motor hızı miktarı da daha yüksek değerlere kalibre edilmiştir. İvmelenme manevralarında etki edecek talep edilen momenti şekillendirme fonksiyonlarında momentin artış eğimi diğer iki kalibrasyona göre daha yüksek değerlere kalibre edilmiştir. Böylelikle diğer kalibrasyonlara göre daha performansı yüksek bir sürüş sağlanmaktadır ancak yakıt tüketimi de daha yüksek değerlerde olur.

**Çizelge 3.1 : Kullanılan farklı kalibrasyonlara ait değerler.**

Kalibrasyon	Gpp'ye bağlı moment talebi kalibrasyonu	Moment artış eğri limiti kalibrasyonu	Kalkış Anındaki ek moment talebi kalibrasyonu	Vites geçişlerinde motor hızına yapılan öteleme miktarı kalibrasyonu
Sakin	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük
Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Agresif	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek

Sakin sürüş kalibrasyonunda moment talepleri diğer iki kalibrasyona göre daha azdır. Kalkış kalibrasyonunda da kalkış esnasında ek olarak talep edilen moment değerleri diğer iki kalibrasyona göre daha düşüktür. Vites geçişlerinde ek olarak verilecek motor hızı miktarı da daha düşük değerlere kalibre edilmiştir. Talep edilen momenti şekillendirme fonksiyonlarında momentin artış eğimi diğer iki kalibrasyona göre daha düşük değerlere kalibre edilmiştir. Böylelikle yakıt ekonomisi daha iyi ancak ivmelenme performansı daha düşük bir sürüş sağlanması sağlanmıştır.

Normal kalibrasyonda ise moment talebi kalibrasyonu değerleri, kalkış kalibrasyonu değerleri, ivmelenme kalibrasyonu değerleri ve vites geçişi kalibrasyonu değerleri diğer iki kalibrasyona ait değerlerin ortasında bir değere kalibre edilmiştir.

### 3.2 Araca Ait Özellikler

Kullanılan araç bir hafif ticari araçtır. Bu aracın aks aralığı 3749 milimetre , iz genişliği 2492 milimetre olarak ölçülmüştür. Bu araç test esnasında yarı doludur ve kütlesi 2950 kilogram olarak ölçülmüştür. Araçta 6 ileri vites manuel şanzıman bulunmaktadır. Aracın motoru 2 litre hacime sahip dizel motordur. Üreticinin bildirdiği verilere göre aracın maksimum anma momenti 405 Nm, motor hız aralığı 600-4500 [1/dak] dır. Aracın maksimum gücü 125 kW'dır.

### 3.3 Veri Kayıt Etme ve Veri İşleme Yöntemleri

Testlerde aracın elektronik kontrol ünitesine bağlanarak yüksek örnekleme zamanın ile veri kayıt etmek mümkün olmuştur. Veriler 10 milisaniyelik örnekleme zamanı ile toplanmıştır.

Kayıt edilen verilerin üzerinde filtreleme uygulanmadan direk olarak işlenmiştir. Veri işleme yapılırken sürüş karakterini etkileyecek parametrelerin hesabında kullanılan yöntemler aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Sürüş boyunca tüketilen yakıt miktarı ( $f_c$ ) hesabı 3.1 numaralı denklemde gösterilmiştir. Bu denklemin sonucunda çıkan sonuç kilometre başına ortalama tüketilen yakıt miktarıdır. Kontrol ünitesi tarafından hesaplanan ve sürücüye yol bilgisayarında verilen anlık yakıt tüketimi( $\lambda(t)$ ) bilgisi bu hesaplamada kullanılmıştır.  $\Delta t$  örnekleme zaman aralığıdır, n ise örnekleme sayısıdır. Gösterilen denklemdeki “i” indisi anlık değeri gösterirken “0” indisi başlangıç noktasını gösterir. Buna ek olarak “n” indisi de son örnekleme zamanını gösterir.

$$f_c = \Delta t \cdot \frac{(\lambda(t_0) + 2 \cdot \sum_{i=1}^{n-1} \lambda(t_i) + \lambda(t_n))}{2 \cdot n} \quad (3.1)$$

Yapılan bu hesaba göre denklem 3.2’de de  $f_c$  parametresi toplam gidilen yol miktarı( $X_{tt}$ ) ile çarpıldığında, tüm sürüş boyunca tüketilen toplam yakıt miktarı ( $F_{ty}$ ) litre birimi ile hesaplanır.

$$F_{ty} = f_c \cdot X_{tt} \quad (3.2)$$

Ortalama ivme( $a$ ), hız( $V$ ), motor hızı( $w$ ), motor momenti( $T$ ), gaz pedal pozisyonu( $G_{pp}$ ) hesabı yapılırken, 10 milisaniye örnekleme zamanı ile aracın kontrol ünitesinde işlenen veriler kullanılmıştır. Veriler işlenirken her bir parametrenin sürüş boyunca ortalaması alınmıştır.

Vites bilgisi araçların kontrol ünitelerinde işlenen bir bilgidir ve 10 milisaniye örnekleme zamanı ile bu veri de kaydedilmiştir. Vites bilgisi anlık olarak aracın hangi viteste olduğunu gösterir ancak debriyaj pedalına basıldığında anlık vitesi sıfır olarak göstermektedir. Dolayısı ile vites geçiş süresinin ve vites geçiş motor hızlarının tanımlanması için bir algoritma geliştirilmiştir. Bu algorithmada vites geçişlerini belirlemek için beş koşul belirlenmiştir.

- Anlık vites bilgisi sıfır iken, bir önceki örnekleme zamanındaki vites bilgisi sıfırdan farklıdır.

- Anlık vites bilgisi verisinin sıfıra düşmeden önceki aldığı değer ile vites değişimi sonrası aldığı değer birbirinden farklı olmalıdır. Bu iki değer birbiri ile aynı olduğu takdirde vites geçişi yapılmadığı, bir süre boyunca debriyaj pedalına basılı olarak sürüşün gerçekleştiği varsayılmıştır.
- Bir önceki vites değeri bir sonraki vites değerinden küçük olmalıdır. Böylelikle sadece vites artışıdaki veriler incelenmektedir.
- Vites bilgisi değerinin sıfıra düştüğü anda debriyaj pedalına basılı olmalıdır.
- Vites geçiş süresi 0.3 saniyeden kısa 3 saniyeden uzun olamaz.

Bu koşulları sağlayan tüm manevralar vites artışı olarak kabul edilmiştir. Tüm vites artış manevralarının ortalama süresi alınarak sürücünün ortalama vites geçiş süresi hesaplanmıştır. Vites geçiş motor hızı parametresi ise vites değerinin debriyaj basılarak ilk sıfıra düştüğü andaki motor hızı veri olarak kaydedilmiştir. Tüm manevralardaki bu değer ortalama alınarak vites geçişlerindeki ortalama motor hızı verisi hesaplanmıştır.

Aracın kalkış süresini hesaplamak için geliştirilen yazılımdaki koşullar ise üç adettir.

- Aracın ilk hızı 0 km/sa olmalıdır.
- Araç ivmelenmeye başlayarak 20 km/sa hıza sürekli pozitif ivme ile hızlanmalıdır.
- Aracın 0-20 km/sa hızlanma süresi 10 saniyenin üzerinde olamaz

Sürüş boyunca bu üç koşulu sağlayan tüm manevralar kalkış süresi olarak tanımlanmış ve tüm kalkış manevralarının süresi hesaplanarak ortalamaları alınmıştır.



## 4. SÜRÜŞ ANALİZİ VE SINIFLANDIRILMASI

Yapılan deneysel sürüş testleri üç alt bölümde incelenmiştir. Öncelikle sürüş kalibrasyonlarından elde edilen veriler analiz edilmiş ve yorumlanmıştır. Ardından bulanık mantık algoritması kurularak sonuçlar incelenmiştir. Bunun ardından da tüm sürüş kalibrasyonlarında yapılan analizler birbiri ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

### 4.1 Sürüş Testlerinin Analizi

Bu bölümde sürücülerin normal sürüş kalibrasyonu ile yaptıkları sürüşten elde edilen verilerin incemesi yapılmıştır.

Bir sürücünün taşıtı kullanım stilini etkileyen parametrelerin başında ivme değerleri gelmektedir. Yüksek hızlanma ve yavaşlama ivmelerinin olduğu bölgeler hem sürücünün konforunu etkiler hem de yakıt tüketimine doğrudan etkisi vardır. Bu ivme değerlendirmesi bir sürücünün sınıfı hakkında bilgi vermektedir. Sürücüyü ivmeye bağlı değerlendirmek amacı ile renklendirme kodu kullanılmıştır. Bu renklendirme yönteminde aşağıdaki koşullar kullanılmıştır.

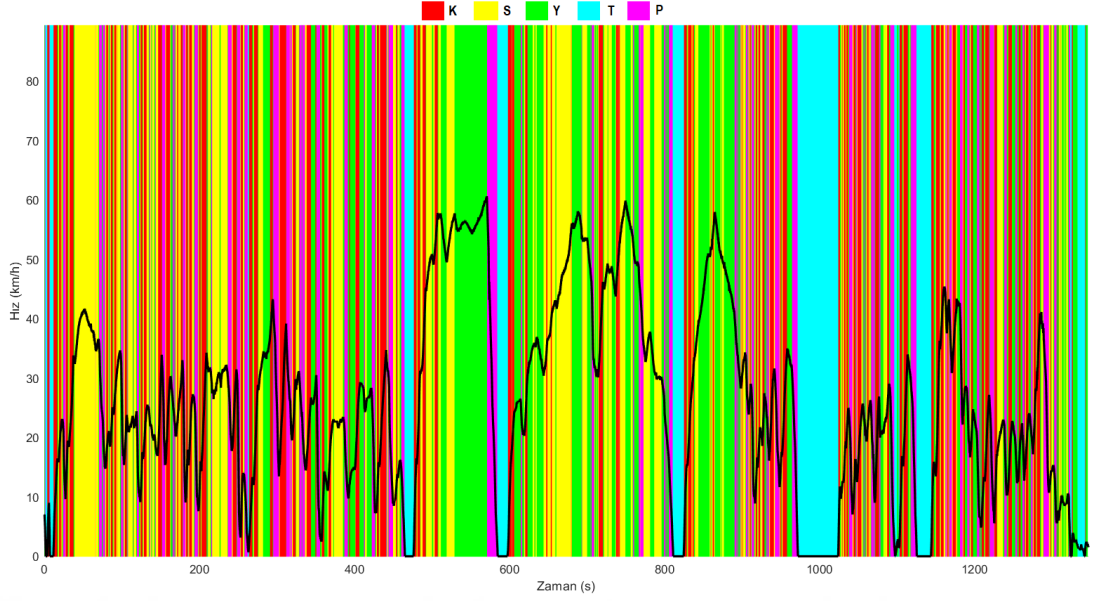
- $a > 0.4 \text{ m/s}^2$  : kırmızı
- $-0.4 > a > 0.4 \text{ m/s}^2$  ve  $G_{pp} > \% 15$  : sarı
- $-0.4 > a > 0.4 \text{ m/s}^2$  ve  $G_{pp} < \% 15$  : yeşil
- $a < -0.4 \text{ m/s}^2$ : pembe
- $V < 2 \text{ km/sa}$  ve  $w < 1000 [1/dk]$ : turkuaz

Yukarıdaki sınıflandırmaya göre şekil 4.1 ve 4.2 de kırmızı(K) ile gösterilen kısım yüksek gaz pedal pozisyonu ve yüksek ivmelenme bölgesini ifade eder. Sarı(S) ile gösterilen kısım ivmelenmenin orta seviyede olduğu ama çok gaz pedalının kullanıldığı alanı ifade eder. Yeşil(Y) ile gösterilen kısım ivmelenmenin orta seviyede olduğu ancak gaz pedalının düşük seviyede kullanıldığı durumu ifade eder. Pembe(P)

ile gösterilen kısım ani yavaşlama ivmesinin olduğu durumu gösterir. Turkuaz(T) ile gösterilen kısım ise motorun rölantide olduğu alanı ifade eder.

Bu grafiklerde pembe(P) ve kırmızı alanlar(K) renklerinin yoğunlukta olduğu alanlar sürüş konforundansa performans odaklı sürüşlerde daha yoğunlukta olmaktadır. Yüksek ivmelenmenin olduğu bölümler yüksek yakıt tüketimine sebep olan bölgelerdedir. Yüksek yavaşlama ivmelerinin olduğu bölgeler de ani yavaşlamaları göstermektedir bu da yüksek momentumunun ani frenleme ile ısı enerjisine dönüştüğü alanlardır. Böylelikle enerji verimliliğinin düşük olduğu alanlar olarak tanımlanabilir. Sarı(S) alanlarda yakıt tüketimi kırmızı ile işaretlenen alanlara göre daha azdır. Yeşil(Y) alanlar ise yakıt tüketiminin en az olduğu alanlar olarak tanımlanabilir. Sürücü bu alanda taşıtın momentumunu kullanarak ve gaz pedalına basmadan sürüş yapmaktadır. Bu alanların fazla olması yine sürücünün daha ekonomik sürüşler yaptığı anlamına gelir çünkü talep edilen moment miktarı yeşil bölgelerde çok azdır. Turkuaz(T) alanlar ise aracın durduğu ve motor hızının rölanti devrinde olduğu alanlardır. Bu alanların fazla olması sürücünün karakteri ile bilgi vermez, sadece trafik koşulları sebebi ile sürücünün durmak durumunda kaldığı alanlar olarak belirlenmiştir. Turkuaz alanlardaki yakıt tüketimi miktarı hesaplamalarda kullanılmamıştır.

