

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**



**FORMULA 1 YARIŞLARI SIRALAMA
TURLARINDA GÜVENLİ ARAÇ GEÇİŞİ İÇİN
ERKEN UYARI SİSTEMİ**

Hüseyin Eyupcan ASLAN
2221039850

Danışman: Arş. Gör. Dr. Elif Merve KÜÇÜKÖNER

Isparta, 2024

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın tamamlanmasında değerli katkıları ve rehberliği için Arş. Gör. Dr. Elif Merve KÜÇÜKÖNER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Proje konusunun belirlenmesinden sonuçların değerlendirilmesine kadar olan süreçte gösterdiği sabır ve anlayış için kendisine minnettarım.

Ayrıca, simülasyon çalışmasındaki yardımları için Yazılım Mühendisi Zeynep Gül ASLAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Desteği ve uzmanlığı, bu çalışmanın tamamlanmasında önemli bir rol oynamıştır.

ÖZET

Bu çalışmanın amacı Formula 1 Yarışları Sıralama turlarında yaşanan zorunlu araç geçişlerindeki kaza riskini azaltmaktır. Bunun için pilot ve pit ekibine geçişten önce bilgi veren bir sistem geliştirilmiştir. Çalışmada araçların geçmiş yıllardaki tur süreleri örnek alınarak olası konumları tespit edilmiştir. Bu konumda bulunan ve kurallar gereğince yol vermek zorunda olan hazırlık turundaki araçlara geçişten 10 saniye önce bilgi verilecektir. Simülasyonda MATLAB programının grafik gösterimi kullanılarak Tracker ekranı oluşturulmuştur. Dört adet yarış aracı piste yerleştirilmiş ve hız turundaki araç ile hazırlık turundaki araçlar arasındaki olası geçiş zamanları hesaplanmıştır. Simülasyon İtalya’da bulunan Monza Yarış Pistine göre hazırlanmıştır. Geliştirilen sistem ile yarışların sıralama turları daha güvenli yapılabilecektir. Bu çalışma Formula 1 yarışlarında yaşanan araç geçiş problemlerine etkili bir çözüm sunmaktadır.

ABSTRACT

This study aim of is to reduce the risk of accidents during mandatory overtaking in Formula One qualifying. This purpose a system has been developed to inform the driver and pit crew before the overtaking occurs. The study possible positions of the cars have been determined by using lap times from previous years as a reference. Vehicles on preparation laps that are in these positions and are required to yield according to the rules will be informed 10 seconds before the overtaking. In the simulation, a tracker screen was created using the graphical representation of the MATLAB program. Four race cars were placed on the track, and the possible transition times between the vehicle in the speed lap and the vehicles in the preparation lap were calculated. Simulation is based on the Monza Race Track in Italy. Developed system with qualifying sessions of the races can be conducted more safely. This study offers an effective solution to the overtaking problems encountered in Formula One races.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
TABLOLAR DİZİNİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİSİ.....	2
3. FORMULA 1 TARİHİ BOYUNCA GELİŞTİRİLEN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ	3
4. SIRALAMA TURUNDA KULLANILAN MEVCUT SİSTEM.....	6
4.1. Sıralama Turları	6
4.2. Pilot ve Pit Duvarının İletişimi	7
4.3. Formula 1 2023 Sezonunda Yarışların Sıralama Turlarında Verilen Grid Cezaları	7
5. SIRALAMA TURLARININ SİMÜLASYONU VE PROGRAMLAMA	8
5.1. Simülasyon Programının Çalışma Blokları.....	8
5.1.1. Pistin Çizilmesi ve Markerların Oluşturulması	8
5.1.2. Markerların Grafik üzerinde Hareket Ettirilmesi.....	8
5.1.3. Marker Geçiş Sürelerinin Simülasyonda Hesaplanması.....	9
5.2. MATLAB GUI Arayüzüyle Yarış Simülasyonu	12
5.3. Araç Geçiş Süresinin Gerçek Bir Yarışta Hesaplanması	15
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	16
7. YAYGIN ETKİ	17
8. KAYNAKÇA.....	18
9. EKLER.....	21
9.1. Ek-1	21

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. 2009 Renault R29 Aracı monokok gövdesi	3
Şekil 2.2. 2021 L. Hamilton- M. Verstappen Kazası	4
Şekil 2.3. Formula 1 Güvenlik Aracı	4
Şekil 3.1. İtalya GP F1 TV izleme ekranı	6
Şekil 4.1. Pist ve araç izleme ekranı kod bloğu	8
Şekil 4.2. Markerların hareket ettirilmesinin sağlandığı kod bloğu.....	9
Şekil 4.3. Geçiş sürelerinin önceden hesaplanmasının sağlandığı kod bloğu.....	10
Şekil 4.4. Geçiş süresinin anlık hesaplanmasının sağlandığı kod bloğu.....	11
Şekil 4.5. Erken uyarı sistemi genel kontrol paneli	12
Şekil 4.6. Formula 1 TV izleme ekranı.....	12
Şekil 4.7. Tasarımı yapılan izleme ekranı.....	13
Şekil 4.8. Tasarımı gerçekleştirilen uyarı sistemi arayüzü	14

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 4.1. İtalya GP 2021-2022-2023 Q3 Sıralama Sonuçları	15
---	----

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

GP	Grand Prix
FIA	Federation Internationale de l'Automobile
HANS	Head and Neck Support

1. GİRİŞ

Formula 1, yarış otomobilleri ile yapılan uluslararası bir motor sporları serisidir. İlk kez 1950'de düzenlenmiştir ve o zamandan beri dünyanın prestijli ve popüler motor sporu etkinliklerinden biri haline gelmiştir [1].

Yarışların sıralama turlarında önde bulunan hazırlık turundaki araçlar ile arkadan gelen hız turundaki araçların geçişi esnasında yaşanan zorluklar, hem yarışın akışını bozmakta hem de kazalara sebep olmaktadır [2]. Bu zorluk, kurallar gereği öndeki yavaş aracın arkadaki hızlı araca yol verme zorunluluğu olmasına rağmen, geçiş için gereken alanı hemen verememesi ve hızlı aracın yavaşlamak zorunda kalmasından kaynaklanmaktadır. Bu durumdan dolayı hız turundaki aracın tur zamanı artmakta ya da kaza yaşanmaktadır [3].

Mevcut sistemde, araçların anlık konum ve hız bilgileri telemetri ekranlarında pit ekibi tarafından takip edilmekte ve yol verme bilgisi pilota bildirilmektedir. İzleme ekranında pit ekibinde sürücüyle iletişimdeki olan yarış mühendisi tarafından telsiz yoluyla pilota önündeki ve arkasındaki aracın mesafe bilgisi zaman cinsinden sürekli olarak bildirilmektedir. Geçmişte bazı yarışlarda pit ekibinin gerekli uyarıyı zamanında yapamaması ya da pist üstü konumun geçişi zorlaştırmasından dolayı zorunlu yol verme eylemi yapılamamıştır [4].

İnsan unsurundan kaynaklanan bu hatalar pilot ve pit ekibine iletilecek erken uyarılarla çözülebilecektir. Böylece zorunlu olarak yapılan bu geçişler daha güvenli ve yarışın akışını sekteye uğratmayacaktır.

Bu tezin amacı, Formula 1 sıralama turlarında yaşanan geçiş problemini çözmek için pilota ve pit ekibine otomatik uyarılar gönderen bir sistem geliştirmektir. Bu sistemin geliştirilmesiyle birlikte yarışların sıralama turları daha güvenli hale getirilecektir.

2. LİTERATÜR BİLGİSİ

Alan Ali ve arkadaşları (2015) çalışmalarında, artan araç sayısında kaynaklı trafik yoğunluğu için bir konvoy modeli oluşturmuşlardır. Bu konvoyda en önde bulunan lider araç ile arkasındaki konvoyun sabit takip mesafesi ve belirlenen hızlarda ilerlemesiyle trafik yoğunluğu arttırılmış ve bölgesel sıkışıklık kontrol altına alınmıştır. Bu çalışmada araç konvoyunun güvenli ve kararlı bir şekilde ilerlemesi, yakıt tasarrufu sağlanması, sürücü güvenliği ve konforu amaçlanmıştır. Çalışmanın 3D araç ve trafik simülasyonu TORCS programıyla hazırlanmıştır. Sistemin kontrol yasası, grafik çizimleri ve matematiksel modellemelerinde MATLAB programı kullanılmıştır [5].

Gabriella Polyák ve arkadaşlarının (2022) çalışmalarında Genetik Algoritma yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem biyolojik evrimi örnek alarak geliştirilmiş sezgisel arama yaklaşımıdır. Çalışmada Formula 1 Yarış Takvimi için ideal ve en kısa rota bu yöntem ile oluşturulmuştur. Uygulamanın simülasyonunda Excel Solver ve MATLAB programları kullanılmıştır. Her iki programda da Öklid yöntemi kullanılmış, MATLAB programıyla daha ideal bir rota oluşturulmuştur [6].

Margherita Montani ve arkadaşları (2021) makalelerinde otonom araç teknolojinin bir yarış simülasyonunda geliştirmiş ve gerçek pilotlardan daha iyi tur süreleri elde etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmanın sürüş modelinde 0.001 saniyelik aralıklarla sinyal girişi sağlayarak planlayıcı tarafından tanımlanan yol takibi yapılmıştır. Bu çalışmanın simülasyonunda MATLAB-Simulink ve Vi-Grade ile eş testler yapılmıştır. Bu testlerde pedal zamanlaması ve direksiyon açısı gibi beceriler bir algoritma ile tanımlanmıştır. Otonom sürüş becerisi, insan sürüşü ve maksimum performans karşılaştırmaları yapılmıştır. Çalışmada algoritma ile sürücünün hız ve direksiyon açısı kıyaslaması MATLAB grafikleriyle gösterilmiştir [7].

