

TEKNOFEST İSTANBUL

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

ROBOTAKSİ – BİNEK OTONOM ARAÇ YARIŞMASI

KRİTİK TASARIM RAPORU



ARAÇ VE TAKIM ADI: ÇÜTEK, HİDRONOM

TAKIM KAPTANI: İsa İmadoğlu

DANIŞMAN ADI: Dr.Öđr.Üyesi Tayfun ÖZGÜR

İÇERİK

1. Takım Organizasyonu	3
2. Ön Tasarım Raporu Değerlendirmesi	5
3. Araç Fiziksel Özellikleri	5
4. Sensörler	8
5. Araç Kontrol Ünitesi	8
6. Otonom Sürüş Algoritmaları	8
7. Sistem Entegrasyonu	9
8. Özgün Bileşenler	9
9. Güvenlik Önlemleri	10
10. Test	10
11. Referanslar	10



1. Takım Organizasyonu

Takımımızda 2 kişi Bilgisayar Mühendisliği, 12 kişi Otomotiv Mühendisliği, 6 kişi Elektrik-Elektronik Mühendisliği ve 1 kişi Endüstri Mühendisliği öğrencisi olmak üzere toplam 21 öğrenci faaliyet göstermektedir.

- Takımımızda otonom sürüş algoritmaları, Bilgisayar Mühendisliği öğrencilerinin olduğu iki kişilik Otonom ekibi tarafından sağlanmakta,
- Elektrik ekibinde Elektrik-Elektronik Mühendisliği öğrencileri görev almaktadır. Elektrik ekibi aracın tüm elektrik aksamından sorumlu olarak, mekanik yürür aksam ve otonom özelliklerin elektrikselleştirilmesini gerçekleştirmekle yükümlü olmakta,
- Otomotiv Mühendisliği ve Endüstri Mühendisliği öğrencilerinden oluşan Mekanik ekibimiz aracın şase, kabuk, yürür aksam ve tüm mekanik parçaların tasarımı ve üretiminden sorumlu olmakta,
- Takımımızın ve alternatif enerjili otonom araçların tanıtımı, gerekli bütçelerin belirlenmesi ve sponsorluk dahilinde karşılanması ise Sponsorluk Ekibimiz tarafından gerçekleştirilmektedir.

Ekip Liderlerinin gösterildiği Organizasyon Şeması aşağıda bulunmaktadır



Şekil 1 Organizasyon şeması

- Takımımızda otonom sürüş algoritma ve yazılımlarıyla büyük ölçüde İsa İmadoğlu ve Alperen Çiçek ilgilenmekte,
- Elektronik parçalar ve sistemleri ile ilgili çalışmalara Elektronik ekibi lideri Nihat Tarık Çetinkaya önderlik etmekte,
- Mekanik parçaların tasarımı ve üretiminde İsmet Atak liderliğinde Mekanik ekibimiz görev almaktadır.

Yapılacak işlerin üç ana bölüme ayrıldığı İş Zaman Grafiđi aşağıda bulunmaktadır.



Şekil 2 İş - zaman grafiği

2. Ön Tasarım Raporu Değerlendirmesi

Ön Tasarım Raporu'nda tarafımızdan hazırlanan planların geneli tutarlı bir şekilde ayarlanmış işlerden oluşmaktadır. Donanımsal olarak araçta kullanılacak motorlardan aracın hızlanmasını sağlayacak olan ve sol arka tekerleğe doğrudan bağlı olan fırçasız dc motor ve frene basılması için ihtiyacımız olan 12 V lineer motor (XDHA12-100) elimizde mevcut ve aktif durumdadır. Yazılımsal olarak ise yan kameralarla çizgiler izlenebilecek ve sağ ön kamerayla da trafik işaretleri izlenip tespit edilecektir.

Bunlarla birlikte, Raspberry Pi 4'ün piyasaya sürülmesi sebebiyle, aracın beyni olarak kullanmayı düşündüğümüz Nvidia Jetson Tx2 yerine, ki Raspberry Pi 4 cihazı 500 TL bandındayken Nvidia Jetson Tx2 4000 TL bandında, daha uygun fiyatlara temin edebileceğimiz bu yeni ürünün kullanılması olasılıklar arasındadır. Aracın direksiyonunu kontrol etmemize yardımcı olacak servo motor çeşitlerine bakıldığında ise, 4Nm torka sahip, Aracın Fiziksel Özellikleri kısmında belirttiğimiz motorun kullanılması düşünülmüştür. Yaptığımız hesaplar doğrultusunda, ortalama 500 TL değerindeki bu motor aracımızın dönüş kabiliyetini sağlamak için yeterli olacaktır. Ancak olası bir güç yetersizliği göze alınarak, dişlilerle güçlendirilerek 20Nm torka sahip olan farklı bir servo motor B planı olarak belirlenmiştir. Bu sistemin maliyeti ise 3000 TL civarında olacaktır.