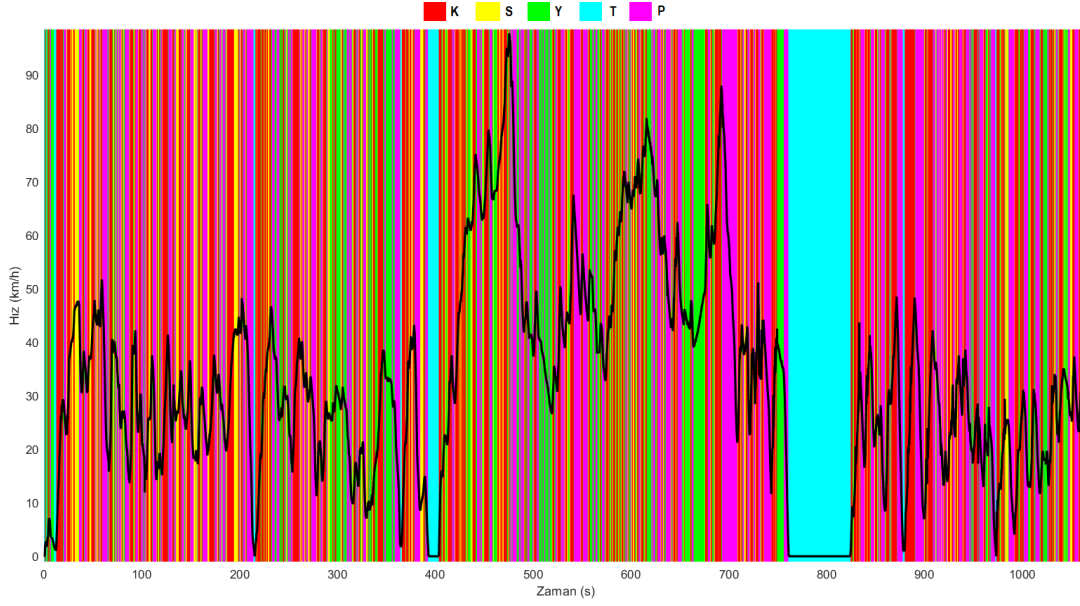
Şekil 4.1’de görülen 2 numaralı sürücüye ait hız profiline bakıldığında sarı ve yeşil alanların fazla olduğu görülmektedir. Bu alanların yoğunlukta olması sürücünün ani ivmeli hızlanma ve yavaşlama manevralarını nadiren yaptığını göstermektedir. Bu da sürüş konforuna ve yakıt ekonomisine önem veren sürücülerin göstereceği bir karakterdir. Dolayısı ile 2 numaralı sürücünün sakin sürüş profiline sahip olduğu söylenebilir. Buna ek olarak sarı ve yeşil alanlar geniş yer kaplamaktadır. Bu da pozitif ve negatif ivmelenmeler arasındaki geçişlerin daha uzun sürede olmasını ifade eder.



**Şekil 4.1 :** İki numaralı sürücünün sürücünün renklendirilmiş sürüş hız profili.

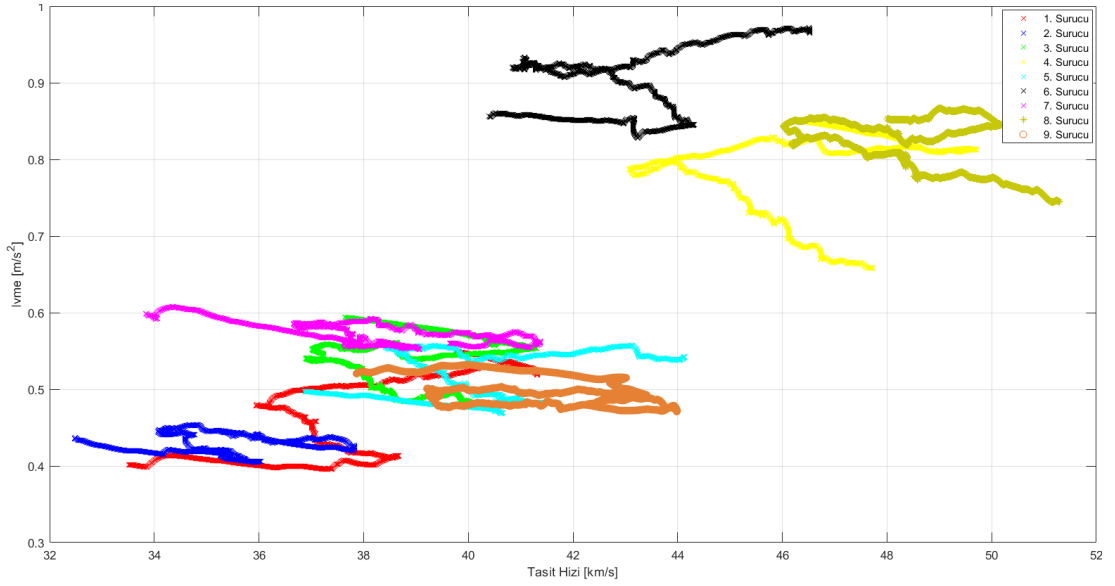
Şekil 4.2’de görülen 6 numaralı sürücüye ait hız profiline bakıldığında kırmızı ve pembe alanların fazla olduğu görülmektedir. Bu alanların yoğunlukta olması sürücünün ani ivmeli hızlanma ve yavaşlama manevralarını sıkça tekrar ettiğini gösterir. Bu da sürüş performansına daha fazla önem veren sürücünün göstereceği bir karakterdir. Sürüş konforu ve yakıt tüketimi bu sürüş stiline sahip olan bir sürücü için çok da önemli değildir. Dolayısı ile 6 numaralı sürücünün agresif bir sürücü olduğu söylenebilir. Aynı zamanda kırmızı bloklar ve pembe blokların birbirini takip eden ve dar bloklar olması sürekli olarak gaz pedalı ile ani ivmelenmenin arkasından ani frenleme hareketinin yapılmasını görselleştirmektedir. Bu tip grafikler incelenirken blokların genişliklerini de değerlendirmek gerekir.

Bu grafiklerde sürüş profiline genel bir bakış yapıldığında kırmızı ve pembe ağırlıklı bölümler ilk bakışta farkedilmekte ve sürücünün sürüş profili hakkında hızlıca bilgi sahibi olmamızı sağlamaktadır. Bu renk tonlarının fazlalığı sürücünün agresif olduğu izlenimi yaratırken yeşil ve sarı blokların fazlalığı sürücünün sakin sürüş stiline sahip olduğu izlenimini ilk bakışta göstermektedir. Bu grafikler geriye kalan yedi sürücü için de çizdirilmiş olup, sonuçları Ek A’da gösterilmiştir.



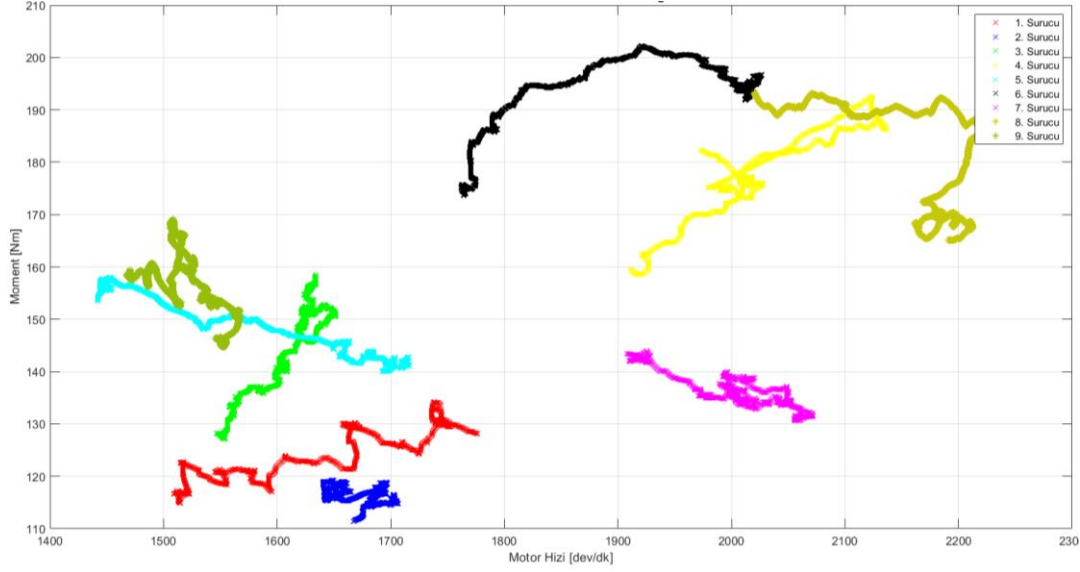
**Şekil 4.2 :** Altı numaralı sürücünün renklendirilmiş sürüş hız profili.

Sürüş stili sınıflandırılırken değerlendirilebilecek bir başka parametre ise sürücülerin hıza bağlı ivmelenme değerlerinin incelenmesidir. Bu değerler sürücülerin davranışları gözle görülür bir şekilde sınıflara ayrılmıştır. Şekil 4.3'teki grafiklerden görüleceği üzere 4, 6 ve 8 numaralı sürücüler yüksek hız ve yüksek ivmelere sahiptirler. 1 ve 2 numaralı sürücüler ise daha düşük ivme ve daha düşük hızlara sahip sürücülerdir. 3,5,7 ve 9 numaralı sürücüler de hızlanma ve ivmelenme değerleri açısından ortalama değerlere sahiptir. Buradaki veri hesaplanırken ardışık 400 veri değerinin ortalaması alınmıştır. Bu da sürüş profilinde gözle görülür bir fark yaratmaktadır. Sonuç olarak grafik üç ayrı bölgeye ayrılabilir. Buna göre grafiğin yüksek hız, yüksek ivme alanı agresif sürücülere aittir. Grafiğin düşük hız düşük ivme tarafı sakin sürücülere ait alandır. Ortadaki alan ise ortalama sürücülere ait alandır. Buna göre 4,6 ve 8 numaralı sürücülerin 42 km/sa hızdan fazla ve  $0.7 m/s^2$  ivmeden daha yüksek olan alanda toplandığı görülmektedir. 1 ve 2 numaralı sürücülerin operasyon bölgesi ise ağırlıklı olarak  $0.5 m/s^2$  ivmeden ve 38 km/sa hızdan daha düşük olan bölge olarak görülmektedir. 3, 5, 7 ve 9 numaralı sürücülere ait veriler ise bu iki bölgenin arasında yer almıştır.



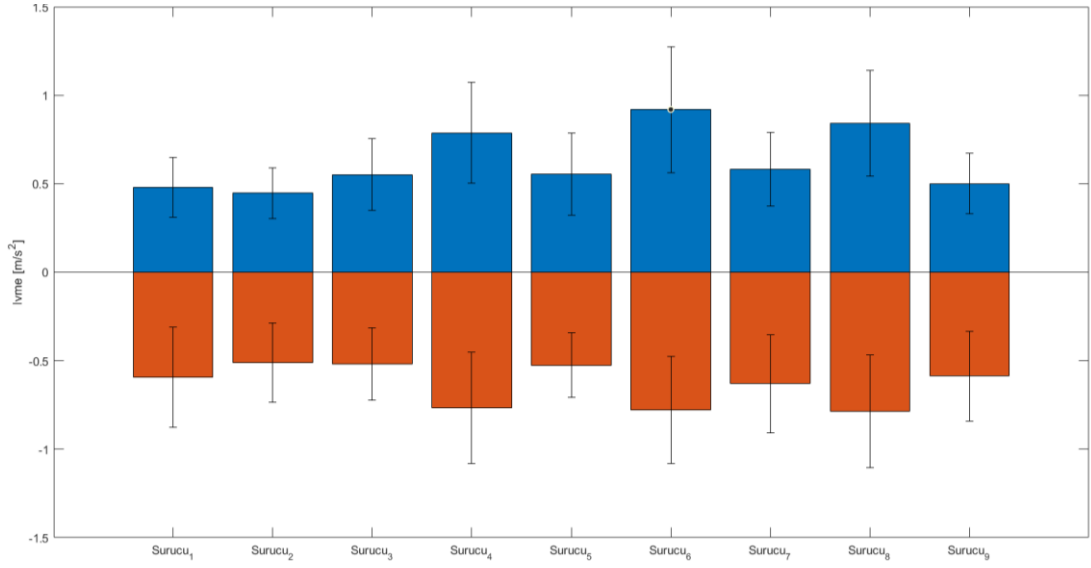
**Şekil 4.3 :** Tüm sürücülerin normal kalibrasyon ile ivme – hız grafiği.

Verileri incelerken içten yanmalı motorun hangi bölgelerinde daha çok kullanıldığını göstermek için şekil 4.4’deki grafiğe bakılabilir. Burada motor devir hızı ile motor momentindeki ilişki gösterilmiştir. Buna göre agresif olarak sınıflandırılan sürücülerin genellikle yüksek motor hızı ve yüksek moment taleplerinin olduğu görülmekte ve grafiğin ilgili alanında verilerin yoğunlaştığı görülmektedir. 4,6 ve 8 numaralı sürücüler agresif sürücü olarak tanımlanabilir. 1 ve 2 numaralı sürücü düşük moment ve düşük motor hızı bölgesinde bulunmaktadır. Geriye kalan 3,5 ve 7 numaralı sürücülerin bulunduğu yük değeri 130-170 Nm aralığında iken, motor devir hızında iki ayrı sınıfa ayrıldığı görülmektedir. 7 numaralı sürücü aynı moment bölgesindeki diğer sürücülere göre daha yüksek motor hızında sürüş gerçekleştirmiştir. Bu durum aynı zamanda bu sürücünün diğerlerine göre daha agresif olduğu izlenimini vermektedir. Ancak aynı sürücü taşıt hızı ve ivme grafiğinde ortalama sürücülerin bulunduğu alanlarda bulunmuştur.