J. Y. Tey ve R. Rahizar(2019) çalışmalarında evrimsel algoritmalar yaklaşımına dayanan bir model kullanılmıştır. Çalışmanın simülasyonunda VI-Grade ile Formula aracı modeli hazırlanmıştır. Araç süspansiyon özelliklerine bağlı kayma, dönme hızı ve ivme hareketlerinin optimize edilmesi için MATLAB ile optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Çalışmada optimizasyon sürecinin yakınsama hızının arttırılması hedeflenmiştir. Bunun için MATLAB ile sekiz koşulda matematiksel fonksiyon tanımlanmış. Çalışmada Yan kayma açısı, maksimum yan ivme ve dönüş manevrası gibi değerlerde iyileşmeler olduğu MATLAB analiz sonuçlarıyla gözlemlenmiştir [8].

3. FORMULA 1 TARİHİ BOYUNCA GELİŞTİRİLEN GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

Formula 1 yarışları etkileyici performans ve teknolojik yenilikleriyle izleyicileri büyüleyen bir spor dalıdır. Bunun yanı sıra yüksek hız ve rekabet ortamında güvenlik önlemlerinin ne kadar önemli olduğuna değinilmelidir. Bu bağlamda Formula 1 yarışları tarihi boyunca sürücülerin, teknik personelin ve seyircilerin güvenliğini sağlamak için birçok önlem geliştirilmiştir. Bu bölümde geliştirilen önlemler ele alınacaktır.

Otomobil kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte 1957 yılında bütün binek otomobillerde üç noktalı emniyet kemeri bulunması zorunlu hale gelmiştir [9]. Ancak Formula 1 yarışlarının ilk yıllarında emniyet kemeri kullanımı sakıncalı bulunmuştur. Çünkü bir kaza ya da yangın anında araçtan hızlıca uzaklaşabilmek pilot güvenliği için daha uygun görülmüştür. 1972 yılından itibaren Formula 1 araçlarında kemer takmak zorunlu hale getirilmiştir [10].

1962 yılında Lotus Takımı tarafından geliştirilen ve kullanımı hala devam eden güvenlik önlemlerinden birisi de yaşam hücresidir. Pilot kabininin bulunduğu bu bölüm monokok gövde olarak adlandırılmaktadır. [11]. Monokok gövdenin görünümü Şekil 2.1'deki gibidir.



Şekil 2.1. 2009 Renault R29 Aracı monokok gövdesi [12]

Geliştirildiği ilk yıllarda pilotların görüş açısını engellediği gerekçesiyle eleştirilen ancak yaşanan birçok kazada pilot sağlığı için önemli bir rol oynayan Halo 2018 yılında Uluslararası Otomobil Federasyonu (FIA - Federation Internationale de l'Automobile) tarafından zorunlu hale getirilmiştir. Titanyum elementinden yapılan bu eklenti monokok gövdenin üst bölümünde bulunmaktadır. Özellikle araçların kaza anında ters dönmesi durumunda sürücülerin baş kısmını koruma amacıyla üretilmiştir [13]. 2021 yılında L. Hamilton ile M. Verstappen arasında yaşanan kazadan sonra halonun önemi herkes tarafından kabul görmüştür. Kaza sonucu araçların durumu Şekil 2.2'de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.2. 2021 L. Hamilton- M. Verstappen Kazası [14]

Güvenlik aracı Formula 1 yarışlarında ilk kez 1973 yılında denenmiş ancak güvenlik aracı sürücüsünün yanlış konumlanmasından dolayı aktif kullanımı 20 sene ertelenmiştir. Resmi olarak 1993 yılında tekrar kullanılmaya başlanmıştır ve günümüze kadar devam eden bir uygulamadır. Yarış esnasında pist durumunu tehlikeye atan bir madde olmasıyla devreye alınan bir kuraldır. Bu maddeler pist üstünde ya da kenarında durmak zorunda kalan bir araç ya da herhangi bir parça olabilir. Güvenlik aracının piste girmesiyle araçlar konvoy haline getirilip arka arkaya dizilir ve yavaşlatılır. Güvenlik aracı arkasında geçiş yapılması yasaktır. 2014 yılında bu sistem geliştirilerek Sanal Güvenlik Aracı adını almıştır. Pistin daha az tehlikeli olduğu durumlarda kullanılan bu sistemde pilotlara telsizle bildirilmesi dışında tabelalarda uyarı verilir ve pist kenarındaki görevliler tarafından sürücülerin görebileceği şekilde çift sarı bayraklar sallanır. Gerçek güvenlik aracının pistte bulunduğu durumdaki kurallar Sanal Güvenlik Aracı sistemi içinde geçerlidir [15]. Güvenlik aracı uygulamasının bir örneği Şekil 2.3'te gösterildiği gibidir.



Şekil 2.3. Formula 1 Güvenlik Aracı [16]

Yarışlarda hem pilotlar için hem de seyirciler için alınan önlemlerden biri pist kenarı bariyerleridir. Amacı çarpışma esnasında esneme yoluyla enerjiyi sönmlemektir. 1950'li yılında başlayan bu uygulamada ilk kez saman balyaları kullanılmıştır. Ancak 1967 yılında Monaco Grand Prix'inde (GP) yaşanan kazada çıkan yangından dolayı bu uygulamadan vazgeçilmiş ve bunun yerine çite benzeyen metal ağlar kullanılmaya başlanmıştır. 1981 yılında Güney Afrika GP'de tellere çarpan bir sürücü kaza sonucu boğulma tehlikesi geçirmiştir. Bu olay nedeniyle 1985 yılında çit bariyer uygulamadan vazgeçilmiştir. Sonraki yıllarda beton bariyerler kullanılsa da 1994 yılı San Marino Prix'inde farklı seanslarda A. Senna ve R. Ratzenberger aynı noktada yaptıkları kazalar ile yaşamlarını yitirmişlerdir. Bu olaydan sonra beton duvarlar yerine günümüzde de kullanılmakta olan lastik ve köpük bariyerler getirilmiştir. Ek olarak bazı pistlerde duvar ile pist arasındaki bölüme çakıl ve kum havuzları da eklenerek araçların çarpmadan önce yavaşlatılması hedeflenmiştir [17,18].

Kaza sonrası araçların alev alması özellikle 1950’li ve 60’lı yıllarda sıkça görülen bir durumdu. Bu sebeple 1969 yılında yangın söndürme sistemine geçilmiştir. 1975 yılında pilotların yangına dayanıklı kıyafetler giymesi için standartlar getirilmiştir [19].

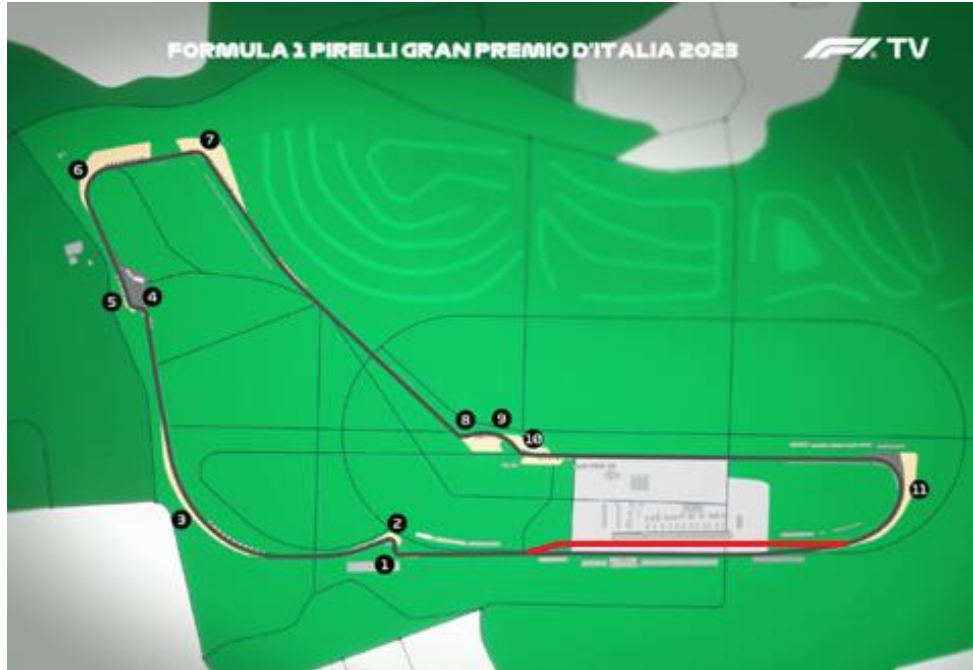
1954 yılında Formula 1 yarışları için tasarlanan ilk kasklar tanıtılmıştır ve 1957 yılında kullanımı zorunlu hale getirilmiştir. O yıllarda kullanılan kasklar sadece kafa üstünü saran sert kabuklu ve rüzgara karşı pilotların gözünü koruması için gözlükten oluşuyordu. 1970’li yıllardan bu yana kullanılan kask modeli ise sürücülerin kafa bölümünün tamamını kapatacak şekilde tasarlanan kasklardır. 2003 yılında kasklarda Kafa ve Boyun Desteği anlamına gelen HANS (Head and Neck Support) sistemi kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemde omuzlara yerleştirilen karbonfiber aparat ile kask omzun üst kısmına sabitlenir ve pilotun boynuna aşırı yük binmesi engellenir [20].