Toplamda Ön Tasarım Raporu'nda beyin, motor, kameralar ve ekstra maliyetler için 9 bin lira civarı bir bütçe ayrılması düşünülmüş, Kritik Tasarım Raporu'na göre ise değişen parçalarla maliyetin yine 9 bin lira civarı olması ön görülmektedir.

3. Araç Fiziksel Özellikleri

Otonom sürüş özelliğine sahip olacak aracımızda direksiyonun, frenin ve gazın elektronik parçalarla sağlanması gerektiği bilinerek bu konuda çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Otonom sürüş özelliğine sahip olacak aracımızda direksiyona bağlı pinion dişlisi, motorumuzun yerleştirilebilmesi adına düzenlenerek tekrar üretilmiştir. Tarafımızdan denenen 4 Nm torka sahip servo motor[1] yazılan kod ile çalıştırılıp aracımızın yönlendirme testleri yapılmıştır. Ancak viraj almalarda sıkıntı yaşanması halinde daha güçlü bir servo motor da seçenek olarak belirlenmiştir.

Fren kısmında ise, fren pedalına lineer motor vasıtasıyla direkt müdahale edecek fren sistemi kod ile kontrol edilmektedir. Aracımızda gaz pedalı yerine potansiyometre kullanılması sebebiyle gaz kontrol işlemi aracı kontrol eden sistem üzerine yazdığımız kodun gönderdiği sinyallerle kontrol edilmektedir.



Şekil 3 Direksiyon dişlisinde kullanılan servo motor

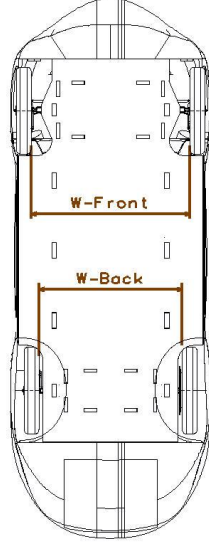
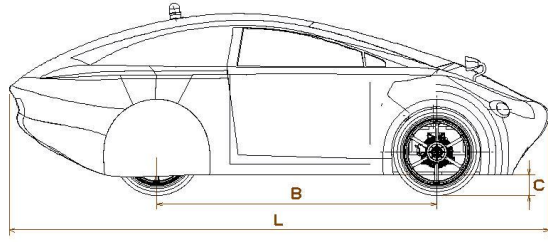
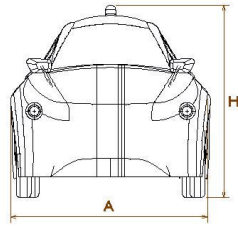


Şekil 4 Frenleme kuvvetini sağlayan lineer motor

Aracımızın fiziksel özellikleri içeren tablo, boyutlarını gösteren görsel ve Tübitak Efficiency Challenge 2018'den fotoğrafları ve aşağıda bulunmaktadır.

	Birim	Değer
Uzunluk	mm	3460
Genişlik	mm	1280
Boy	mm	1150
Teker sayısı	#	4
Şase	malzeme	Karbon Fiber Kompozit
Kabuk	malzeme	Karbon Fiber Kompozit
Fren sistemi		3 Teker Hidrolik Fren
Ön taker çapı	mm	558
Ön taker genişliği	mm	95
Arka taker çapı	mm	558
Arka taker genişliği	mm	95
Motor	tip	Hub Motor
Motor gücü	kW	1.2 kW
Batarya	tip	Lilon
Fuel cell gücü	kW	1 kW

Şekil 5 Fiziksel özellikler



	Minimum Value (mm)	Value (mm)	Maximum Value (mm)
A	1200	1269	1800
B	1300	1800	-
C	100	134	-
H	1000	1237	-
L	2000	3472	4250
W-Front	1000	1023	-
W-Back	800	922	-

Şekil 6 Araç boyuları



Şekil 7 Tübitak Efficiency Challenge 2018

4. Sensörler

Araçta ortamı algılamak için kameralar ve ultrasonik mesafe sensörleri kullanılacaktır. Özellikle kameralar, çizgilerin algılanması, trafik levhalarının seçilmesi, boş park yerlerinin algılanması için hayati önem taşımaktadır.