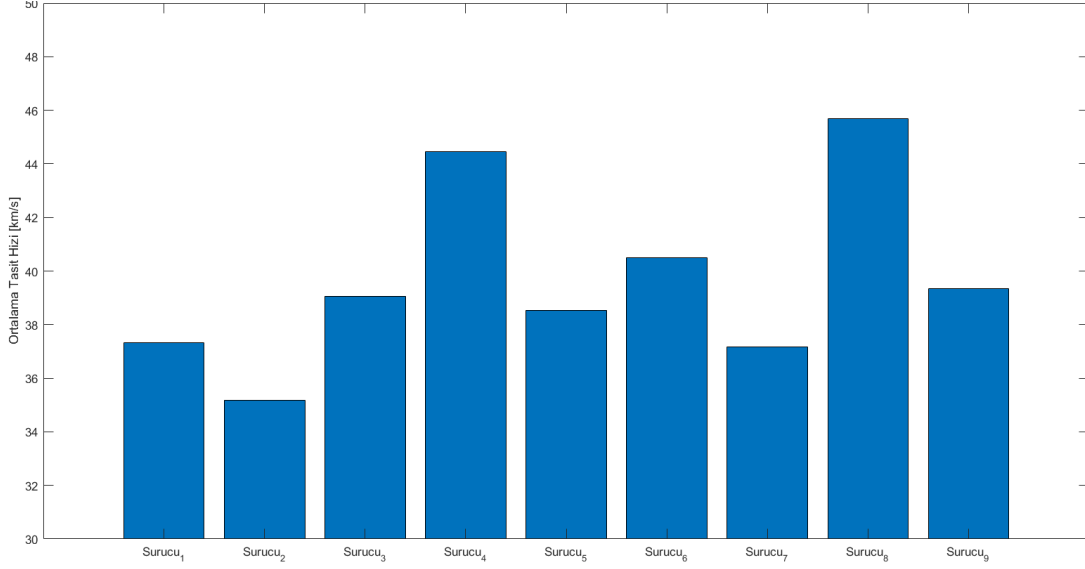
**Şekil 4.4 :** Tüm sürücülerin motor hızı – motor momentini grafiği.

Tüm sürüş boyunca elde edilen verilerden ivmenin hızlanma ve yavaşlama bölgeleri için iki ayrı değeri hesaplanmıştır. Aynı zamanda hızlanma ve yavaşlama manevralarındaki standart sapma değeri de incelenmiştir. Hem ivme hem ivmenin standart sapmasına ait veriler şekil 4.5’de görülmektedir. Buna göre her bir sürücü için hızlanma ve yavaşlama esnasındaki ivme değerleri simetrik olarak görülmektedir. Yani bir sürücü hızlanırken yüksek ivme değeri ile hızlanıyorsa o sürücü yavaşlarken de yüksek ivme değeri ile yavaşlamaktadır. Ortalama olarak en yüksek ivme değerine sahip olan sürücüler 4, 6 ve 8 numaralı sürücülerdir. Buna paralel olarak bu sürücülerin hızlanma ve yavaşlama esnasındaki ivme standart sapmaları da yüksektir. Standart sapma değerleri ile ivme mutlak değerleri arasında doğrusal bir orantı vardır. Mutlak hızlanma ivme değeri bulanık mantık parametrelerinden birisi olarak seçilmiştir çünkü sürüş stili hakkında direkt bilgi vermektedir. Standart sapma değerleri ve yavaşlama ivme değerleri ise bulanık mantık girdisi olarak kullanılmamıştır çünkü ivme değeri ile paralel bir etkisi vardır. Bulanık mantık sisteminin girdilerinden biri olacak olan mutlak hızlanma ivmesi için iki ayrı bölge olduğu görülmektedir. Az ivmelenme ve çok ivmelenme olarak ikiye ayrılacak olan bu girdinin ayırım parametresi  $0.5 \text{ m/s}^2$  seçilmiştir. Bu değer altındaki değere sahip sürücüler az ivmelenen sürücüler olarak değerlendirilirken, üzerindeki sürücüler ise çok ivmelenen sürücüler olarak değerlendirilir.



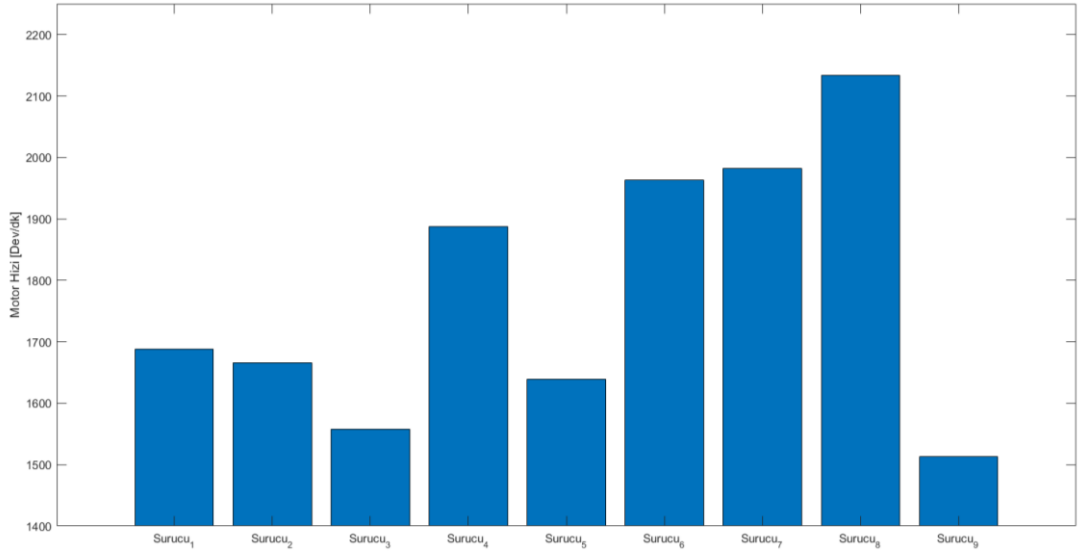
**Şekil 4.5 :** Normal kalibrasyona ait sürüşlerdeki ivme değerleri.

Ortalama taşıt hızı bir sürücünün karakterini tanımlamada önemli bir rol oynar. Testler aynı taşıt ile aynı hava ve trafik koşullarında yapıldığı için ortalama hızların karşılaştırılması mantıklıdır. Bir sürüşü yüksek hızlarla yapmak sürüş esnasında daha yüksek rüzgâr direnci ile karşılaşmak anlamına gelmektedir. Bunun yanı sıra herhangi bir trafik koşulu sebebi ile durmak durumunda kalacak olan sürücünün düşük veya yüksek ivme değeri ile yavaşlaması da yine sürücünün konfor beklentisi ile direkt olarak ilgilidir. Aynı zamanda şekil 4.3’de olduğu gibi verilerin farklı hız noktalarında gruplaştığı görülebilir. Bu sebeplerle taşıt hızı bulanık mantık algoritmasının bir girdisi olarak değerlendirilmiştir. Şekil 4.6’da görüldüğü üzere tüm sürücüler için ortalama taşıt hızı 35 km/sa ile 45 km/sa arasındaki değerlerdedir. Veriler incelendiğinde görülmektedir ki 40 km/sa hız değeri tüm verileri ikiye bölerek sürücülerin sınıflandırılmasında yardımcı olmuştur.



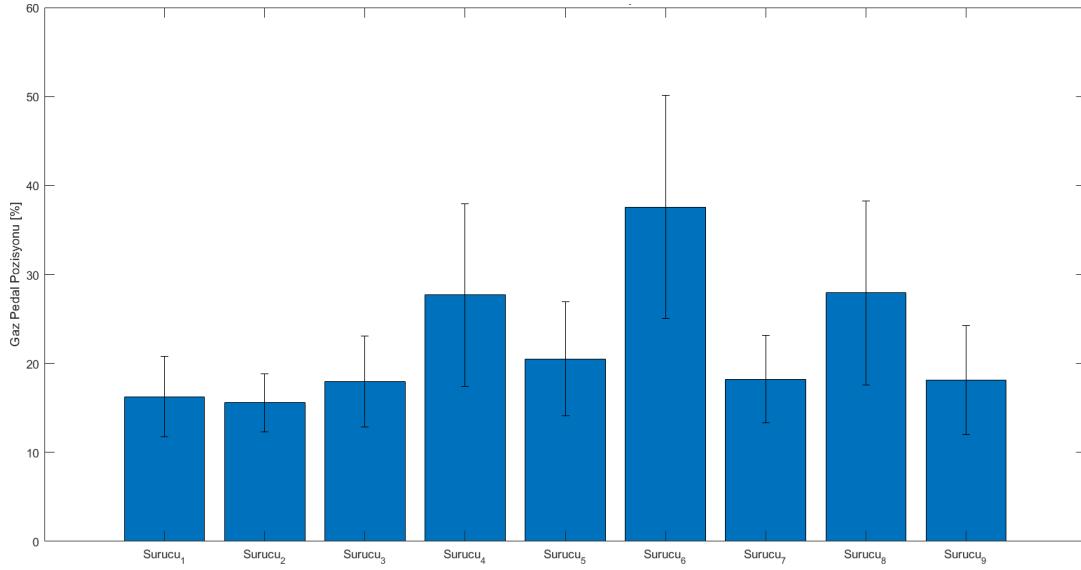
**Şekil 4.6 :** Normal kalibrasyona ait sürüşlerdeki ortalama taşıt hızları.

Sürücülerin taşıt kullanımları sırasındaki davranışlarını analiz etmek için kullanılacak bir diğer parametre ise motor hızıdır. Bu parametre içten yanmalı motorlarda direk olarak yakıt tüketimine ve taşıtın vereceği performansa etki eder. Şekil 4.7’de görüleceği gibi tüm sürücüler ortalama olarak 1500 – 2000 [1/dk] aralığında taşıtlarını sürmüşlerdir. 4,6,7 ve 8 numaralı sürücüler diğer sürücülere göre çok daha yüksek motor hızı ortalamalarını kullanmışlardır. Buna göre bu sürücüler daha düşük viteslerde araçlarını kullanmışlardır. Bu da sürücülerin daha yüksek vites oranları ile tekerde fazla moment oluşturmaya eğilimli olduklarını göstermektedir ve böylelikle taşıt daha yüksek performans hissiyatı sağlayacaktır. Agresif sürücülerin diğerlerine göre daha yüksek motor hızlarında olması yakıt tüketimini de olumsuz etkileyen parametrelerden biridir. Bulanık mantık girdisi olarak kullanılacak ortalama motor hızı verisi için 1750 motor hızı sınırı kullanılmıştır.



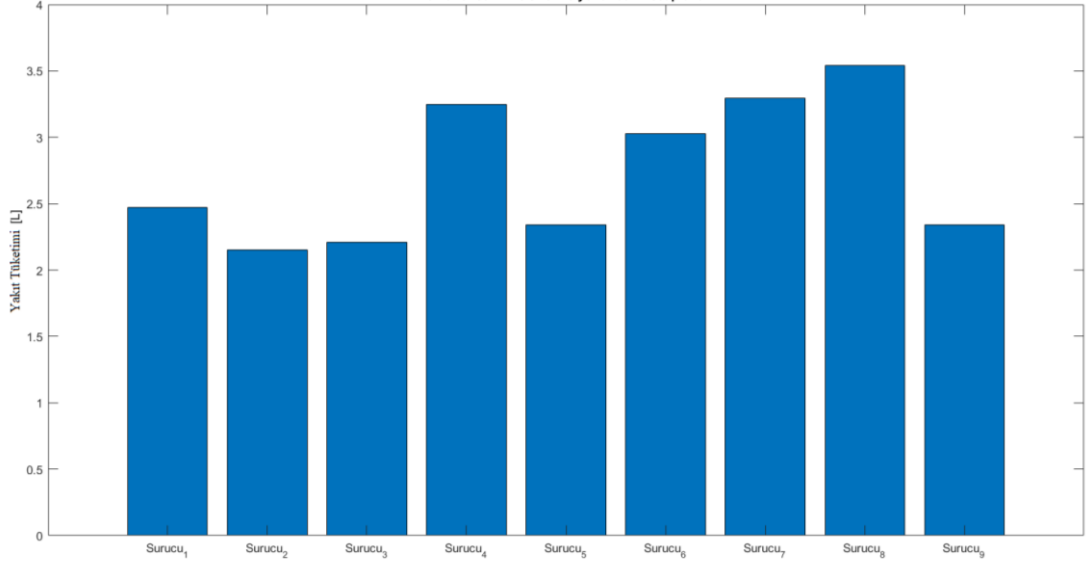
**Şekil 4.7 :** Normal kalibrasyona ait sürüşlerdeki ortalama motor devir hızları.

Sürüş stillerinin sınıflandırılmasındaki en önemli girdilerden birisi de gaz pedal pozisyonudur çünkü sürücünün hareketlerini direkt olarak ölçen bir pedal pozisyonu sensörü kullanılır. Dolayısıyla sürücünün hangi pedal pozisyonlarında aracı sürdüğü, ivmelenirken gaz pedalına basma şekli direkt olarak analiz edilebilir. Bu doğrultuda tüm sürüşlerde gaz pedal pozisyonu verisi incelenmiştir. Şekil 4.8’de gaz pedal pozisyonu ve gaz pedal pozisyonu standart sapmasını gösterilmektedir. Bu grafiğe göre sürücü 4,6 ve 8 diğer sürücülere göre daha yüksek pedal pozisyonları ile aracı kullandıkları belirlenebilir. Aynı zamanda bu sürücülerin sürüş boyunca pedal hareketleri daha fazla değişkendir ki bu da gaz pedal pozisyonunun standart sapması olarak görülmektedir. Gaz pedal pozisyonunun standart sapmaları ile gaz pedal pozisyonlarının mutlak değerleri arasında paralellik olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu iki veriden sadece ortalama gaz pedal pozisyonu bulanık mantık algoritmasına girdi olarak kullanılmıştır. Gaz pedal pozisyonunun ortalama değerleri %25’in üzerinde olan sürücüler gaz pedalını yüksek değerlerde kullanan sürücüler olarak tanımlanacaktır. Sakin sürüş stiline sahip sürücülerin gaz pedal pozisyonunu daha düşük değerlerde kullanması ve standart sapmasının da düşük olması beklenir.