4. SIRALAMA TURUNDA KULLANILAN MEVCUT SİSTEM

4.1. Sıralama Turları

Günümüzde Formula 1 yarışlarında 20 araç mücadele etmektedir. Sıralama turları ana yarışın genel sıralamasını belirlemek için düzenlenir. Q1, Q2 ve Q3 adında üç aşamadan oluşmaktadır. Q1 aşamasında sonuncu olan 5 araç elenir ve genel listenin son sırasına dizilir. Geriye kalan 15 araç için Q2 seansı düzenlenir ve sona kalan 5 araç Q1 seansında elenen araçların önüne dizilir. Geriye kalan 10 araç Q3 seansında hız turlarını tamamlar ve nihai sıralama tamamlanmış olur. Her seans için belirli zaman aralıkları ayrılmıştır. Bu süre Q1 için 18 dakika, Q2 için 15 dakika ve Q3 için 12 dakikadır. Bu zaman aralıkları dışında yapılan turlar geçersiz sayılır [21].

Araçlar sıralama turlarına pit yolundan çıkarak başlamaktadır. Pist üzerinde hız turuyla kıyaslandığında yavaş sayılabilecek bir hızda tur atıldıktan sonra start düzlüğünde maksimum hızlarına ulaşp aksi bir durum olmadığı sürece olabildiğince hızlı bir tur atarlar. Turunu tamamlayan araçlar yeniden yavaş tur aşamasına geri dönerler ve tekrar hız turu hazırlığı yapabilir veya pit yolundaki garajına geri dönebilirler. Pist terimlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için bir örnek olarak İtalya GP için kullanılan pistin haritası Şekil 3.1’de gösterildiği gibidir.



Şekil 3.1. İtalya GP F1 TV izleme ekranı [22]

Harita üzerindeki kırmızı renkle işaretlenen kısım Pit yoludur. Bu bölüm başlangıç düzlüğüne paralel bir yoldur ve araçların teknik bakımları bu bölümde yapılır. Teknik analizlerin yapıldığı pit duvarı da bu yol üzerindedir. Formula 1 yarışlarının düzenlendiği diğer bütün pistlerde pit yolunun konumu, giriş ve çıkış bölümleri şekildeki piste benzemektedir [23].

4.2. Pilot ve Pit Duvarının İletişimi

Formula 1 yarışında pilotlar sadece pistteki hızları ve diğer araçlarla olan konumlarıyla değil, aynı zamanda lastik durumu, yakıt miktarı, araç ayarları ve stratejileri gibi bir dizi faktörü de yönetirler. Bu bilgiler pilotların takımının pit duvarından aldığı talimatlar ile sağlanır [24].

Pit duvarı ile pilot arasındaki iletişim telsiz ile gerçekleştirilir. Telemetri sistemi aracın sensörlerinden gelen verileri eş zamanlı olarak pit duvarına ileterek aracın performansı hakkında bilgi sağlar. Bu bilgiler lastik ömrü, fren sıcaklığı, yakıt tüketimi gibi önemli parametreleri içermektedir. Pit ekibi, bu verilere dayanarak pilotun stratejisini belirler ve gerekli taktiksel değişiklikler belirlenir [25].

Takımların birçoğu Riedel Communications markasının sağladığı TETRA standartlı Motorola MTP850 model telsiz modülünü kullanmaktadır. Bu modeller 35 kanallıdır ve çift yönlü yayın yapmaktadır. Farklı ülkelerde düzenlenen yarışlarda yerel yayınlar ile karışmadığı sürece 420-430MHz aralığında yayın yapılmaktadır. Pilot ve pit duvarı arasındaki kablosuz iletişimi bu yol ile sağlanmaktadır [26].

Yarışların her seansında önündeki ve arkasındaki araçların mesafesi zaman cinsinden pilotlara telsiz ile bildirilmektedir. Pit duvarındaki yarış mühendisi bu bilgiyi izleme ekranı (Tracker) ve zaman ekranında takip etmektedir. Geçiş anları yaklaştığında pilota bilgi vermektedir.

4.3. Formula 1 2023 Sezonunda Yarışların Sıralama Turlarında Verilen Grid Cezaları

Formula 1 kurallarında farklı nedenlerden dolayı verilen grid cezası vardır. Bu bölümde sıralama ve antrenman seanslarındaki engellemeden dolayı verilen grid cezası ele alınacaktır.

Sıralama turlarının birinci aşaması olan Q1’de bütün araçların pist üstünde olması mevcut yarış sisteminde yarış mühendislerinin ya da pilotların bir anlık hatasıyla zorunlu yol verme işleminin gerçekleştirilememesi sonucunda öndeki hazırlık turundaki araca grid cezası verilmektedir. Grid cezası engellenemeden dolayı mevcut sırasında üç sıra geride başlamasıdır. Eğer engelleme tekrarlanırsa grid cezası üç sıra daha eklenir [27].

2023 sezonu içerisinde yaşanan birkaç engelleme olayı şunlardır: İspanya GP’de Alpine Takımı sürücü P. Gasly, engelleme eylemini 2 defa yaptığı için sıralama sonuçlarında 4. olmasına rağmen yarışa 10. sıradan başlamıştır [28]. Alpha Tauri Takımının pilotu Y. Tsunoda Holanda GP’nin Q2 seansında Mercedes AMG sürücüsü L. Hamilton’un hız turunu engellediği için 3 sıra grid cezası almıştır [29]. Brezilya’da düzenlenen Sao Paulo GP’de Mercedes AMG sürücüsü G. Russell, pit yolunda P. Gasly’i engellediği için 3 sıra grid cezası almıştır [30]. Kanada GP yarışında Ferrari pilotu C. Sainz, Q2 seansında P. Gasly’i engellediği için 3 sıra grid cezası almıştır [31].

2024 sezonu içerisinde de engelleme sorunu devam etmektedir. Emilia Romagna GP’de O. Piastri sıralama turlarının Q1 bölümünde K. Magnussen’i engellediği için 3 sıra grid cezası almıştır. [32].

Formula 1 2023 sezonu farklı yarışların sıralama turlarında yaşanan ve 2024 Emilia Romagna GP’de yaşanan bu engelleme olayının nedenleri aynıdır. Öndeki hazırlık turundaki araçların arkadan gelen hız turundaki araçlara zamanında ve yeterli alanda yol verememesinden dolayı kaza yapma riski oluşmuş ve her bir olay için üç sıra ceza verilmiştir.

5. SIRALAMA TURLARININ SİMÜLASYONU VE PROGRAMLAMA

Bu bölümde sıralama turlarındaki trafik sorununun çözümü için önerilen erken uyarı sistemi bilgisayar ortamında analiz edilip izleme ekranı ve matematiksel hesaplamaları MATLAB programıyla yapılmıştır. Pistin çizimi için Geogebra programı kullanılarak nokta örnekleri alınmıştır.

5.1. Simülasyon Programının Çalışma Blokları

Hazırlanan simülasyon iki bölümden oluşmaktadır ve her iki bölümde de birbirinden bağımsız iki while döngüsü kullanılmıştır. Birinci döngü programın tarama süresi hızında çalışmaktadır. Bu bölümde hız turundaki aracı temsil eden markerın, hazırlık turunu temsil eden diğer üç markerı ne kadar sürede geçtiğinin hesaplaması yapılmaktadır. İkinci while döngüsü içerisinde aynı hesaplama gerçek hayattaki bir izleme ekranında aracın pist üstündeki hızını izleme oranında yavaşlatılmıştır. Bu sayede araçların konumu hakkında gelecekte nerede olabileceğine dair kesin bilgi önceden mevcuttur.

5.1.1. Pistin Çizilmesi ve Markerların Oluşturulması

Bu simülasyonda İtalya'da bulunan Monza Yarış Pisti referans alınmıştır. Öncelikle pistin oluşturulabilmesi Şekil 3.1'de bulunan görselden GeoGebra programı yardımıyla nokta örnekleri alınmıştır. Noktalar (x,y) koordinatlarını temsil etmesi için iki farklı diziye ayrılmış. Diziler 212 adet elemandan oluşmaktadır ancak markerların daha akışkan bir şekilde hareket edebilmesi için interpolasyon işlemi ile her iki nokta arası 10 adet daha elemana bölünerek toplamda 2120 noktadan oluşan bir pist elde edilmiştir. Pistin çizimi ve markerların grafik üzerine yerleştirildiği kod bloğu Şekil 4.1'de gösterildiği gibidir.

```
plot(handles.xi, handles.yi, 'b-', 'LineWidth', 2.5);
title('AUTODROMO NAZIONALE MONZA', 'Color', 'r', 'FontSize', 16);
hold on;
axis off;
markerSize = 10;
h1 = plot(handles.xi(1), handles.yi(1), 'ro', 'MarkerSize', markerSize, 'MarkerFaceColor', 'r');
h2 = plot(handles.xi(1), handles.yi(1), 'go', 'MarkerSize', markerSize, 'MarkerFaceColor', 'g');
h3 = plot(handles.xi(1), handles.yi(1), 'wo', 'MarkerSize', markerSize, 'MarkerFaceColor', 'y');
h4 = plot(handles.xi(1), handles.yi(1), 'mo', 'MarkerSize', markerSize, 'MarkerFaceColor', 'm');
plot(handles.xi(1), handles.yi(1), 'w|', 'MarkerSize', markerSize, 'MarkerFaceColor', 'k');
```

Şekil 4. 1. Pist ve araç izleme ekranı kod bloğu

Şekil 4.1'de verilen kod bloğunda markerların renk ve boyutu, pistin start çizgisi, pistin rengi, yol kalınlığı ve grafik başlığı düzenlenmiştir.