Araçta dört adet kamera kullanılması planlanmıştır. Bunlardan birincisi yolu ve park yerlerinin tespit edilmesini sağlayacak olan ana kamera, ikincisi trafik kurallarına uyulması için levhaları izleyecek olan yan kamera, üçüncü ve dördüncüsü ise sağ ve sol şerit çizgilerini takip ederek bize kesin veriler sunan yan kameralar olacaktır. Kameralardan alacağımız görüntüler, OpenCV[2] ile işlenip anlamlı çıkarımlarda bulunulacaktır.

Ultrasonik mesafe sensörleri de, karşımıza çıkabilecek engeller ve alınması gereken virajlarda yardımcı olacaktır. Ultrasonik mesafe sensörlerinden alınacak veriler kullanılarak aracımızın hareketini belirleyen kodlamalar pekiştirilecektir.

5. Araç Kontrol Ünitesi

Araçta kullanılmak üzere Raspberry Pi 4 bilgisayarı seçilmiştir. Çünkü bu bilgisayar, küçük boyutlu ve 4 GB Ram kapasitesine sahip olup, aracımızı yönetecek yapay zeka ve görüntü işleme algoritmalarını işleyebilmesi sebebiyle gayet ideal bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bilgisayar kullanılarak tüm sistem kontrol edilip verilen görevler başarıyla yerine getirilecektir.

Kablosuz haberleşme sistemi için iki adet kablosuz haberleşme modülü[3] alınmıştır. Bunlardan bir tanesi araçtaki sisteme, diğeri ise bir adet Arduino Uno[4]'ya bağlayarak haberleşmeleri sağlayacaktır. Araca uzaktan haber iletmemizi sağlayan Arduino Uno'ya bağlı sistemi uzaktan kumanda olarak düşünecek olursak, uzaktan kumandamızda aracı çalıştırmayı ve acil bir durum olduğunda aniden durdurmayı sağlayan iki adet buton bulunacaktır. Böylece aracı uzaktan çalıştırılması, uzaktan acil durdurulma özelliği kullanılabilir.

6. Otonom Sürüş Algoritmaları

Aracımızın trafik işaretlerini tanıması adına Şekil Tanımlayıcılar (Shape Descriptors) ile desteklenmiş olan Şablon Eşleştirme (Template Matching)[5] görüntü işleme yöntemleri kullanılacaktır.

Şerit takibi için Canny algoritması üzerinde çalışılmış ve elde ettiğimiz resimlerden şeritleri çıkarılması sağlanmıştır.

Aracın yönlendirilmesi ve park etme esnasında Bulanık Mantık(Fuzzy Logic) kullanılarak çeşitli görevler yerine getirilecektir.

Bulanık mantık, çevremizdeki olguları kümeler, otonom aracımızı da bu kümelerin belirli oranlarda elemanı olarak görerek hayatımızı kolaylaştıran bir Yapay Zeka algoritmasıdır.

7. Sistem Entegrasyonu

Kontrol yazılımını yapabilmek için Raspberry Pi 4 cihazımıza, bir Linux işletim sistemi olan Linux Mint'i yükleyerek üzerinde yazdığımız C++ ve Python kodlarını çalıştıracacağız. Python kullanarak gerekli yapay zeka ve görüntü işlemlerini yapıp, sisteme görev vermek için C++ ile gömülü işletim yazılımlarını sağlayacağız. Aynı zamanda sisteme veri toplamak adına kullandığımız her donanımların(bkz. Sensörler ve Kameralar)birleşim noktası araç kontrol ünitesi olan Raspberry Pi 4 olacaktır.