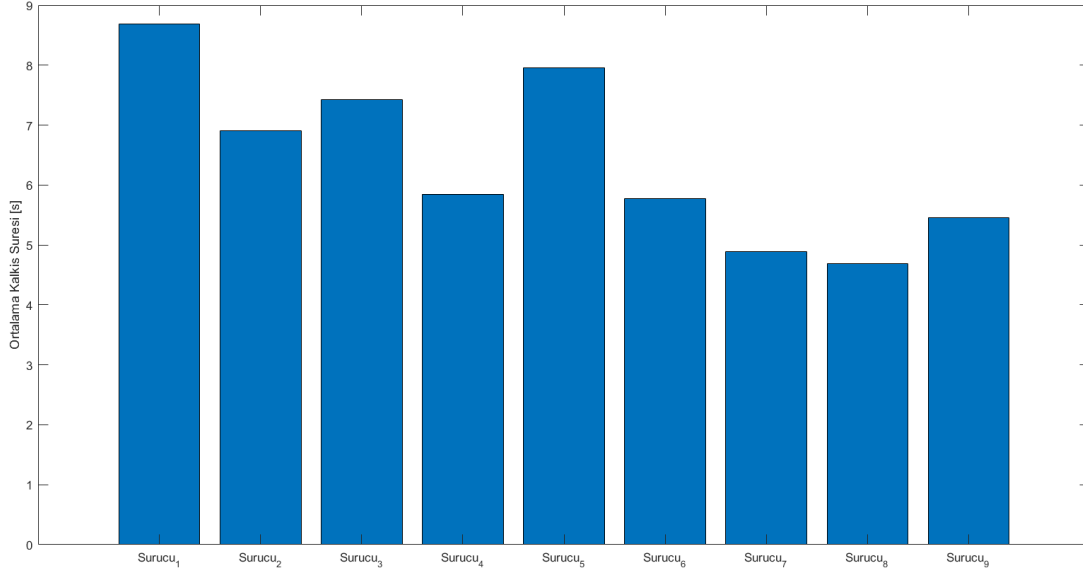
**Şekil 4.8 :** Normal kalibrasyona ait sürüşlerdeki ortalama gaz pedal pozisyonu.

Sürüş karakteri sınıflandırması yapılırken analiz edilmesi gereken bir diğer parametre ise yakıt tüketimi verileridir. Çünkü yakıt tüketimi direk olarak sürücülerin kullanım stiline bir çıktısıdır. Yüksek ivmelenmeler, yüksek motor devir hızları, yüksek gaz pedal pozisyonu kullanılması ile yüksek yakıt tüketim değerleri ortaya çıkacaktır. Buna karşın çok düşük motor hızlarında yüksek pedal pozisyonlarında taşıt kullanılırsa yakıt tüketimi yine yüksek olacaktır. Dolayısı ile sürücünün davranışlarının tanımlarken yakıt tüketimini bulanık mantık algoritmasına girdi olarak kullanmak gereklidir. Şekil 4.9’da görüldüğü üzere, agresif sürücülerin yüksek yakıt tüketimine sahip oldukları gözükmemektedir. Rahat sürücüler ile ortalama sürücüler arasında çok büyük yakıt tüketimi farkları gözükmemektedir. Örneğin, 7 numaralı sürücü düşük ivmelenmeye sahip, düşük gaz pedalı pozisyonları kullanmasına ve düşük taşıt hızlarında olmasına rağmen yüksek yakıt tüketimine sebep olmuştur. Bunun sebeplerinden birisi ise sürücünün motor hızı ortalamasının diğer sürücülere göre daha yüksek olmasıdır. Bu sebeplerden ötürü bulanık mantık girdilerinden birisi de sürüş boyunca harcanan yakıt miktarıdır. Sürüş boyunca 3 litreden fazla yakıt tüketen sürücüler yüksek yakıt tüketimli, diğerleri ise düşük yakıt tüketimli sürücüler olarak tanımlanmıştır. Bulanık mantık girdilerinden birisi olarak bu değer kullanılmıştır.



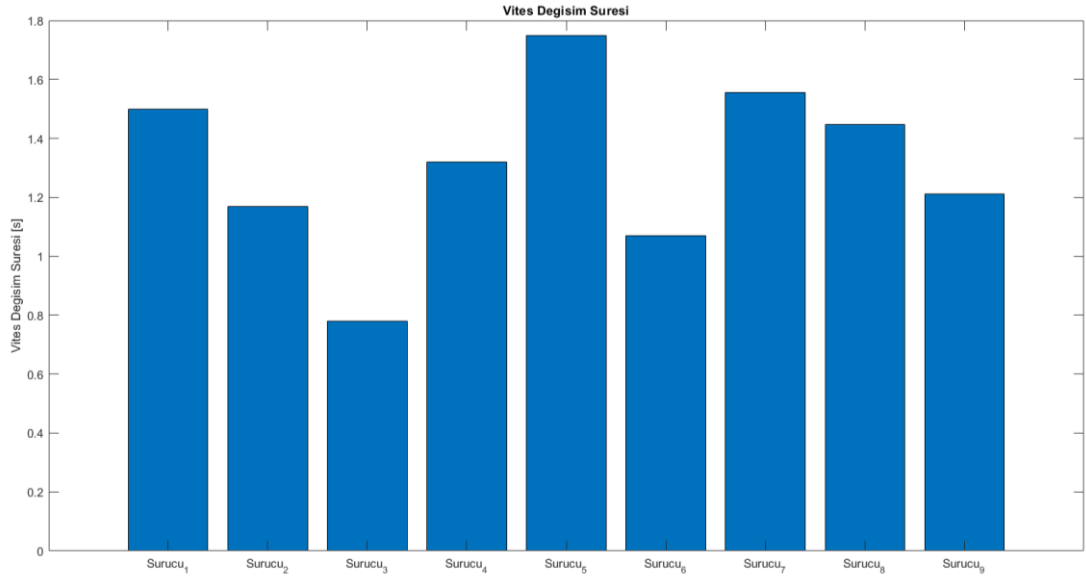
**Şekil 4.9 :** Normal kalibrasyona ait sürüşlerdeki ortalama yakıt tüketimi.

Trafikteki koşullar sebebi ile mutlaka sürücüler durma ve kalkış manevralarını yapmak durumunda kalırlar. Kalkış manevrasının nasıl yapıldığı da sürücülerin kullanım stillerine bağlıdır. Kalkış manevrası bu çalışmada 0 km/sa'ten 20 km/sa'e sürekli hızlanma manevrası olarak tanımlanmıştır. Bu hızlanma manevrasına ait ortalama süreler şekil 4.10'da görülmektedir. Buna göre agresif sürücülerin kalkış sürelerinin diğer sürücülere göre daha az olması beklenir. Grafikte tüm sürücülerin kalkış süreleri 4 ile 9 saniye arasındadır. En kısa sürede hızlanan sürücüler 7,8 ve 9 numaralı sürücüler iken en yavaş hızlanan sürücüler 1 ve 5 numaralı sürücülerdir. Bu değerlendirmeler sürücülerin sınıflandırılmasında ve davranışların yorumlanmasında önemli bir parametre olarak kullanılmıştır.



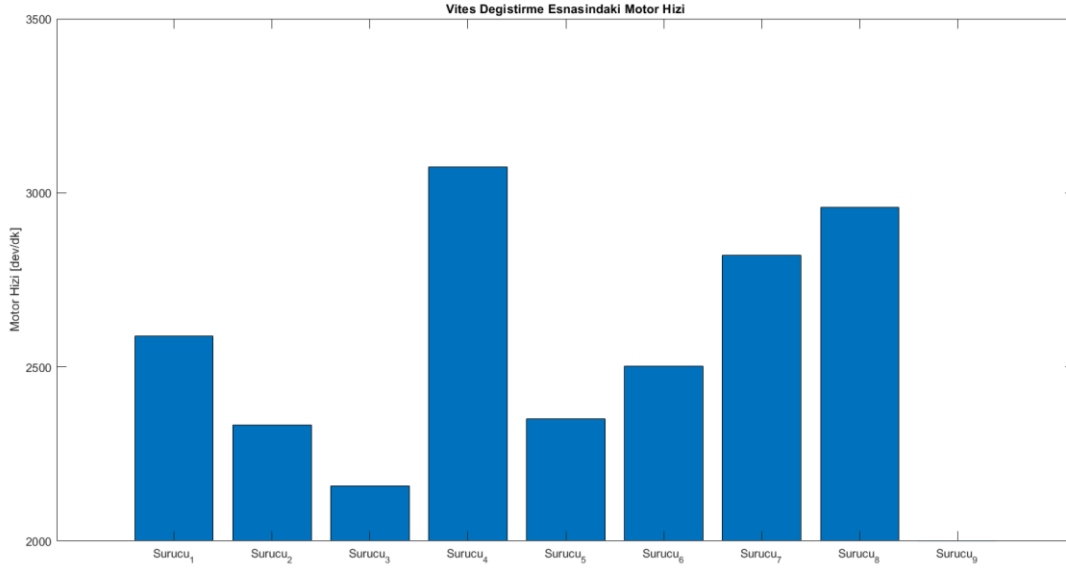
**Şekil 4.10 :** Normal kalibrasyona ait sürüşlerdeki kalkış süreleri.

Sürücülerin sınıflandırılmasındaki diğer iki önemli parametre ise vites değişimi manevrası ile ilgilidir. Vites değişimleri de sürücülerin hareketlerini direk olarak yansıtmaları bakımından önemli manevralardır. Vites değişimi ile ilgili birinci önemli parametre vites geçiş süresidir. Vites geçiş süresi sürücünün vites değişiminden önce debriyaja basması ile başlar, vitesin değişiminin gerçekleşmesi ile devam eder ve debriyaj pedalının geri salınması ile sonuçlanır. Bu arada geçen süre ise vites geçiş süresi denir. Her sürücüye ait vites geçiş süreleri şekil 4.11’de gösterilmektedir. Agresif sürücülerin hızlı vites geçiş yapması beklenir çünkü vites geçişinin gerçekleşmesi ne kadar hızlı olursa moment vermesi ve dolayısı ile taşıtın daha performanslı manevralar yapması sağlanır. Grafikteki vites geçiş sürelerinin hesabı yapılırken vites artırma manevraları dikkate alınmış ve vites düşürme manevraları hesaba katılmamıştır. Buna göre vites değiştirme manevraları ortalama olarak 0.6 saniye ile 1.8 saniye aralığında olmuştur. Ancak bu veri bir sonrak bölümde anlatılmış olan bulanık mantık algoritmasına girdi olarak kullanılmamıştır. Çünkü vites geçiş hızı ile vites geçiş motor devir sayıları arasında paralellik vardır ve sürücü karakter analizi için bu iki veriden bir tanesinin kullanılması yeterlidir. Kullanılacak vites geçiş motor hızı olarak belirlenmiştir.



**Şekil 4.11** : Normal kalibrasyona ait sürüşlerdeki vites geçiş süreleri.

Vites geçişinin başladığı motor hızı da diğer önemli parametrelerden birisidir ve bu parametre de sürücünün vites geçiş süresi ile paralellik göstermektedir. Agresif sürücülerin daha yüksek motor hızlarında vites değiştirmeyi tercih etmeleri beklenmektedir. Şekil 4.12’de görüldüğü üzere vites geçişlerinin başlangıcı olarak seçilen motor devir sayıları 2000 ile 3000 [1/dk] değerleri arasında gözükmektedir. Vites değişim başlangıcı motor devir sayıları hesabında sadece vites arttırma manevraları dikkate alınmıştır. Bu değerlerden 2500 [1/dk] değerinin üzerindeki değerlerde vites değişimi sağlayan sürücüler yüksek motor hızında vites değiştiren sürücüler olarak tanımlanmıştır. 2500 [1/dk] değeri de bulanık mantık algoritmasına vites değişim motor hızı kriteri olarak girilmiştir.



**Şekil 4.12 :** Normal kalibrasyona ait sürüşlerdeki vites geçiş motor hızları.

Yapılan bu çalışmalar ile bulanık mantık algoritmalarına girdi olarak kullanılacak tüm parametreler incelenmiş ve bu parametrelerin üyelik fonksiyonları sınır değerleri belirlenmiştir. Bu sınır değerleri bulanık mantık algoritmasında girdi olarak kullanılmıştır.

Bu bölümde sadece normal sürüş kalibrasyonuna ait veriler incelenmiş ve yorumlanmıştır. Ancak aynı sürücüler için hem agresif hem sakin sürüş kalibrasyonları için de bu analizler yapılmış olup, agresif sürüş kalibrasyonuna ait tüm grafikler Ek B’de, sakin sürüş kalibrasyonuna ait veriler Ek C’de yer almaktadır.