5.1.2. Markerların Grafik üzerinde Hareket Ettirilmesi

MATLAB programı yarış simülasyonlarındaki gibi dinamik bir yapıda olmasa da çok hızlı işlem yapabilme kapasitesinden faydalanarak hareketli bir grafik görüntüsü elde etmek mümkündür. Böylece 4 farklı marker birbirinden bağımsız olarak istenen hızlarda hareket ettirilebilmektedir.

Bu sayede simülasyonun izleme ekranı gibi çalışması sağlanmıştır. Kırmızı renkli marker kendisi için belirlenen hız dizisi sayesinde her noktada belirlenen hızlarda hareket ettirilmektedir. Diğer markerlar için ikinci bir hız dizisi kullanılmıştır ve eşit hızlarda hareket etmektedirler. Markerların hareket ettirildiği kod bloğu Şekil 4.2’te gösterildiği gibidir.

```

if anlikzaman >= h1turzamani && ishandle(h1)
    set(h1, 'XData', handles.xi(k1), 'YData', handles.yi(k1));
    h1turzamani = (anlikzaman / handles.hizi(k1));
    set(handles.text14, 'String', sprintf('%.0f Km/sa',...
        handles.hizi(k1)));
    k1 = k1 + 1;
    if k1 > length(handles.xi)
        k1 = 1;
        hizliturzamani = toc(h1turbaslangiczamani);
        set(handles.text9, 'String', num2str(hizliturzamani));
        h1turbaslangiczamani = tic;
    end
end
if anlikzaman >= h2turzamani && ishandle(h2)
    set(h2, 'XData', handles.xi(k2), 'YData', handles.yi(k2));
    set(h3, 'XData', handles.xi(k3), 'YData', handles.yi(k3));
    set(h4, 'XData', handles.xi(k4), 'YData', handles.yi(k4));
    h2turzamani = (anlikzaman / handles.hizi2(k2));
    h3turzamani = (anlikzaman / handles.hizi2(k3));
    h4turzamani = (anlikzaman / handles.hizi2(k4));
    set(handles.text13, 'String', sprintf('%.0f Km/sa', 75));
    set(handles.text26, 'String', sprintf('%.0f Km/sa', 75));
    set(handles.text22, 'String', sprintf('%.0f Km/sa', 75));
    k2 = k2 + 1;
    k3 = k3 + 1;
    k4 = k4 + 1;
    if k3 > length(handles.xi)
        k3 = 1;
    end
    if k4 > length(handles.xi)
        k4 = 1;
    end
    if k2 > length(handles.xi)
        k2 = 1;
        yavasturzamani = toc(h2turbaslangiczamani);
        set(handles.text9, 'String', num2str(yavasturzamani));
        h2turbaslangiczamani = tic;
    end
end
end

```

Şekil 4.2. Markerların hareket ettirilmesinin sağlandığı kod bloğu

Markerlar için hazırlanan ve hız değerlerinin tutulduğu 212 elemanlı ayrı bir dizi oluşturulmuştur. Hız turundaki kırmızı marker için 2023 İtalya GP’deki Aston Martin Racing pilotu Fernando Alonso’nun turu referans alınmıştır [33]. Tur boyunca pist üzerinden 212 adet hız değeri Km/sa cinsinden alınıp hız dizisi elde edilmiştir. Markerlar pistin sonuna geldiklerinde başlangıç noktasından devam etmektedirler. Hız turu süresinin hesaplanması da bu blokta yapılmaktadır.

5.1.3. Marker Geçiş Sürelerinin Simülasyonda Hesaplanması

Programda yer alan birinci while döngüsünün hesaplamaları hız turundaki kırmızı markerın en öndeki markerı geçmesiyle sonlandırılmaktadır. Bu geçişe kadar her marker için ayrı bir kronometre çalıştırılmaktadır. Tarama süresi hızında çalışan bu döngüde hesaplanan değerler gerçek zamanlı değerlere oranlanarak ekrana yazdırılmaktadır. Birinci while döngüsünün çalışma bloğu Şekil 4.3’te gösterildiği gibidir.

```

while true
    anlikzaman = toc(starttime);
    if anlikzaman >= h1turzamani && ishandle(h1)
        set(h1, 'XData', handles.xi(k1), 'YData', handles.yi(k1));
        h1turzamani = (anlikzaman / handles.hizi(k1));
        k1 = k1 + 1;
        if k1 > length(handles.xi)
            k1 = 1;
            hizliturzamani = toc(h1turbaslangiczamani);
            set(handles.text10, 'String', num2str(hizliturzamani));
            h1turbaslangiczamani = tic;
        end
        if anlikzaman >= h2turzamani && ishandle(h2)
            set(h2, 'XData', handles.xi(k2), 'YData', handles.yi(k2));
            h2turzamani = (anlikzaman / handles.hizi2(k2));
            k2 = k2 + 1;
            if k2 > length(handles.xi)
                k2 = 1;
                yavasturzamani = toc(h2turbaslangiczamani);
                set(handles.text16, 'String', num2str(yavasturzamani));
                h2turbaslangiczamani = tic;
            end
        end
        if anlikzaman >= h3turzamani && ishandle(h3)
            set(h3, 'XData', handles.xi(k3), 'YData', handles.yi(k3));
            h3turzamani = (anlikzaman / handles.hizi2(k3));
            k3 = k3 + 1;

            if k3 > length(handles.xi)
                k3 = 1;
                yavasturzamani = toc(h2turbaslangiczamani);
                h2turbaslangiczamani = tic;
            end
        end
        if anlikzaman >= h4turzamani && ishandle(h4)
            set(h4, 'XData', handles.xi(k4), 'YData', handles.yi(k4));
            h4turzamani = (anlikzaman / handles.hizi2(k4));
            k4 = k4 + 1;
            if k4 > length(handles.xi)
                k4 = 1;
                yavasturzamani = toc(h2turbaslangiczamani);
                h2turbaslangiczamani = tic;
            end
        end
    end
    if k1 > k2
        sayac = anlikzaman/0.0133;
        set(handles.text18, 'String', sprintf('%0.2f saniye', sayac));
    end
    if k1 > k3
        sayac2 = anlikzaman/0.01;
        set(handles.text29, 'String', sprintf('%0.2f saniye', sayac2));
    end
    if k1>k4
        sayac3=anlikzaman/0.0083;
        set(handles.text30, 'String', sprintf('%0.2f saniye', sayac3));
    end
    break
end
end

```

Şekil 4.3. Geçiş sürelerinin önceden hesaplanmasının sağlandığı kod bloğu

İkinci while döngüsünün marker hareketlerinden sonraki bölümde birinci döngüde yapılan hesaplama tekrar etmektedir. Fakat program daha yavaş çalıştırıldığı için yapılan süre hesaplamaları birbirinden farklıdır. Bunun için birinci while döngüsünde hesaplanan değerler 0,01 oranında bölünmektedir. Program bloğunun bu bölümünde hesaplanan geçiş süreleri ekrana Yakalama süresi olarak yazdırılmaktadır.

Son bölümünde geçiş süreleri gerçek zamanlı olarak takip edilmektedir. Programın izleme ekranının çalışmasıyla birlikte üç adet kronometre başlatılır. Geçiş anlarında kronometreler

sırasıyla durur ve simülasyon ekranındaki panelin Geçiş Süresi bölümüne yazdırılır. Araçlar arasındaki mesafe bilgisi de bu blokta sürekli olarak hesaplanmaktadır. Hız turundaki marker ile hazırlık turundaki marker arasındaki mesafe 10 saniyenin altına indiğinde ekrana uyarı metni yazılmaktadır. Programın çalışma bloğu Şekil 4.4'te gösterildiği gibidir.

```

stoptime = toc(starttime);
if stoptime < sayac
    kronometrecalistir = true;
    set(handles.text5, 'String', sprintf('%.2f saniye',...
        stoptime));
    if sayac - stoptime < 10;
        set(handles.text6,...
            'String', 'Arkandaki araçla mesafe 10 Saniye');
    end
else
    stoptime > sayac
    kronometrecalistir = false;
end
if k1>k2 && k1-k2>30
    set(handles.text6, 'String', ' ');
end
if k1 > k2
    mesafe = (pistuzunlugu - k1 + k2);
else
    mesafe = k2 - k1;
end
set(handles.text2, 'String', sprintf('%0.f metre', mesafe * 2.73));

stoptime = toc(starttime);
if stoptime < sayac2
    kronometrecalistir2 = true;
    set(handles.text33, 'String', sprintf('%.2f saniye',...
        stoptime));
    if sayac2 - stoptime < 10;
        set(handles.text21,...
            'String', 'Arkandaki araçla mesafe 10 Saniye');
    end
else
    stoptime > sayac2
    kronometrecalistir2 = false;
end
if k1>k3 && k1-k3>30
    set(handles.text21, 'String', ' ');
end
if k1 > k3
    mesafe2 = (pistuzunlugu - k1 + k3);
else
    mesafe2 = k3 - k1;
end
set(handles.text32, 'String', sprintf('%0.f metre',...
    mesafe2 * 2.73));

stoptime = toc(starttime);
if stoptime < sayac3
    kronometrecalistir3 = true;
    set(handles.text34, 'String', sprintf('%.2f saniye',...
        stoptime));
    if sayac3 - stoptime < 10;
        set(handles.text25,...
            'String', 'Arkandaki araçla mesafe 10 Saniye');
    end
else
    stoptime > sayac3
    kronometrecalistir3 = false;
end
if k1>k4 && k1-k4>20
    set(handles.text25, 'String', ' ');
end
if k1 > k4
    mesafe3 = (pistuzunlugu - k1 + k4);
else
    mesafe3 = k4 - k1;
end
set(handles.text31, 'String', sprintf('%0.f metre',...
    mesafe3 * 2.73));
pause(0.001);
end