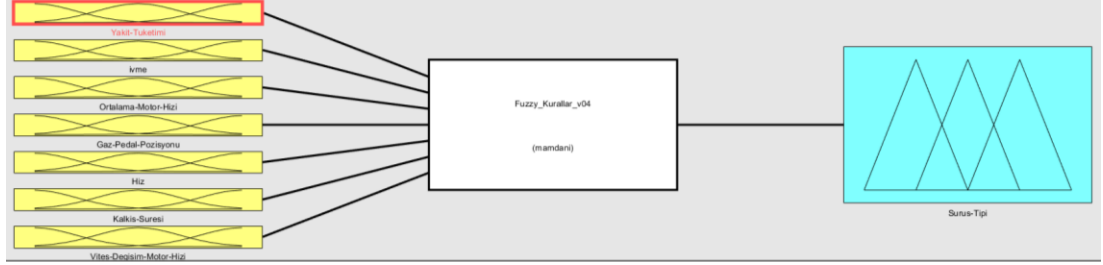
#### 4.2 Bulanık Mantık Algoritması İle Sürücü Tipi Analizi

Bir önceki bölümde normal kalibrasyonlu araçtan alınan sürüş verileri bulanık mantık algoritmasında kullanılmak üzere incelenmiştir. Bu bölümde de bulanık mantık algoritmasının kurulumu anlatılacaktır.

Çalışmalar yapılırken bulanık mantık arayüzü “Fuzzy Tool Box” kullanılmıştır ve aşağıdaki girdiler ile birlikte Şekil 4.13’deki algoritma kurulmuştur. Bu algoritma kurulurken Mamdani yöntemi kullanılmıştır.

- Yakıt tüketimi
- İvme
- Ortalama motor hızı

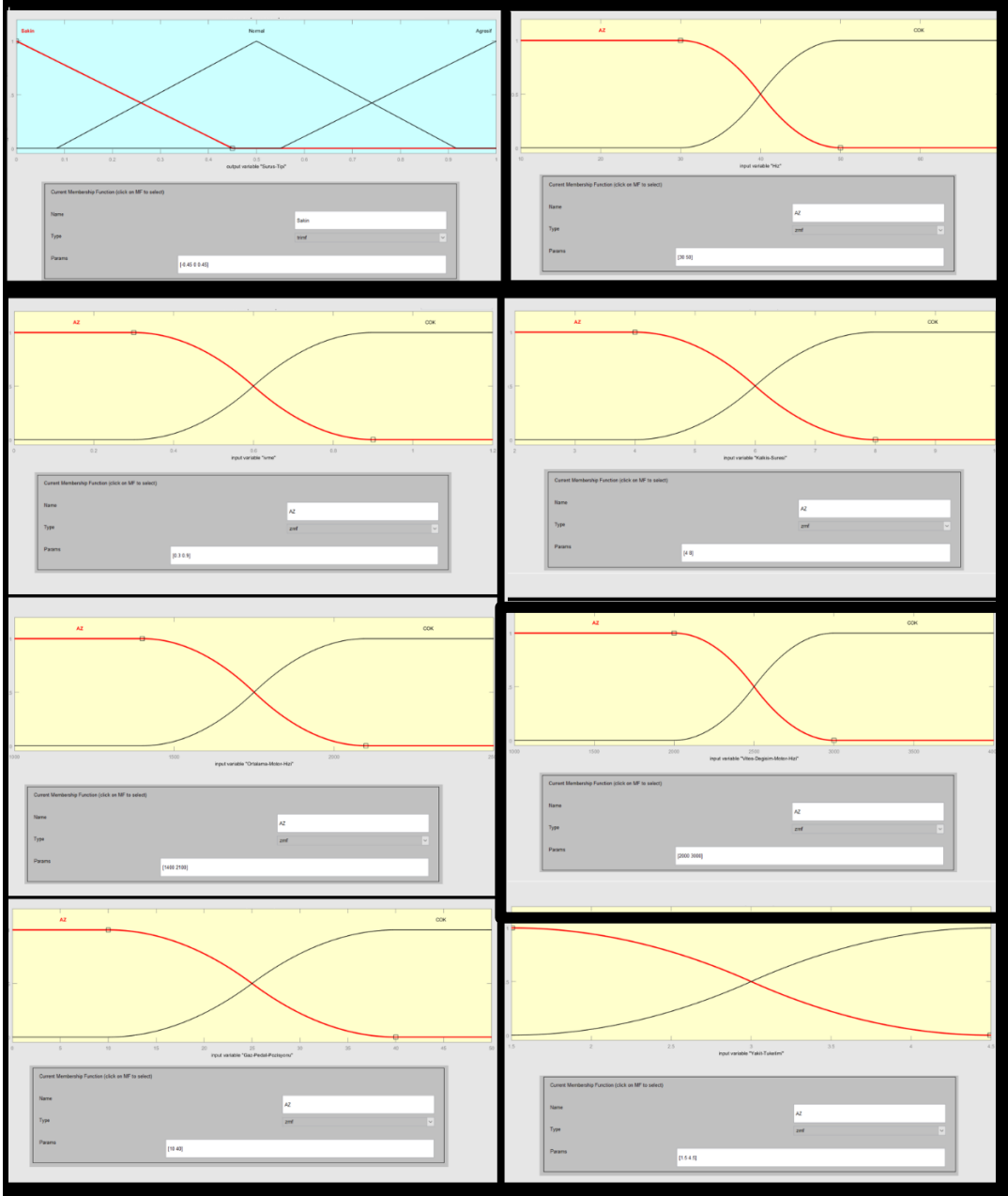
- Gaz pedal pozisyonu
- Taşıt hızı
- Kalkış süresi
- Vites değiştirme motor hızı



**Şekil 4.13** : Bulanık mantık algoritma şeması.

Bulanık mantık sisteminin çıktısı da sürücü agresiflik indeksi olarak tanımlanmıştır. Bu algoritmada girdilere göre sürüş tipi 0 ile 1 arasında değerler alacaktır. Alınan bu değerlerden 0 ile 0.45 arasındaki değerlere sahip olan sürücüler sakin, 0.45 ile 0.60 arasındaki değerlere sahip olan sürücüler normal ve 0.60 üzerindeki değerlere sahip olan sürücüler agresif olarak tanımlanacaktır.

Şekil 4.14’de bulanık mantık algoritmasının girdilerinin ve çıktısının sınır değerleri toplu olarak verilmiştir. Görüleceği üzere tüm bulanık mantık girdilerinin üyelik fonksiyonları ikiye ayrılmıştır. İkiye ayırım noktası bir önceki bölümdeki girdi parametrelerinin analizi sonucunda ortaya çıkmıştır. Sistemin çıktısı agresiflik indeksi ise üç bölgeye ayrılmıştır. Çıktı fonksiyonu bulanık mantık kurallarına göre değerlendirilerek agresiflik indeksi ortaya çıkarmıştır.



**Şekil 4.14 :** Bulanık mantık algoritması girdilerinin ve çıktılarının sınır değerleri.

Kurulan bu algorithmada girdilerin üyelik fonksiyonuna dönüşümünü sağlayabilmek için bulanık mantık kurallarının yazılması gerekmektedir. Kurallar yazılırken, oluşabilecek her durum için çıktı parametresinin ne olacağı ile ilgili tahminler yapılır. Yapılan çalışmada 128 adet kural tanımlanmıştır. Tanımlanan kurallar çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

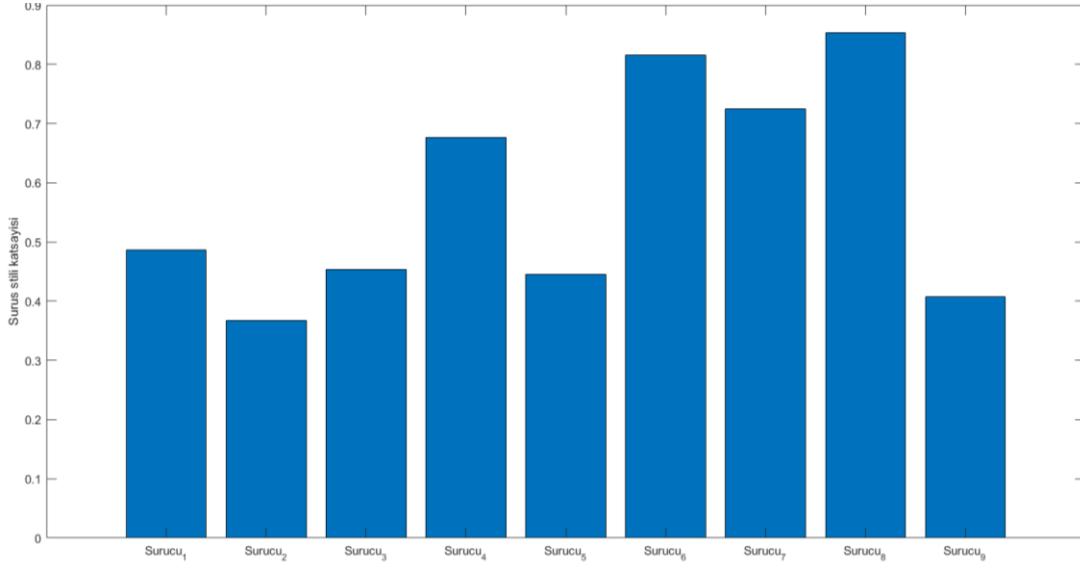
**Çizelge 4.1 : Bulanık mantık algoritması kuralları**

Kural No	Yakıt Tüketimi	İvme	Motor Hızı	Gaz Pedal	Hız	Kalkış Süresi	Vites Geçiş Motor Hızı	Sürücü Tipi
1	Az	Az	Az	Az	Az	Az	Az	Sakin
2	Çok	Az	Az	Az	Az	Az	Az	Sakin
3	Az	Çok	Az	Az	Az	Az	Az	Sakin
4	Az	Az	Çok	Az	Az	Az	Az	Sakin
5	Az	Az	Az	Çok	Az	Az	Az	Sakin
6	Az	Az	Az	Az	Çok	Az	Az	Sakin
7	Az	Az	Az	Az	Az	Çok	Az	Sakin
8	Az	Az	Az	Az	Az	Az	Çok	Sakin
9	Çok	Çok	Az	Az	Az	Az	Az	Agresif
10	Çok	Az	Çok	Az	Az	Az	Az	Agresif
11	Çok	Az	Az	Çok	Az	Az	Az	Normal
12	Çok	Az	Az	Az	Çok	Az	Az	Agresif
13	Çok	Az	Az	Az	Az	Çok	Az	Normal
14	Çok	Az	Az	Az	Az	Az	Çok	Normal
15	Çok	Çok	Çok	Az	Az	Az	Az	Agresif
16	Çok	Çok	Az	Çok	Az	Az	Az	Agresif
17	Az	Çok	Az	Az	Çok	Az	Az	Agresif
18	Az	Çok	Az	Az	Az	Çok	Az	Sakin
19	Az	Çok	Az	Az	Az	Az	Çok	Sakin
20	Az	Az	Çok	Çok	Az	Az	Az	Normal
21	Az	Az	Çok	Az	Çok	Az	Az	Normal
22	Az	Az	Çok	Az	Az	Çok	Az	Normal
23	Az	Az	Çok	Az	Az	Az	Çok	Normal
24	Az	Az	Az	Çok	Çok	Az	Az	Normal
25	Az	Az	Az	Çok	Az	Çok	Az	Normal
26	Az	Az	Az	Çok	Az	Az	Çok	Normal
27	Az	Az	Az	Az	Çok	Çok	Az	Normal
28	Az	Az	Az	Az	Çok	Az	Çok	Normal
29	Az	Az	Az	Az	Az	Çok	Çok	Normal
30	Çok	Çok	Çok	Az	Az	Az	Az	Agresif
31	Çok	Çok	Az	Çok	Az	Az	Az	Agresif
32	Çok	Çok	Az	Az	Çok	Az	Az	Agresif
33	Çok	Çok	Az	Az	Az	Çok	Az	Agresif
34	Çok	Çok	Az	Az	Az	Az	Çok	Agresif
35	Çok	Az	Çok	Çok	Az	Az	Az	Agresif
36	Çok	Az	Çok	Az	Çok	Az	Az	Agresif
37	Çok	Az	Çok	Az	Az	Çok	Az	Agresif
38	Çok	Az	Çok	Az	Az	Az	Çok	Agresif
39	Çok	Az	Az	Çok	Çok	Az	Az	Agresif
40	Çok	Az	Az	Çok	Az	Çok	Az	Normal
41	Çok	Az	Az	Çok	Az	Az	Çok	Normal
42	Çok	Az	Az	Az	Çok	Çok	Az	Agresif

43	Çok	Az	Az	Az	Çok	Az	Çok	Agresif
44	Çok	Az	Az	Az	Az	Çok	Çok	Normal
45	Az	Çok	Çok	Çok	Az	Az	Az	Agresif
46	Az	Çok	Çok	Az	Çok	Az	Az	Agresif
47	Az	Çok	Çok	Az	Az	Çok	Az	Agresif
48	Az	Çok	Çok	Az	Az	Az	Çok	Agresif
49	Az	Çok	Az	Çok	Çok	Az	Az	Agresif
50	Az	Çok	Az	Çok	Az	Çok	Az	Agresif
51	Az	Çok	Az	Çok	Az	Az	Çok	Agresif
52	Az	Çok	Az	Az	Çok	Çok	Az	Agresif
53	Az	Çok	Az	Az	Çok	Az	Çok	Agresif
54	Az	Çok	Az	Az	Az	Çok	Çok	normal
55	Az	Az	Çok	Çok	Çok	Az	Az	Agresif
56	Az	Az	Çok	Çok	Az	Çok	Az	Agresif
57	Az	Az	Çok	Çok	Az	Az	Çok	Agresif
58	Az	Az	Çok	Az	Çok	Çok	Az	Agresif
59	Az	Az	Çok	Az	Çok	Az	Çok	Agresif
60	Az	Az	Çok	Az	Az	Çok	Çok	Normal
61	Az	Az	Az	Çok	Çok	Çok	Az	Sakin
62	Az	Az	Az	Çok	Çok	Az	Çok	Sakin
63	Az	Az	Az	Çok	Az	Çok	Çok	Sakin
64	Az	Az	Az	Az	Çok	Çok	Çok	Normal
65	Çok	Çok	Çok	Çok	Az	Az	Az	Agresif
66	Çok	Çok	Çok	Az	Çok	Az	Az	Agresif
67	Çok	Çok	Çok	Az	Az	Çok	Az	Agresif
68	Çok	Çok	Çok	Az	Az	Az	Çok	Agresif
69	Çok	Çok	Az	Çok	Çok	Az	Az	Agresif
70	Çok	Çok	Az	Çok	Az	Çok	Az	Agresif
71	Çok	Çok	Az	Çok	Az	Az	Çok	Agresif
72	Çok	Çok	Az	Az	Çok	Çok	Az	Agresif
73	Çok	Çok	Az	Az	Çok	Az	Çok	Agresif
74	Çok	Çok	Az	Az	Az	Çok	Çok	Agresif
75	Çok	Az	Çok	Çok	Çok	Az	Az	Agresif
76	Çok	Az	Çok	Çok	Az	Çok	Az	Agresif
77	Çok	Az	Çok	Çok	Az	Az	Çok	Agresif
78	Çok	Az	Çok	Az	Çok	Çok	Az	Agresif
79	Çok	Az	Çok	Az	Çok	Az	Çok	Agresif
80	Çok	Az	Çok	Az	Az	Çok	Çok	Agresif
81	Çok	Az	Az	Çok	Çok	Çok	Az	Agresif
82	Çok	Az	Az	Çok	Çok	Az	Çok	Agresif
83	Çok	Az	Az	Çok	Az	Çok	Çok	Normal
84	Çok	Az	Az	Az	Çok	Çok	Çok	Agresif
85	Az	Çok	Çok	Çok	Çok	Az	Az	Agresif
86	Az	Çok	Çok	Çok	Az	Çok	Az	Agresif
87	Az	Çok	Çok	Çok	Az	Az	Çok	Agresif
88	Az	Çok	Çok	Az	Çok	Çok	Az	Agresif

89	Az	Çok	Çok	Az	Çok	Az	Çok	Agresif
90	Az	Çok	Çok	Az	Az	Çok	Çok	Agresif
91	Az	Çok	Az	Çok	Çok	Çok	Az	Agresif
92	Az	Çok	Az	Çok	Çok	Az	Çok	Agresif
93	Az	Çok	Az	Çok	Az	Çok	Çok	Agresif
94	Az	Çok	Az	Az	Çok	Çok	Çok	Agresif
95	Az	Az	Çok	Çok	Çok	Çok	Az	Agresif
96	Az	Az	Çok	Çok	Çok	Az	Çok	Normal
97	Az	Az	Çok	Çok	Az	Çok	Çok	Normal
98	Az	Az	Çok	Az	Çok	Çok	Çok	Agresif
99	Az	Az	Az	Çok	Çok	Çok	Çok	Normal
100	Çok	Çok	Çok	Çok	Çok	Az	Az	Agresif
101	Çok	Çok	Çok	Çok	Az	Çok	Az	Agresif
102	Çok	Çok	Çok	Çok	Az	Az	Çok	Agresif
103	Çok	Çok	Çok	Az	Çok	Çok	Az	Agresif
104	Çok	Çok	Çok	Az	Çok	Az	Çok	Agresif
105	Çok	Çok	Çok	Az	Az	Çok	Çok	Agresif
106	Çok	Çok	Az	Çok	Çok	Çok	Az	Agresif
107	Çok	Çok	Az	Çok	Çok	Az	Çok	Agresif
108	Çok	Çok	Az	Çok	Az	Çok	Çok	Agresif
109	Çok	Çok	Az	Az	Çok	Çok	Çok	Agresif
110	Çok	Az	Çok	Çok	Çok	Çok	Az	Agresif
111	Çok	Az	Çok	Çok	Çok	Az	Çok	Agresif
112	Çok	Az	Çok	Çok	Az	Çok	Çok	Agresif
113	Çok	Az	Çok	Az	Çok	Çok	Çok	Agresif
114	Çok	Az	Az	Çok	Çok	Çok	Çok	Agresif
115	Az	Çok	Çok	Çok	Çok	Çok	Az	Agresif
116	Az	Çok	Çok	Çok	Çok	Az	Çok	Agresif
117	Az	Çok	Çok	Çok	Az	Çok	Çok	Agresif
118	Az	Çok	Çok	Az	Çok	Çok	Çok	Agresif
119	Az	Çok	Az	Çok	Çok	Çok	Çok	Agresif
120	Az	Az	Çok	Çok	Çok	Çok	Çok	Agresif
121	Çok	Çok	Çok	Çok	Çok	Çok	Az	Agresif
122	Çok	Çok	Çok	Çok	Çok	Az	Çok	Agresif
123	Çok	Çok	Çok	Çok	Az	Çok	Çok	Agresif
124	Çok	Çok	Çok	Az	Çok	Çok	Çok	Agresif
125	Çok	Çok	Az	Çok	Çok	Çok	Çok	Agresif
126	Çok	Az	Çok	Çok	Çok	Çok	Çok	Agresif
127	Az	Çok	Çok	Çok	Çok	Çok	Çok	Agresif
128	Çok	Çok	Çok	Çok	Çok	Çok	Çok	Agresif

Agresiflik endeksi normal kalibrasyon ile tüm sürücülere uygulandığında şekil 4.15'deki gibi ortaya çıkmaktadır. Buna göre test aracı normal kalibrasyon ile kullanıldığında agresif sürücüler 4,6 ve 8 numaralı sürücüler iken normal sürücüler 1,3,5 ve 9 numaralı sürücülerdir. 2 numaralı sürücü ise sakin kullanıcı sınıfına girmiştir.



Şekil 4.15 : Normal sürüş kalibrasyonu için sınıflandırma sonuçları.

### 4.3 Sürülebilirlik Kalibrasyonunun Sürücü Sınıflandırılmasına Etkisi

Bir önceki bölümde normal sürüş kalibrasyonu ile alınan veriler incelenerek her bir sürücünün stili ve agresiflik endeksi belirlenmiştir. Bu bölümde ise aynı bulanık mantık yöntemi kullanılarak, aynı sürücülerin farklı sürüş kalibrasyonları ile yaptıkları sürüşler incelenmiştir. Böylelikle kalibrasyon değişikliğinin sürücü davranışına olan etkileri görülmüştür. Sürücülerin herbiri için hangi kalibrasyonun daha uygun olduğu anlaşılmış ve bu algoritma yardımı ile sürücünün karakterine uygun kalibrasyon seçimi otomatik olarak yapılmıştır. Bu da hem sürüş konforu hem performans hem de yakıt tüketimi açısından her sürüş esnasında kullanıcı deneyimlerinin iyileşmesini sağlayacaktır. Bu amaçla aynı 9 sürücü 3 ayrı kalibrasyon ile aynı rotada aynı aracı kullanırken elde edilen verilere göre karşılaştırma yapılmıştır.

Agresif sürüş kalibrasyonu daha yüksek performans sağlayan ancak yakıt tüketimini daha fazla olduğu bir kalibrasyondur. Yüksek anlık ivmeler de sürüş konforunun daha az olmasına sebep olabilir. Sakin sürüş kalibrasyonunda ise bunun tam tersi olarak

daha az ivmelenme hissiyatı olur. Buna karşı olarak da yakıt tüketimi daha iyidir ve sürüş daha konforludur.

Yapılan değişiklikler ortalama taşıt hızlarını, ortalama motor devir sayılarını, ortalama ivmeleri, ortalama pedal pozisyonlarını, vites geçiş motor devir sayılarını ve yakıt tüketimini etkilemiştir. Bu sebeple bulanık mantık sisteminin girdileri olan bu parametrelerin tekrar analizi yapılmıştır. Yapılan analiz Ek C ve Ek D' de paylaşılmıştır. Kullanılan sınır değerleri değiştirilerek yeni bir bulanık mantık sistemi kurulmuştur. Ancak bulanık mantık sisteminin 128 adet olan kuralları değiştirilmemiştir. Yeni bulanık mantık sistemi ile her sürücü tekrar analiz edilmiş ve sınıflara ayrılmıştır.

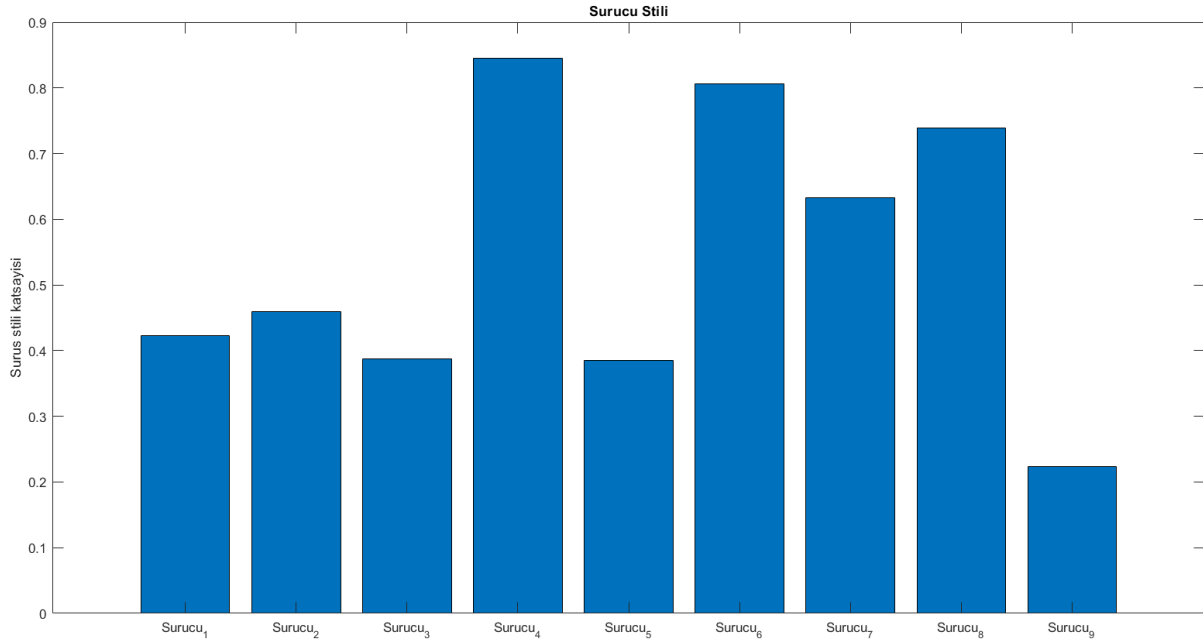
Çizelge 4.2'de her sürüş tipi için kurulan bulanık mantık algoritmasının sınır değerlerinin girdilerinin karşılaştırılması görülmektedir. Buna göre yakıt tüketimleri için kırımın değerleri her kalibrasyonda sabit kalmıştır. İvme değerlendirmesi sınır değeri agresif sürüş kalibrasyonu ve sakin sürüş kalibrasyonu için normal sürüş kalibrasyonuna göre daha fazladır. Ortalama motor hızı, gaz pedal pozisyonu, taşıt hızı, kalkış süresi ve vites geçiş motor hızı çok büyük değişiklikler göstermemiştir.

**Çizelge 4.2 :** Tüm sürüş tipleri için kurulan bulanık mantık sınır değerleri.

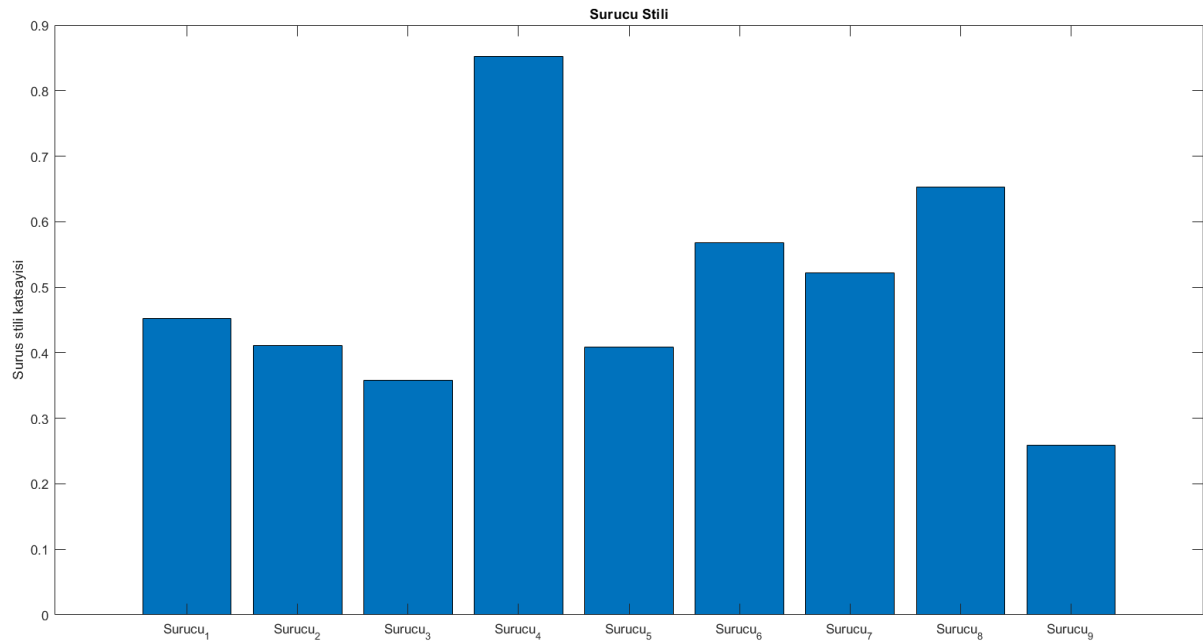
Parametre	Normal Sürüş Kalibrasyonu	Agresif Sürüş Kalibrasyonu	Sakin Sürüş Kalibrasyonu
Yakıt Tüketimi [L]	3	3	3
İvme [ $m/s^2$ ]	0.6	0.75	0.75
Ortalama Motor Hızı [RPM]	1750	1750	1800
Gaz Pedal Pozisyonu [%]	25	25	25
Taşıt Hızı [km/h]	40	40.5	40.5
Kalkış Süresi [s]	6	5.25	6.25
Vites Geçiş Motor Hızı [RPM]	2500	2750	2250

Şekil 4.16'da sakin sürüş kalibrasyonu ile aynı sürücülerin sınıflandırmasının sonuçları görülmektedir. Şekil 4.17'de ise agresif sürüş kalibrasyonu ile aynı sürücülerin sınıflandırmasının sonuçları görülmektedir. Buna göre agresif sürüş kalibrasyonunda 4,6,7 ve 8 numaralı sürücüler agresif sürücü sınıfındadır. 3, 5 ve 9 numaralı sürücüler sakin sürücülerdir. 1 ve 2 numaralı sürücüler ise normal sürücülerdir. Sakin sürüş kalibrasyonu için yapılan bulanık mantık analizinde 4 ve 8

numaralı sürücüler agresif sürücü sınıfındadır. 2, 3 ve 9 numaralı sürücüler sakin sürücülerdir. 1, 5 ve 7 numaralı sürücüler ise normal sürücülerdir.