```

Şekil 4.4. Geçiş süresinin anlık hesaplanmasının sağlandığı kod bloğu

Simülasyonda yapılan iki aşamalı hesaplamalar ekranda genel kontrol tablosuna yazdırılmaktadır. Birinci while döngüsündeki geçiş süresi hesaplamaları Yakalama Süresi'nin sağındaki edit text kutularına, ikinci while döngüsünde yapılan geçiş süresi hesaplamaları Geçiş Süresi'nin sağındaki edit text kutularına yazdırılmaktadır. Edit text kutularının renkleri marker renkleri ile aynı olacak şekilde düzenlenmiştir. Genel Kontrol Paneli Şekil 4.5'de gösterildiği gibidir.

Genel Kontrol			
Başlat			
Yakalama Süresi	34.46 saniye	45.84 saniye	55.23 saniye
Araç Mesafesi	191 metre	601 metre	1010 metre
Geçiş Süresi	27.84 saniye	27.84 saniye	27.84 saniye

Şekil 4.5. Erken uyarı sistemi genel kontrol paneli

5.2. MATLAB GUI Arayüzüyle Yarış Simülasyonu

Simülasyon matematiksel hesaplamalar ve grafik üzerinde gösterim kolaylığından dolayı MATLAB üzerinde gerçekleştirilmiştir. MATLAB mühendislik uygulamalarında matematiksel modelleme ve simülasyon çalışmalarında yaygın olarak kullanılan bir programdır. Matris işlemleri ve grafiksel gösterim imkanlarından dolayı simülasyondaki hesaplamalar ve izleme ekranının hazırlanması MATLAB ile yapılmıştır [34]. Pist grafiğinin çizimi için nokta örnekleri GeoGebra programı ile hazırlanmıştır. GeoGebra programı, matematiksel ifadeleri ve grafikleri görsel olarak ifade etmek için kullanılan bir matematik yazılımıdır [35].

Gerçek hayatta bu programın uyarlanabilmesi için geçmiş yıllardaki tur süreleri referans alınacaktır. İzleme ekranının gerçek bir yarıştaki görüntüsü Şekil 4.6, simülasyonda hazırlanan görüntü Şekil 4.7'deki gibidir.



Şekil 4.6. Formula 1 TV izleme ekranı [36]

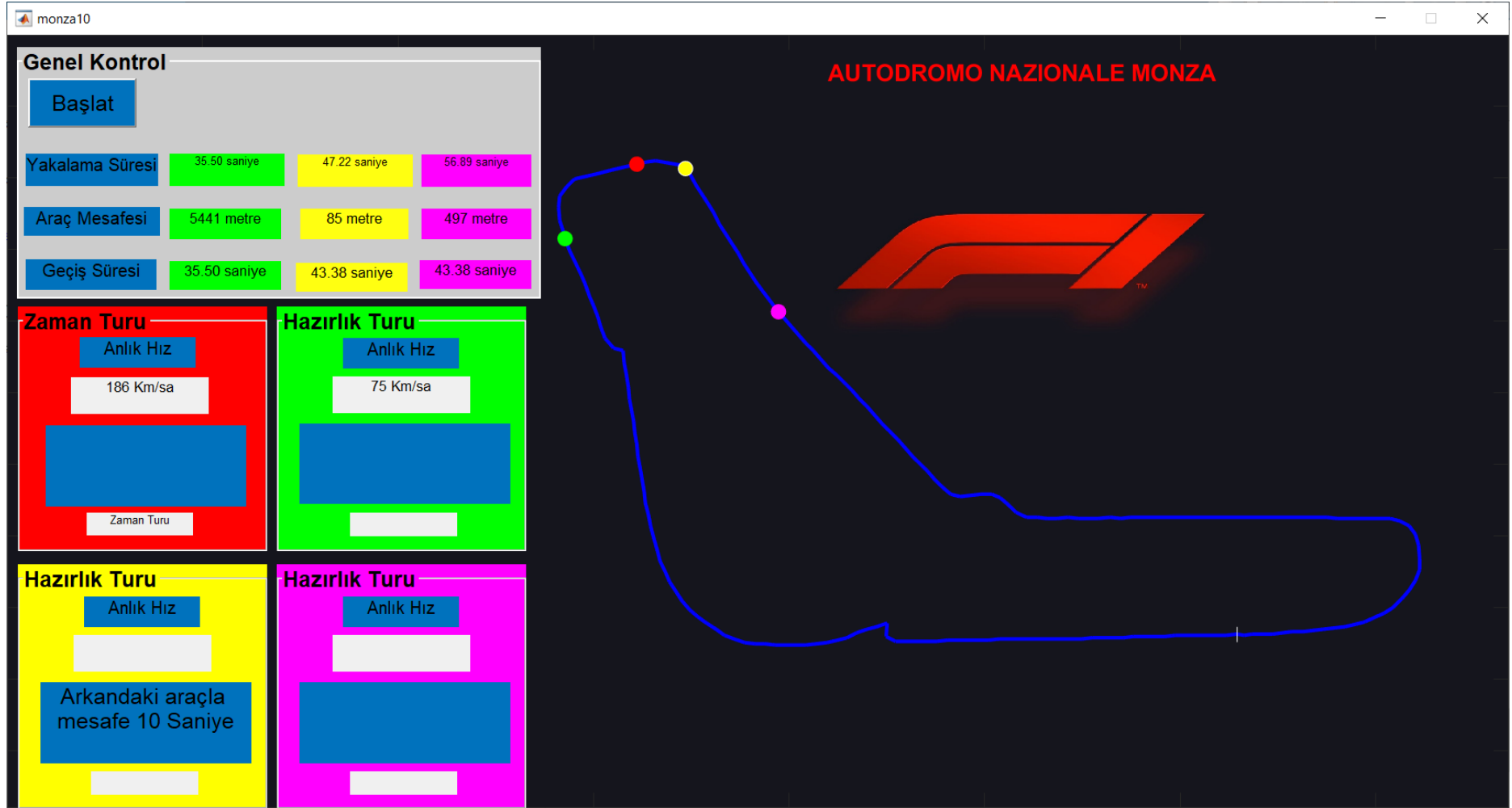


Şekil 4.7. Tasarımı yapılan izleme ekranı

Günümüzde Formula 1 Yarışları 20 araçla yarışılmaktadır. Simülasyon daha anlaşılabilir olması ve program çalışmasında yavaşlama yaşanmaması için 4 araç ile hazırlanmıştır.

Simülasyonda araçları temsil etmesi için grafik üzerinde 4 adet marker oluşturulmuştur. Kırmızı renkli marker start noktasında başlamakta ve hız turundadır. Diğer markerlar farklı noktalarda kırmızı markerın önündedir ve hazırlık turundadır. Hazırlık turundaki araçlar için sabit hız olarak 75 Km\sa belirlenmiştir. Hız turundaki kırmızı araç için 2023 İtalya GP Q2 seansındaki Aston Martin Racing Takımı pilotu Fernando Alonso'nun 1'21.417 sürelik turu referans alınmıştır [37].

Zaman Turu ve 3 adet hazırlık turu panel içerisinde aynı renkteki markerların hız değerleri ve uyarı metinleri yer almaktadır. Hız turundaki kırmızı markerın anlık hızı, pistin durumuna göre değişmektedir. Hazırlık turundaki markerlar 75 km/sa sabit hızda ilerlemektedir. Simülasyon programında tasarımı yapılan izleme ekranı Şekil 4.8'de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.8. Tasarımı gerçekleştirilen uyarı sistemi arayüzü

5.3. Araç Geçiş Süresinin Gerçek Bir Yarışta Hesaplanması

Formül 1 araçlarının konum bilgisi GPS teknolojisiyle belirlenmektedir. Fren Sıcaklığı, RPM, lastik basıncı ve hava basıncı, titreşimler gibi birçok sensör verisiyle birleştirilerek araçların pist üstü konumu kesin olarak belirlenmekte ve her saniye takip edilmektedir. Başlangıçta hazırlanan simülasyonda araçların birbirini yakalama süresi gerçek telemetri sistemindeki gibi araçlar arasındaki mesafenin hızları farkına bölümüyle hesaplanmış ancak bu hesaplama hız turundaki aracın viraj ve düzlük hızlarındaki yüksek farktan dolayı yetersiz kalmıştır. Yarış pistleri sektör adı verilen bölümlere ayrılmaktadır. Programın gerçek bir yarışta daha verimli çalışabilmesi için sektör sayısı artırılmalı ve önceden tahmin edilen konum sürekli olarak programda doğrulanmalıdır. Simülasyon ortamında araçların her andaki hızı bilindiği için geçiş süresi kolaylıkla hesaplanabilmektedir.