Şekil 4.16 : Sakin sürüş kalibrasyonu için sınıflandırma sonuçları.



Şekil 4.17 : Agresif sürüş kalibrasyonu için sınıflandırma sonuçları.

Yapılan analizlerin sonucunda elde edilen tüm sürüş kalibrasyonları için sürücülerin sınıflandırılması ve agresiflik indeksleri çizelge 4.3'te görülmektedir. Bu çizelgede görüldüğü üzere hiçbir sürücünün sınıflandırma sonuçları üç kalibrasyonda da farklı çıkmamıştır. Bu sonuç yapılan analizlerin tutarlı olduğunu göstermektedir. Bir sürücü üç farklı kalibrasyon sürüşünün ikisinde aracı aynı karakterde sürüyorsa, o sürücüyü nihai sınıflandırma kümesine dahil edebiliriz. Buradan anlaşılacağı üzere, 1,2 ve 5 numaralı sürücü normal sürüş stiline sahipken, 3 ve 9 numaralı sürücü sakin sürüş stiline sahiptir. Sürücülerden 4, 6, 7 ve 8 numaralı olanlar ise agresif sürücülerdir. Bu bağlamda yapılan nihai sonuçlara göre sürücüler kendilerine uyan kalibrasyon değerleri ile taşıtlarını sürebilirler. Dolayısıyla bu çalışmada sürücü sınıflandırmasını yapan ve uygun kalibrasyonun kullanılmasını sağlayan bir algoritma geliştirmiştir ve güvenilir sonuçlar vermektedir.

**Çizelge 4.3 : Sürücülerin tüm sınıflandırılmalarının sonuçları.**

Sürücü	Normal Sürüş Kalibrasyonu		Agresif Sürüş Kalibrasyonu		Sakin Sürüş Kalibrasyonu	
	Sürüş Sınıfı	Agresiflik İndeksi	Sürüş Sınıfı	Agresiflik İndeksi	Sürüş Sınıfı	Agresiflik İndeksi
1	Normal	0.487	Normal	0.423	Normal	0.452
2	Sakin	0.368	Normal	0.459	Normal	0.411
3	Normal	0.453	Sakin	0.388	Sakin	0.358
4	Agresif	0.677	Agresif	0.844	Agresif	0.852
5	Normal	0.445	Sakin	0.385	Normal	0.408
6	Agresif	0.816	Agresif	0.807	Normal	0.568
7	Agresif	0.725	Agresif	0.633	Normal	0.522
8	Agresif	0.853	Agresif	0.74	Agresif	0.653
9	Normal	0.407	Sakin	0.223	Sakin	0.259



## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada amaçlar doğrultusunda ilk olarak deneysel yöntemlerle araçlardan veri toplamak için test planı yapılmıştır. Bunun için normal sürüş sağlayan kalibrasyonun yanında agresif sürüş sağlayan bir kalibrasyon ve daha sakin sürüş sağlayan bir kalibrasyonlar da geliştirilmiştir. Geliştirilen bu üç kalibrasyon sırası ile aracın içerisindeki kontrolcü yazılımına gömülmüştür. Bunun ardından dokuz sürücü aynı aracı üç farklı kalibrasyonla sürmüştür ve toplam 27 adet sürüş verisi elde edilmiştir.

Bu sürüş verilerini incelemek ve anlamlı sonuçlara dönüştürmek için çeşitli veri işleme metotları kullanılarak sürüş verisi anlamlı verilere dönüştürülmüştür. Bu işlemleri yapan manevre ayrımı sağlayan algoritma, manevralardaki önemli parametreleri inceleyebilme kabiliyetinde sahiptir.

Buna paralel olarak sınıflandırma yöntemi olarak bulanık mantık yöntemi kullanılmıştır. Öncelikli olarak hem literatür araştırmaları hem de elde edilen verilere dayanarak bulanık mantık algoritmasının girdileri sırasıyla yakıt tüketimi, ivme, ortalama motor hızı, ortalama gaz pedal pozisyonu, ortalama taşıt hızı, ortalama kalkış süresi ve vites geçiş motor hızı olarak alınmıştır. Buna ek olarak 128 adet bulanık mantık kuralı geliştirilmiştir. Üç farklı kalibrasyon ile alınan verileri ayrı ayrı incelemek için üç ayrı bulanık mantık algoritması geliştirilse de bulanık mantık algoritmasının girdileri ve kuralları sabit bırakılmıştır. Üç farklı kalibrasyonda elde edilen verilerin dağılımlarının farklı çıkması tahmin edilmiş ve bu sebep ile üç farklı bulanık mantık algoritması kullanılmıştır. Bulanık mantık algoritmalarının tek farkı girdilerin üyelik fonksiyonları için atanan sınır değerlerinin farklı olmasıdır. Sonuç olarak her bir farklı kalibrasyon, o kalibrasyon için özel geliştirilmiş bulanık mantık algoritmasına sokulmuştur. Bunun sonucunda her bir sürücünün üç farklı kalibrasyonda gösterdikleri sürüş stilleri belirlenmiştir.

Otomatik olarak araçtan alınan veriyi işleyen algoritma ile bulanık mantık algoritmasını birleştiren ve nihai olarak sürüş stili sınıflandırması yapan ve sürücülerin agresiflik endekslerini ortaya çıkaran bir yazılım daha geliştirilmiştir.

Yapılan sınıflandırma sonucu elde edilen veriler analiz edildiğinde sürüş kalibrasyonunun değişmesinin sürücü davranışlara etkisi olduğu görülmüştür fakat bu etki sürücüden sürücüye farklılık göstermektedir. Örneğin, 3 numaralı sürücü normal sürüş kalibrasyonu ile normal sürüş stiline sahip bir davranış göstermiştir. Agresif sürüşü destekleyen kalibrasyon ile yaptığı sürüşte, aracın davranışları daha agresif hale geldiği için sürücü buna uyum sağlayamayarak kendi davranışlarını daha da sakin hale getirmiştir. Buna karşın aynı sürücü sakin sürüş kalibrasyonu ile yaptığı testte, bu kalibrasyona uyum sağlamıştır ve yine sakin sürücü olarak sınıflandırılmıştır. Dolayısıyla bu sürücünün sakin bir sürücü olduğu ortaya çıkmaktadır. Diğer sürücülerin de tüm kalibrasyonlardaki durumları incelenmiştir. İki veya üç kalibrasyonda aynı sürüş sınıfına dahil olan sürücülerin sürüş stilleri ilgili sınıfa aittir. Bu değerlendirmeler yapıldığında sırası ile 1, 2 ve 5 numaralı sürücü normal sürüş stiline, 3 ve 9 numaralı sürücü sakin sürüş stiline 4,6,7 ve 8 numaralı sürücüler ise agresif sürüş stiline sahiptir.

Sonuç olarak çalışmanın asıl amacı olan sürücülerin sınıflandırma ve prediktif olarak sürücülere uygun kalibrasyonu belirleme algoritması geliştirilmiştir. Bu süreçte de deneysel test yöntemlerinin tasarlanması, kalibrasyon geliştirme çalışmaları, veri işleme metotlarının geliştirilmesi, sürüş manevralarının otomatik olarak tanımlanması ve bulanık mantık algoritması kurulumu hakkında çalışmalar yapılmıştır. Kalibrasyon değişikliklerinin sürücü davranışlarına olan etkisi incelenmiştir.

Gelecekte sürücülerin sınıflandırılması için yapılacak çalışmalarda farklı özellikteki araçlarda bulanık mantık yöntemlerinin uygulanması çalışması yapılabilir. Böylelikle tüm araçlar için ortak bulanık mantık algoritma girdileri belirlenebilir ve bu girdilerin sınırları da tüm araçları kapsayacak şekilde düzenlenebilir. Buna ek olarak, sürücülerin sınıflandırmasının yanında sürücülerin özelliklerine göre sürekli kendini adapte eden kalibrasyon geliştirme sistemleri geliştirilerek, sadece önceden belirlenmiş kalibrasyon parametrelerine değil, sürüş esnasında sürekli olarak kendini yenileyen kalibrasyon yazılımları geliştirilebilir. Buna ek olarak doğrusal yöndeki hareketin yanında yanal hareketlere ait sınıflandırma parametreleri geliştirilebilir.

## KAYNAKLAR

- [1] **Y. Murphey, R. Milton ve L. Kiliaris.** (2009). Driver's Style Classification Using Jerk Analysis, *Workshop on Computational Intelligence in Vehicles and Vehicular Systems (IEEE)* .
- [2] **R. Langari ve J. Won.** (2005). Intelligent Energy Management Agent for a Parallel Hybrid Vehicle Part I: System Architecture and Design of the Driving Situation Identification Process river's Style Classification Using Jerk Analysis, *Transactions On Vehicular Technology (IEEE)*, Vol. 54, No. 3.
- [3] **P. Ping, W. Qin, Y. Xu, C. Miyajima ve K. Takeda** (2019). Impact of Driver Behavior on Fuel Consumption: Classification, Evaluation and Prediction Using Machine Learning, *IEEE Access*, Vol. 7, No. 1109.
- [4] **K. Zinebi, N. Soussi ve K. Tikito.** (2017). Driver behavior quantitative models: Identification and classification of variables, *2017 International Symposium on Networks, Computers and Communications (ISNCC)*, 16-18 May, Marrakech, Morocco.
- [5] **B. Sun, W. Deng, J. Wu, Y. Li, B. Zhu ve L. Wu.** (2017). Research on the Classification and Identification of Driver's Driving Style, *10th International Symposium on Computational Intelligence and Design*.
- [6] **Z. Cheng, L. Jeng. ve K. Li.** (2018). Behavioral Classification of Drivers for Driving Efficiency Related ADAS Using Artificial Neural Network, *2018 International Conference on Advanced Manufacturing (IEEE)*.
- [7] **C. Quintero, J. Lopez. ve A. Pinilla.** (2012). BDriver Behavior Classification Model based on an Intelligent Driving Diagnosis System, *15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation System*, Alaska, USA, September 16-19.
- [8] **S. Fernandez ve T. Ito.** (2016). Driver Classification for Intelligent Transportation Systems using Fuzzy Logic, *19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, Rio de Janeiro, Brazil, November 1-4.
- [9] **G. Dongarkar ve M. Das** (2012). Driver Classification for Optimization of Energy Usage in a Vehicle, *Procedia Computer Science* 8, 388 – 393.
- [10] **Y. Zheng, R. Chase, L. Elefteriadou, V. Sisiopiku ve B. Schroeder.** (2017). Driver types and their behaviors within a high level of pedestrian activity environment, *Transportation Letters*, 9:1, 1-11, January.

- [11] **E. Cheung, A. Bera ve D. Manocha.** (2018). Efficient and Safe Vehicle Navigation Based on Driver Behavior Classification, *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops(IEEE/CVF)*.
- [12] **M. Sundbom, P. Falcone ve J. Sjöberg.** (2013). Online Driver Behavior Classification Using Probabilistic ARX Models, *16th International IEEE Annual Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, Netherlands, October 6-9.
- [13] **M. Bernardi, M. Cimitile, F. Martinelli ve F. Mercaldo.** (2018). Driver Identification: a Time Series Classification Approach, *International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*, 2161-4407, 8-13 July, Rio de Janeiro, Brazil
- [14] **S. Krishnan, R. Sunitha ve P. Pathiyil.** (2016). Driver Classification for Hybrid Electric Vehicles Based on Fuel Consumption Index, *International Conference on Computation of Power, Energy Information and Communication (ICCPEIC)*.
- [15] **S. Ciceo, Y. Mollet, M. Sarrazin, J. Gyselinck, H. Auwarer ve C. Martiş.** (2016). Model-Based Design and Testing for Electric Vehicle Driveability Analysis, *16th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC)*, 7-10 June 2016, Florence, Italy.
- [16] **P. Liu, A. Kurt ve Ü. Özgüner.** (2014). Trajectory Prediction of a Lane Changing Vehicle Based on Driver Behavior Estimation and Classification, *17th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, October 8-11, 2014. Qingdao, China.
- [17] **N. Lin, C. Zong, M. Tomizuka, P. Song, Z. Zhang ve G. Li.** (2014). An Overview on Study of Identification of Driver Behavior Characteristics for Automotive Control, *Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering*, Volume 2014
- [18] **N. Lin, C. Zong, M. Tomizuka, P. Song, Z. Zhang ve G. Li.** (2014). An Overview on Study of Identification of Driver Behavior Characteristics for Automotive Control, *Hindawi Publishing Corporation Mathematical Problems in Engineering*, Volume 2014
- [19] **D. Zhang.** (2017). Vehicle Parameters Estimation and Driver Behavior Classification for Adaptive Shift Strategy of Heavy Duty Vehicles, *All Dissertations*, 1955
- [20] **C. Ziya.** (2016). Model Based Driveline Analysis And Controller Development For Improved Driveability (Doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [21] **M. Arslan.** (2016). Ticari Taşıt Aerodinamiğinin Temelleri ve Sayısal Yöntemlerle İncelenmesi (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [22] **W. Pulkrabek.** (1997). *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*, Upper Saddle River, NJ :Pearson/Prentice Hall.
- [23] **M. Sağaner.** (2011). Motor Güç Eğrisinin Emisyon ve Yakıt Tüketimi Üzerine Etkisi. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

## **EKLER**

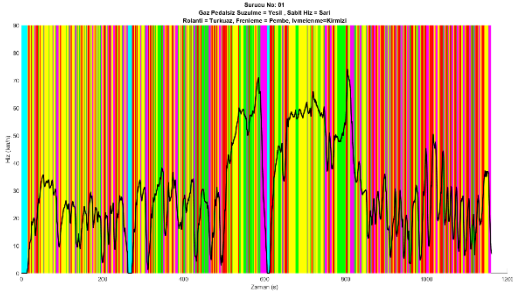
**EK A:** Her sürücüye ait renklendirilmiş sürüş hız profilleri

**EK B:** Agresif sürüş kalibrasyonuna ait parametre grafikleri

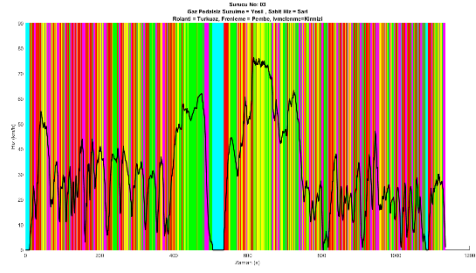
**EK C:** Sakin sürüş kalibrasyonuna ait parametre grafikleri



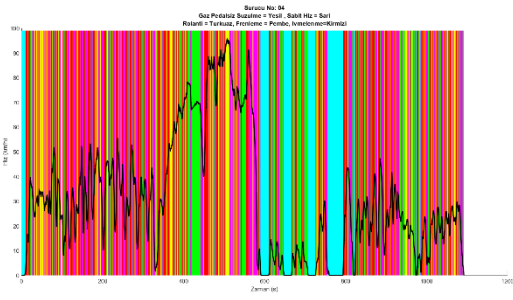
# EKA



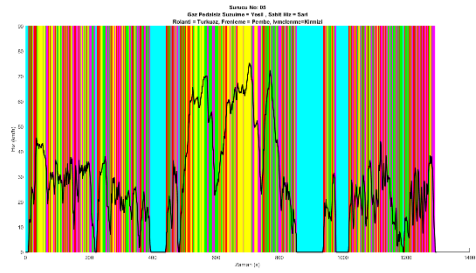
(a)



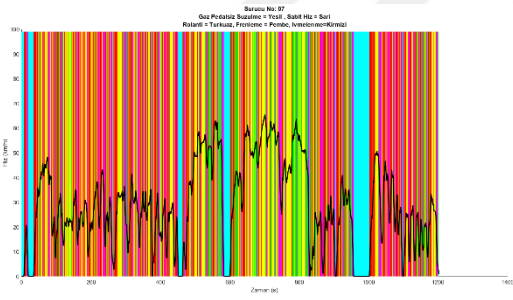
(b)



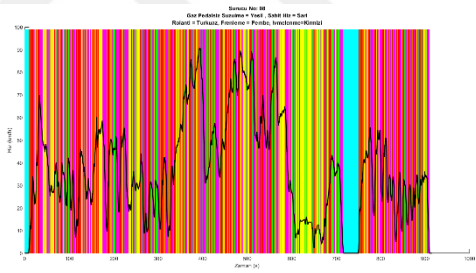
(c)



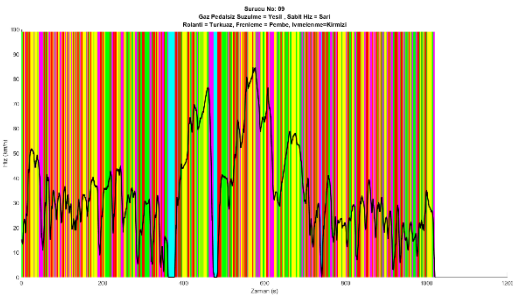
(d)



(e)



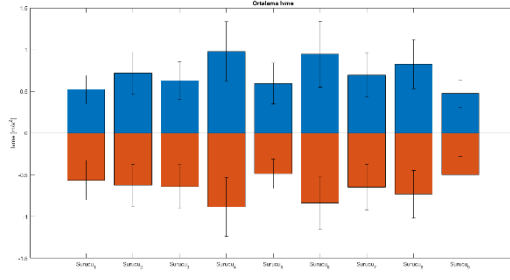
(f)



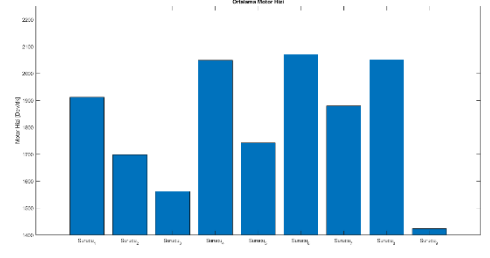
(g)

**Şekil A.1 :** Tüm sürücülere ait renklendirilmiş sürüş profilleri (a) Üçüncü sürücü. (b) Dördüncü sürücü. (c) Beşinci sürücü . (d) Yedinci sürücü . (e) Sekizinci sürücü. (f) Dokuzuncu sürücü.

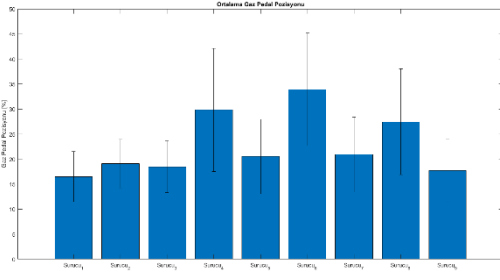
## EK B



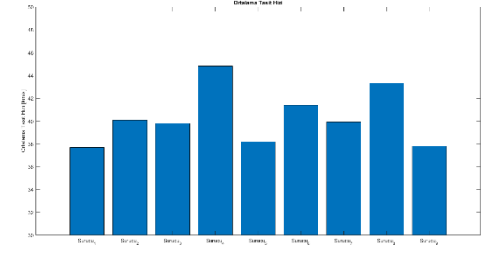
(a)



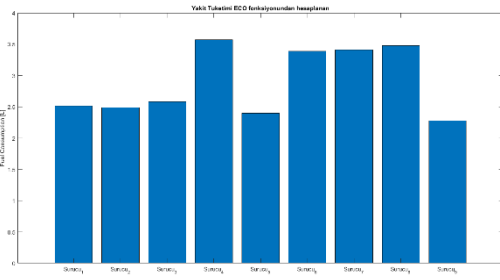
(b)



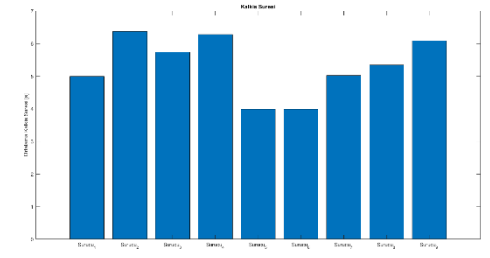
(c)



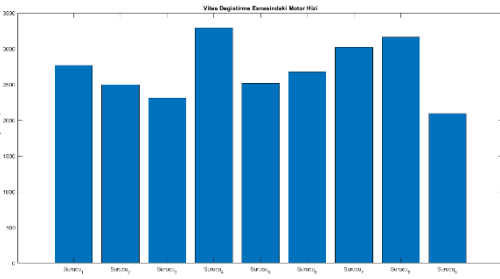
(d)



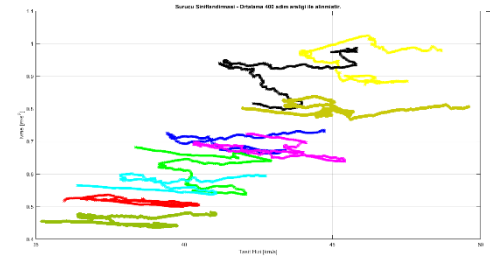
(e)



(f)



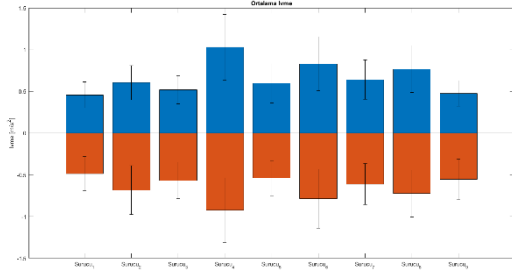
(g)



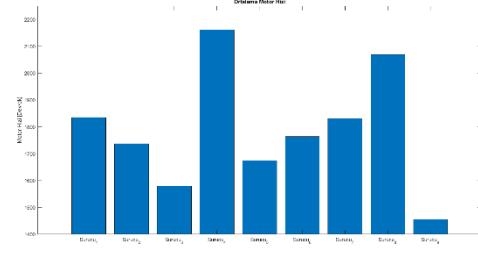
(h)

**Şekil B.1 :** Agresif kalibrasyon ile yapılan sürüşe ait veriler (a) İvme. (b) Motor hızı. (c) Gaz pedal pozisyonu. (d) Taşıt Hızı. (e) Ortalama yakıt tüketimi. (f) Kalkış süresi. (g) Vites değişim motor hızı. (h) İvme ve taşıt hızı grafiği.

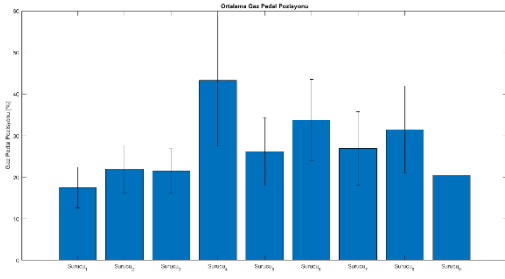
## EK C



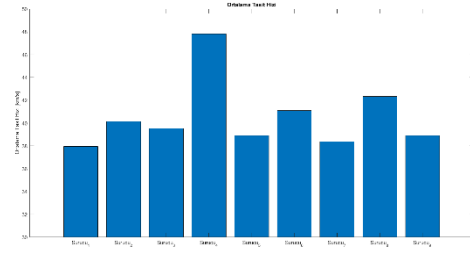
(a)



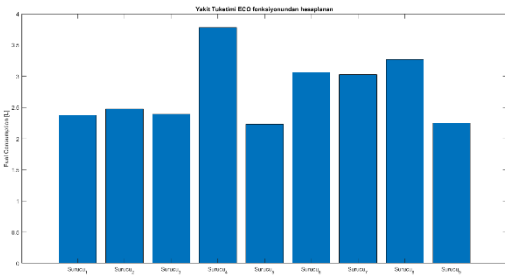
(b)



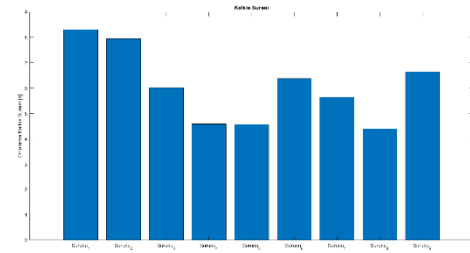
(c)



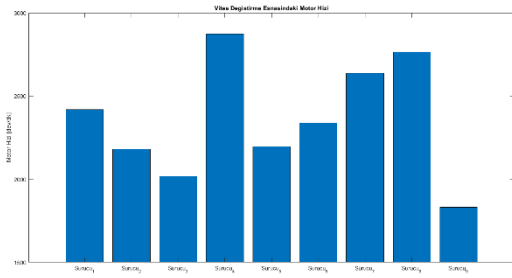
(d)



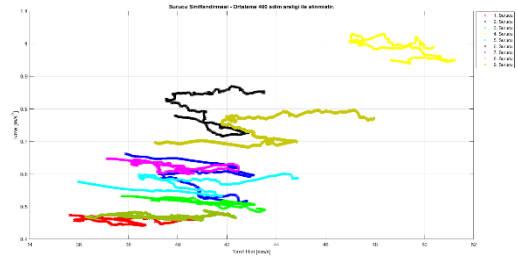
(e)



(f)



(g)



(h)

**Şekil C.1** : Sakin kalibrasyon ile yapılan sürüşe ait veriler (a) İvme. (b) Motor hızı. (c) Gaz pedal pozisyonu. (d) Taahhüt Hızı. (e) Ortalama yakıt tüketimi. (f) Kalkış süresi. (g) Vites değişimi motor hızı. (h) İvme ve taahhüt hızı grafiği.

## ÖZGEÇMİŞ

**Ad-Soyad** : Samet Akşit  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 24.08.1992 - Bursa  
**E-posta** : aksit.sam@gmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans:** 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makina Mühendisliği

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2015-2016 – Elektrikli taşıt tasarımı ve imalatı
- 2016 – ... - Kalibrasyon mühendisliği