Gerçek hayatta bu sistemin uyarlanabilmesi için İtalya GP’de düzenlenen son 3 yarıştaki sıralama incelenmiştir. Bu tur süreleri referans alındığında gelecekteki yarışlarda hız turundaki araçların konumu tahmin edilebilmektedir. İtalya GP’de düzenlenen son üç yıldaki sıralama turları süreleri Tablo 4.1’de gösterildiği gibidir.

Tablo 4.1. İtalya GP 2021-2022-2023 Q3 Sıralama Sonuçları [38, 39, 40]

Q3 Sıralama Sonucu		
2023	M. Verstappen	1'20.307
	C. Leclerc	1'20.361
	G. Russell	1'20.671
	S. Perez	1'20.688
	A. Albon	1'20.760
	O. Piastri	1'20.785
	L. Hamilton	1'20.820
	L. Norris	1'20.979
	F. Alonso	1'21.417
	C. Leclerc	1'20.161
2022	M. Verstappen	1'20.306
	C. Sainz Jr.	1'20.429
	S. Perez	1'21.206
	L. Hamilton	1'21.524
	G. Russell	1'21.542
	L. Norris	1'21.584
	D. Ricciardo	1'21.925
	P. Gasly	1'22.648
	F. Alonso	1'22.861
	V. Bottas	1'19.555
2021	L. Hamilton	1'19.651
	M. Verstappen	1'19.966
	L. Norris	1'19.989
	D. Ricciardo	1'19.995
	P. Gasly	1'20.260
	C. Sainz Jr.	1'20.462
	C. Leclerc	1'20.510
	S. Perez	1'20.611
	A. Giovinazzi	1'20.808

Tablodaki veride görüldüğü gibi son 3 yılda sıralama sonuçlarında ilk 10’da yer alan araçların tur süreleri arasındaki fark 2,5 saniyeden daha azdır. Bu değerler göre gelecekteki yarışlarda hız turundaki araçların konumu önceden tespit edilebilecek ve seans esnasında erken uyarı sistemi çalıştırılabilecektir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında Formula 1 Yarışları Sıralama turlarında hız turundaki araçlar ile hazırlık turundaki araçlar arasındaki zorunlu yol verme durumunun geçmiş yıllardaki turlar dikkate alınarak ne zaman ve hangi noktada gerçekleşeceğinin, yarış esnasında olağan dışı bir durum olmadığı sürece hesaplanabilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Simülasyon İtalya GP'ye göre hazırlanmıştır. Her yarış pistine göre ayrı ayrı uyarlanması gerekmektedir. Simülasyon ortamında hazırlık turundaki araçlara sabit hız tanımlanmıştır. Gerçek hayatta hazırlık turundaki araçların hızları ve tur zamanları bilinmemektedir. Programın doğru çalışabilmesi için hazırlık turundaki araçların pistteki en yavaş dönülen viraj hızında sabit hızla hareket etmeleri ya da pist limitlerinin üst sınırında ve hep aynı tur zamanlarında hareket etmeleri gerekmektedir. Araç konumları ve pistin viraj durumu arasındaki ilişki programa ek koşullar olarak tanımlanmalıdır.

7. YAYGIN ETKİ

Yapılan bu çalışmayla Formula 1 yarışları Sıralama Turlarındaki trafik sorunu için çözüm geliştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma sadece Formula 1 için değil, diğer Formula serileri ve benzeri otomobil yarışları içinde uygulanabilir. Tasarlanan simülasyon Formula 1 yarış takımlarının kendi analizlerinde kullandığı ANSYS Simülasyon Programıyla tekrarlanıp, sonuçlarının Uluslararası Otomobil Federasyonu (Federation Internationale de l'Automobile) FIA'ya sunulması ve uygulamanın gerçek bir yarışta test edilmesi hedeflenmektedir.

8. KAYNAKÇA

- [1] Liberty Media, (Eriřim Tarihi: 16 Mayıs 2024)
<https://www.formula1.com/en/latest/article/drivers-teams-cars-circuits-and-more-everything-you-need-to-know-about.7iQfL3Rivf1comzdzqV5jwc>, (23 Nisan 2023)
- [2] Motorsport, (Eriřim Tarihi: 4 Mart 2024), <https://tr.motorsport.com/f1/news/alonso-ocon-kazasina-ceza-yok-norris-de-kinama-ilekurtuldu/10542777/#:~:text=Senna%20S%20virajından%20çıkışta%20yaşanan,seans%2C%20kırmızı%20bayrak%20altında%20tamamlandı>, (4 Kasım 2023)
- [3] FIA, (Eriřim Tarihi: 4 Mart 2024), Formula 1 Sporting Regulations
https://www.fia.com/sites/default/files/fia_2023_formula_1_sporting_regulations_-_issue_2_-_2022-09-30.pdf, (6 Aralık 2023)
- [4] Liberty Media, (Eriřim Tarihi: 4 Mart 2024)
<https://f1tv.formula1.com/detail/1000006788/2023-dutch-grand-prix?action=play>, (27 Ağustos 2023)
- [5] IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine (Eriřim Tarihi: 27 Mayıs 2024)
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7014426> (19 Ocak 2015)
- [6] IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine (Eriřim Tarihi: 27 Mayıs 2024)
<https://ieeexplore.ieee.org/document/10036315> (12 Şubat 2023)
- [7] MDPI, (Eriřim Tarihi: 31 Mayıs 2024), <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/19/6008> (22 Eylül 2021)
- [8] Taylor & Francis, (Eriřim Tarihi: 31 Mayıs 2024)
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00423114.2019.1645861> (24 Temmuz 2019)
- [9] Skill Lync (Eriřim Tarihi: 10 Nisan 2024), Evolution of Safety Technology in Formula 1: from Seat Belts to the Halo, <https://skill-lync.com/blogs/evolution-of-safety-technology-in-formula-1-from-seat-belts-to-the-halo>, (17 Nisan 2023)
- [10] S Sport (Eriřim Tarihi: 10 Nisan 2024), Formula 1'deki Güvenlik Önlemlerinin Tarihi <https://www.ssportplus.com/blog/f1-guvenlik-onlemlerinin-tarihi/>, (3 Ocak 2023)
- [11] Chronicle, (Eriřim Tarihi: 10 Nisan 2024) The History Of Formula 1 Safety Devices: Evolution and Impact, <https://f1chronicle.com/the-history-of-formula-1-safety-devices-f1-history/#The-Chronology-Of-Formula-1-Safety-Devices>
- [12] Simlified, (Eriřim Tarihi: 10 Nisan 2024)
<https://f1simplified.wordpress.com/2013/01/04/the-formula-one-monocoque/>, (4 Ocak 2023)
- [13] F1 News and Results, (Eriřim Tarihi: 9 Nisan 2024) <https://en.f1i.com/news/290164-fia-approves-formula-1s-first-halo-supplier.html>, (16 Ocak 2018)
- [14] CNN Sport, (Eriřim Tarihi: 9 Nisan 2024),
<https://edition.cnn.com/2021/09/12/motorsport/f1-lewis-hamilton-crash-italian-gp-spt-intl/index.html>, (13 Eylül 2021)

- [15] Crash (Eriřim Tarihi: 10 Nisan 2024),
<https://www.crash.net/f1/news/1012241/1/safety-car-f1-rules-2023-explained-what-happened-abu-dhabi-and-monza> (28 şubat 2024)
- [16] Racing News, (Eriřim Tarihi: 1 Mayıs 2024), <https://racingnews365.com/safety-car-f1> (20 Haziran 2023)
- [17] Reddit, (Eriřim Tarihi: 9 Mayıs 2024),
https://www.reddit.com/r/formula1/comments/s4hvsf/a_history_of_formula_one_safety_regulations/?rdt=38370 (1 Ocak 2022)
- [18] BBC, (Eriřim Tarihi: 10 Mayıs 2024)
http://news.bbc.co.uk/onthisday/hi/dates/stories/may/1/newsid_2479000/2479971.stm, (3 Mayıs 2011)
- [19] Formula 1 Dictionary, (Eriřim Tarihi: 9 Mayıs 2024) <https://www.formula1-dictionary.net/safety.html> (6 Mart 2015)
- [20] Magneto, (Eriřim Tarihi: 11 Mayıs 2024), <https://www.magnetomagazine.com/the-intriguing-evolution-of-formula-1-helmets/>, (6 Ocak 2022)
- [21] RTR Sport Marketing (Eriřim Tarihi: 5 Mart 2024)
<https://rtrsports.com/tr/blog/yeterlilikler-is-formulu-1/>, (28 Aralık 2023)
- [22] Liberty Media, (Eriřim Tarihi: 11 Mayıs 2024),
<https://f1tv.formula1.com/detail/1000006798/2023-italian-grand-prix?action=play>, (3 Eylül 2023)
- [23] Saran Bilgi Sistemleri, (Eriřim Tarihi: 11 Mayıs 2024), <https://ajansspor.com/formula-1/pistler>, (30 Aralık 2022)
- [24] (Eriřim Tarihi: 2024, 12 Mayıs), MACfit (6 Mart 2024)
<https://www.macfit.com/blog/spor/formula-1/f1-teknik-terimler-sozlugu#f1-de-teknoloji-ve-muhendislik-terimleri>, (15 Mayıs 2023)
- [25] Formulapedia, (Eriřim Tarihi: 6 Mart 2024), <https://formulapedia.com/telemetry-in-f1/> (28 Mart 2023)
- [26] Radio Reference, (Eriřim Tarihi: 13 Mayıs 2024),
[https://wiki.radioreference.com/index.php/Formula_1_\(F1\)](https://wiki.radioreference.com/index.php/Formula_1_(F1)), (24 Mart 2024)
- [27] Liberty Media, (Eriřim Tarihi: 12 Mayıs 2024),
<https://www.formula1.com/en/latest/article/how-do-f1-engine-penalties-work.7aLmj23MgHiv9Rin48ROrY>, (28 Haziran 2022)
- [28] Motors Inside (Eriřim Tarihi: 12 Mayıs 2024),
<https://www.motorsinside.com/en/f1/news/30647-pierre-gasly-receives-6-place-penalty-will-start-10th-on-grid.html#:~:text=In%20the%20end%2C%20the%20Frenchman,press%20conference%20following%20the%20qualifications.> (3 Haziran 2023)
- [29] Motor Sport, (Eriřim Tarihi: 12 Mayıs 2024),
<https://tr.motorsport.com/f1/news/tsunoda-hamiltoni-engelledigi-icin-uc-sira-grid-cezasi-aldi/10512030/> (3 Kasım 2023)

- [30] Liberty Media, (Eriřim Tarihi: 12 Mayıs 2024),
<https://www.formula1.com/en/latest/video.2023-sao-paulo-gp-qualifying-russell-handed-grid-drop-penalty-for-impeding-gasly.1781571137655646202.html>
- [31] Motor Sport (Eriřim Tarihi: 12 Mayıs 2024),
<https://www.motorsport.com/f1/news/sainz-handed-canada-f1-grid-drop-for-impeding-gasly/10484399/> (18 Haziran 2023)
- [32] (Eriřim Tarihi: 20 Mayıs 2024), <https://www.formula1.com/en/latest/article/piastri-loses-front-row-grid-slot-after-penalty-for-impeding-magnussen.66AzYMEkT7Qp6Twb7Dv5II> (18 Mayıs 2024)
- [33] F1 Tempo, (Eriřim Tarihi: 5 Nisan 2024), <https://www.f1-tempo.com/>
- [34] Mathworks, (Eriřim Tarihi: 5 Nisan 2024),
<https://www.mathworks.com/discovery/what-is-matlab.html>
- [35] Geogebra, (Eriřim Tarihi: 14 Mayıs 2024) <https://www.geogebra.org/m/RypWTBSV>
(15 Aralık 2020)
- [36] Liberty Media, (Eriřim Tarihi: 20 Mart 2024),
<https://f1tv.formula1.com/detail/1000006798/2023-italian-grand-prix?action=play> (3 Eylül 2023)
- [37] Liberty Media, (Eriřim Tarihi: 5 Nisan 2024),
<https://www.formula1.com/en/results.html/2023/races/1218/italy/qualifying.html> (3 Eylül 2023)
- [38] Motor Sport, (Eriřim Tarihi: 1 Mayıs 2024),
<https://tr.motorsport.com/f1/results/2023/italya-gp-628739/?st=Q3> (2 Eylül 2023)
- [39] Motor Sport, (Eriřim Tarihi: 1 Mayıs 2024),
<https://tr.motorsport.com/f1/results/2021/italya-gp-484852/?st=Q3> (2 Eylül 2023)
- [40] Motor Sport, (Eriřim Tarihi: 1 Mayıs 2024),
<https://tr.motorsport.com/f1/results/2022/italya-gp-539531/?st=Q3> (2 Eylül 2023)

9. EKLER

9.1. Ek-1

```
function varargout = monza10(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @monza10_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @monza10_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end
if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
function monza10_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
handles.x =
278.17*[6.53,6.43,6.34,6.24,6.14,6.04,5.95,5.85,5.75,5.65,5.55,5.46,5.35,5.26,5.16,5.
06,4.96,4.87,4.77,4.67,4.57,4.48,4.38,4.28,4.18,4.08,3.98,3.89,3.79,3.69,3.59,3.50,3.
40,3.30,3.21,3.22,3.12,3.03,2.93,2.84,2.75,2.65,2.55,2.45,2.36,2.26,2.16,2.06,1.97,1.
87,1.77,1.68,1.60,1.51,1.43,1.35,1.28,1.22,1.16,1.12,1.07,1.04,1.01,0.98,0.96,0.93,0.
92,0.90,0.88,0.86,0.85,0.83,0.82,0.80,0.78,0.77,0.75,0.73,0.72,0.63,0.55,0.51,0.48,0.
44,0.40,0.36,0.32,0.27,0.22,0.18,0.15,0.12,0.11,0.12,0.19,0.26,0.36,0.46,0.55,0.64,0.
74,0.84,0.94,1.03,1.29,1.36,1.41,1.47,1.53,1.58,1.63,1.69,1.75,1.81,1.86,1.92,1.98,2.
04,2.11,2.17,2.24,2.31,2.38,2.45,2.52,2.59,2.66,2.74,2.81,2.89,2.96,3.03,3.10,3.17,3.
24,3.32,3.39,3.46,3.53,3.60,3.67,3.74,3.82,3.91,4.01,4.11,4.21,4.29,4.37,4.44,4.54,4.
64,4.73,4.83,4.93,5.03,5.13,5.22,5.33,5.43,5.52,5.63,5.72,5.82,5.92,6.02,6.11,6.21,6.
30,6.40,6.51,6.60,6.70,6.80,6.90,6.99,7.09,7.19,7.29,7.38,7.48,7.58,7.68,7.78,7.88,7.
98,8.07,8.16,8.22,8.25,8.26,8.26,8.22,8.16,8.09,8.01,7.92,7.84,7.74,7.65,7.55,7.45,7.
35,7.25,7.16,7.05,6.96,6.87,6.77,6.67,6.60,6.53];
handles.y =
278.17*[0.56,0.55,0.55,0.55,0.55,0.55,0.55,0.54,0.54,0.54,0.54,0.53,0.53,0.53,0.53,0.
52,0.52,0.52,0.52,0.52,0.52,0.52,0.52,0.51,0.51,0.51,0.51,0.51,0.50,0.50,0.50,0.
50,0.50,0.54,0.65,0.62,0.60,0.57,0.53,0.51,0.49,0.48,0.47,0.47,0.47,0.48,0.48,0.
49,0.52,0.55,0.60,0.65,0.70,0.76,0.83,0.91,0.99,1.07,1.16,1.26,1.35,1.45,1.54,1.64,1.
73,1.83,1.93,2.02,2.12,2.22,2.31,2.40,2.49,2.59,2.70,2.79,2.89,2.91,2.99,3.08,3.17,3.
26,3.34,3.44,3.52,3.61,3.70,3.78,3.88,3.96,4.07,4.16,4.24,4.30,4.32,4.34,4.36,4.38,4.
40,4.42,4.44,4.45,4.41,4.33,4.25,4.17,4.09,4.02,3.93,3.85,3.77,3.69,3.61,3.53,3.45,3.
38,3.30,3.23,3.16,3.09,3.02,2.95,2.89,2.82,2.75,2.69,2.63,2.56,2.49,2.43,2.36,2.29,2.
23,2.16,2.09,2.02,1.96,1.90,1.83,1.77,1.71,1.69,1.70,1.71,1.71,1.68,1.62,1.56,1.52,1.
52,1.51,1.51,1.52,1.51,1.51,1.51,1.52,1.51,1.52,1.52,1.52,1.52,1.52,1.52,1.52,1.
52,1.52,1.52,1.52,1.52,1.52,1.52,1.52,1.51,1.51,1.51,1.51,1.51,1.51,1.51,1.
51,1.49,1.45,1.38,1.29,1.18,1.09,1.00,0.92,0.85,0.78,0.73,0.70,0.66,0.64,0.62,0.61,0.
60,0.59,0.58,0.58,0.57,0.56,0.56,0.56,0.55,0.56];

handles.hiz = [279 282 288 292 295 298 301 303 305 307 315 317 319 321 323 325 326
328 331 335 338 339 340 339 339 334 307 259 217 168 132 112 94 79 80 75 88 106 126
149 164 182 198 214 225 232 236 243 249 255 261 265 269 275 279 283 288 291 297 302
304 307 309 311 313 315 317 319 321 320 321 323 314 257 205 173 150 127 105 107 119
127 139 159 179 194 210 218 205 199 193 192 198 206 212 219226 232 234 213 201 187
179 181 188 195 208 215 218 220 220 231 237 237 241 247 241 225 246 252 255 258 255
253 259 264 270 277 281 288 293 296 299 301 303 305 308 310 314 281 236 214 195 184
191 206 215 222 227 233 238 240 244 247 249 251 253 254 254 259 264 271 276 280 287
292 296 299 302 306 309 311 313 314 315 316 319 320 321 322 322 323 322 321 320 317
305 273 233 219 205 199 203 207 213 219 227 237 244 253 258 266 271 275 276 276 277
278 278 279 279 279]
handles.hiz2 = 90*ones(1, 212);
```

```

interpFactor = 10;
handles.xi = interp1(1:length(handles.x), handles.x,
1:1/interpFactor:length(handles.x), 'linear');
handles.yi = interp1(1:length(handles.y), handles.y,
1:1/interpFactor:length(handles.y), 'linear');
handles.hizi = interp1(1:length(handles.hiz), handles.hiz,
1:1/interpFactor:length(handles.hiz), 'linear');
handles.hizi2 = interp1(1:length(handles.hiz2), handles.hiz2,
1:1/interpFactor:length(handles.hiz2), 'linear');
set(handles.axes1, 'Color', 'none');
yeni_arka_plan = imread('yeni_arkaplan_resmi.jpg');
ax = axes('Parent', handles.figure1, 'Units', 'normalized', 'Position', [0 0 1 1]);
imagesc(yeni_arka_plan, 'Parent', ax);
uistack(ax, 'top');
uistack(handles.axes1, 'top');
axes(handles.axes1);
plot(handles.xi, handles.yi, 'b-', 'LineWidth', 2.5);
title('AUTODROMO NAZIONALE MONZA', 'Color', 'r', 'FontSize', 16);
hold on;
axis off;
handles.output = hObject;
guidata(hObject, handles);
function varargout = monza10_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
cla reset;
plot(handles.xi, handles.yi, 'b-', 'LineWidth', 2.5);
title('AUTODROMO NAZIONALE MONZA', 'Color', 'r', 'FontSize', 16);
hold on;
axis off;
markerSize = 10;
h1 = plot(handles.xi(1), handles.yi(1), 'ro', 'MarkerSize', markerSize,
'MarkerFaceColor', 'r');
h2 = plot(handles.xi(1), handles.yi(1), 'go', 'MarkerSize', markerSize,
'MarkerFaceColor', 'g');
h3 = plot(handles.xi(1), handles.yi(1), 'wo', 'MarkerSize', markerSize,
'MarkerFaceColor', 'y');
h4 = plot(handles.xi(1), handles.yi(1), 'mo', 'MarkerSize', markerSize,
'MarkerFaceColor', 'm');
plot(handles.xi(1), handles.yi(1), 'w|', 'MarkerSize', markerSize, 'MarkerFaceColor',
'k');
k1 = 1;
k2 = 500;
k3 = 650;
k4 = 800;
starttime = tic;
anlikzaman = toc(starttime);
h1turzamani = 0;
h2turzamani = 0;
h3turzamani = 0;
h4turzamani = 0;
pistuzunlugu = length(handles.xi);
h1turbaslangiczamani = tic;
h2turbaslangiczamani = tic;
h3turbaslangiczamani = tic;
h4turbaslangiczamani = tic;
while true
    anlikzaman = toc(starttime);
    if anlikzaman >= h1turzamani && ishandle(h1)
        set(h1, 'XData', handles.xi(k1), 'YData', handles.yi(k1));
        h1turzamani = (anlikzaman / handles.hizi(k1));
        k1 = k1 + 1;
    end
end

```

```

    if k1 > length(handles.xi)
        k1 = 1;
        hizliturzamani = toc(h1turbaslangiczamani);
        set(handles.text10, 'String', num2str(hizliturzamani));
        h1turbaslangiczamani = tic;
    end
    if anlikzaman >= h2turzamani && ishandle(h2)
        set(h2, 'XData', handles.xi(k2), 'YData', handles.yi(k2));
        h2turzamani = (anlikzaman / handles.hizi2(k2));
        k2 = k2 + 1;
    if k2 > length(handles.xi)
        k2 = 1;
        yavasturzamani = toc(h2turbaslangiczamani);
        set(handles.text16, 'String', num2str(yavasturzamani));
        h2turbaslangiczamani = tic;
    end
end

if anlikzaman >= h3turzamani && ishandle(h3)
    set(h3, 'XData', handles.xi(k3), 'YData', handles.yi(k3));
    h3turzamani = (anlikzaman / handles.hizi2(k3));
    k3 = k3 + 1;
    if k3 > length(handles.xi)
        k3 = 1;
        yavasturzamani = toc(h2turbaslangiczamani);
        h2turbaslangiczamani = tic;
    end
end

if anlikzaman >= h4turzamani && ishandle(h4)
    set(h4, 'XData', handles.xi(k4), 'YData', handles.yi(k4));
    h3turzamani = (anlikzaman / handles.hizi2(k4));
    k4 = k4 + 1;
    if k4 > length(handles.xi)
        k4 = 1;
        yavasturzamani = toc(h2turbaslangiczamani);
        h2turbaslangiczamani = tic;
    end
end

end
if k1 > k2
    sayac = anlikzaman/0.0133;
    set(handles.text18, 'String', sprintf('%0.2f saniye', sayac));
end
if k1 > k3
    sayac2 = anlikzaman/0.01;
    set(handles.text29, 'String', sprintf('%0.2f saniye', sayac2));
end
if k1>k4
    sayac3=anlikzaman/0.0083;
    set(handles.text30, 'String', sprintf('%0.2f saniye', sayac3));
break
end
end
k1 = 1;
k2 = 500;
k3 = 650;
k4= 800;
starttime = tic;
anlikzaman = toc(starttime);
h1turzamani = 0;
h2turzamani = 0;
h3turzamani = 0;
pistuzunlugu = length(handles.xi);
h1turbaslangiczamani = tic;
h2turbaslangiczamani = tic;
kronometrecalistir = true;

```

```

kronometrecalistir2 = true;
while true
    anlikzaman = toc(starttime);
    if kronometrecalistir
        gegenSure = toc(starttime);
        set(handles.text5, 'String', sprintf('%.2f saniye', gegenSure));
    end
    if kronometrecalistir2
        gegenSure2 = toc(starttime);
        set(handles.text33, 'String', sprintf('%.2f saniye', gegenSure2));
    end
    if anlikzaman >= h1turzamani && ishandle(h1)
        set(h1, 'XData', handles.xi(k1), 'YData', handles.yi(k1));
        h1turzamani = (anlikzaman / handles.hizi(k1));
        set(handles.text14, 'String', sprintf('%.0f Km/sa', handles.hizi(k1)));
        k1 = k1 + 1;
        if k1 > length(handles.xi)
            k1 = 1;
            hizliturzamani = toc(h1turbaslangiczamani);
            set(handles.text9, 'String', num2str(hizliturzamani));
            h1turbaslangiczamani = tic;
        end
    end
    if anlikzaman >= h2turzamani && ishandle(h2)
        set(h2, 'XData', handles.xi(k2), 'YData', handles.yi(k2));
        set(h3, 'XData', handles.xi(k3), 'YData', handles.yi(k3));
        set(h4, 'XData', handles.xi(k4), 'YData', handles.yi(k4));
        h2turzamani = (anlikzaman / handles.hizi2(k2));
        h3turzamani = (anlikzaman / handles.hizi2(k3));
        h4turzamani = (anlikzaman / handles.hizi2(k4));
        set(handles.text13, 'String', sprintf('%.0f Km/sa', 75));
        set(handles.text26, 'String', sprintf('%.0f Km/sa', 75));
        set(handles.text22, 'String', sprintf('%.0f Km/sa', 75));
        k2 = k2 + 1;
        k3 = k3 + 1;
        k4 = k4 + 1;
        if k3 > length(handles.xi)
            k3 = 1;
        end
        if k4 > length(handles.xi)
            k4 = 1;
        end
        if k2 > length(handles.xi)
            k2 = 1;
            yavasturzamani = toc(h2turbaslangiczamani);
            set(handles.text9, 'String', num2str(yavasturzamani));
            h2turbaslangiczamani = tic;
        end
    end
    stoptime = toc(starttime);
    if stoptime < sayac
        kronometrecalistir = true;
        set(handles.text5, 'String', sprintf('%.2f saniye', stoptime));
        if sayac - stoptime < 10;
            set(handles.text6, 'String', 'Arkandaki araçla mesafe 10 Saniye');
        end
    else
        stoptime > sayac
        kronometrecalistir = false;
    end
    if k1>k2 && k1-k2>30
        set(handles.text6, 'String', ' ');
    end
    if k1 > k2
        mesafe = (pistuzunlugu - k1 + k2);
    else

```



```

        mesafe = k2 - k1;
    end
    set(handles.text2, 'String', sprintf('%0.f metre', mesafe * 2.73));
    stoptime = toc(starttime);
    if stoptime < sayac2
        kronometrecalistir2 = true;
        set(handles.text33, 'String', sprintf('%0.2f saniye', stoptime));
        if sayac2 - stoptime < 10;
            set(handles.text21, 'String', 'Arkandaki araçla mesafe 10 Saniye');
        end
    else
        stoptime > sayac2
        kronometrecalistir2 = false;
    end
    if k1>k3 && k1-k3>30
        set(handles.text21, 'String', ' ');
    end
    if k1 > k3
        mesafe2 = (pistuzunlugu - k1 + k3);
    else
        mesafe2 = k3 - k1;
    end
    set(handles.text32, 'String', sprintf('%0.f metre', mesafe2 * 2.73));
    stoptime = toc(starttime);
    if stoptime < sayac3
        kronometrecalistir3 = true;
        set(handles.text34, 'String', sprintf('%0.2f saniye', stoptime));
        if sayac3 - stoptime < 10;
            set(handles.text25, 'String', 'Arkandaki araçla mesafe 10 Saniye');
        end
    else
        stoptime > sayac3
        kronometrecalistir3 = false;
    end
    if k1>k4 && k1-k4>20
        set(handles.text25, 'String', ' ');
    end
    if k1 > k4
        mesafe3 = (pistuzunlugu - k1 + k4);
    else
        mesafe3 = k4 - k1;
    end
    set(handles.text31, 'String', sprintf('%0.f metre', mesafe3 * 2.73));
    pause(0.001);
end
function figure1_ButtonDownFcn(hObject, eventdata, handles)
function text6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)

```