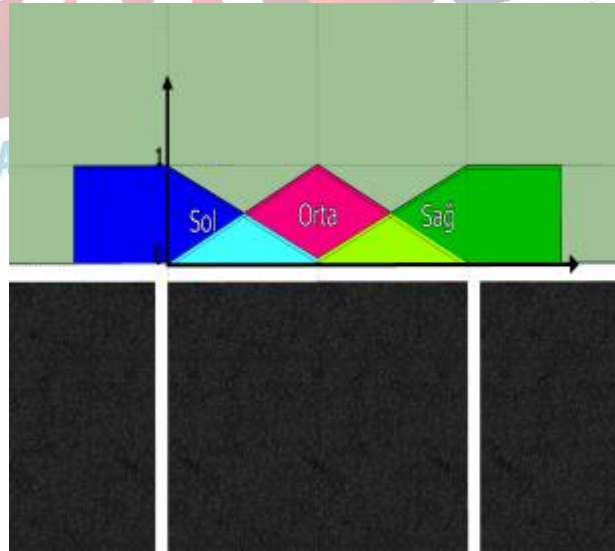
8. Özgün Bileşenler

Aracımızda kullanılacak park sisteminin, görüntü işleminin dışında Bulanık Mantık Teorisi[6] içermesi sebebiyle, genellikle üniversite öğrencileri tarafından denenmeyen bir Yapay Zeka sistemi kullanılmış olacaktır. Farklı kümeler için yazılacak üyelik fonksiyonlarıyla gerçek bir dünyada otonom bir aracın görevleri nasıl yerine getirdiği görülecektir.

Aracımız, tamamen takımımız üyesi öğrenciler tarafından tasarlanmış ve büyük bir özenle üretilmiştir.

Aracımızın otonom kabiliyeti için kullandığımız kameralar ve sensörlerden maksimum fayda sağlası amacıyla çalışılmaktadır. Olabildiğince çok verim almak adına yan kameralarımız servo motorlar üzerine monte edilecek; bu şekilde aracımız park haline geçmek için konumlanırken önce çevre kontrolü için yatay pozisyona gelecek, daha sonra ise park alanı içerisinde doğru konumlanmak için ise tekrardan yere bakacak şekilde eğik pozisyona gelecektir. Bu mantık diğer yerleşik kameralara nazaran işlevsel anlamda daha yüksek verim alınmasını sağlayacaktır.

Raspberry Pi 4 [7] tarafından yürütülen güçlü sistem sayesinde uzaktan haberleşme, görüntü işleme, yapay zeka gibi teknolojileri barındırmasını planladığımız bu araç, önümüzdeki senelerde yaygınlaşması planlanan araç tiplerinin prototipi niteliğindedir.



Şekil 8

9. Güvenlik Önlemleri

Bu kısımda yarışma şartnamesinde belirtilen güvenlik ihtiyaçlarının karşılanması için alınan önlemler ve çözüm yöntemleri açıklanır. Güvenlik önlemlerine yönelik kullanılan malzemeler belirtilir.

Test aşamasında yaşanması olası sıkıntıların hayati zarara sebep açmaması için öncelikle sistemin her parçası ayrı ayrı test ediliyor ve edilecektir. Her parça test edildikten sonra parçalardan bütüne gidilip gerekli testler yapılarak, hatasız montajlarla, hatasız bir sistem elde etmek için çalışılmaktadır.

Olası tehlikeli durumlar için ani kurtarıcı önlemlerimiz düşünülerek bu doğrultuda hareket edilmektedir. Yarışma esnasında ve test aşamasında, araçtan alınan veriler anlık olarak kontrol edilecek ve yarışma sırasında bir problem oluşması halinde, kablosuz acil durdurma özelliği kullanılarak aracın kendine ve etrafına zarar vermesi önlenecektir.

Söz konusu güvenlik olduğunda sistemimizin çok iyi çalıştığı durumda bile gerekli önlemlerin alınması gerektiğini düşündüğümüzden, araca, olası otonom dışı aksaklıklarda (bkz: Mekanik veya Elektriksel arıza) aracın şeritten çıktığı algılanırsa, otomatik sistemler ile fren yapılıp sistemi kapatma opsiyonunu entegre edilecektir.

Aracımız halihazırda TÜBİTAK Efficiency Challenge için hazırlanan Etkinlik Kitapçığı (Rules) içeriğine uygun haldedir ve Tübitak Efficiency Challenge 2018 teknik denetimini başarıyla tamamlayarak bu yarışta piste çıkmaya hak kazanmıştır.

10. Test

Aracımızdaki işleyişin düzenli olup olmadığını, aldığımız verilerin tutarlılıkları göz önüne alınarak değerlendirilmektedir. Algoritmalarımızın işlenmesi sonucunda gelen verilerin başarılarını ölçme amacıyla, kendi verilerimizle algoritmaların sonucunda gelen veriler kıyaslanmaktadır.

Verilerin kaliteli bir şekilde geldiği görüldüğü takdirde, bu verilerin sisteme doğru bir şekilde etki edip etmediği gözlemlenmektedir.

Kullandığımız bu yöntem sayesinde sistemimizin problemsiz işleyişi güvence altına alınmaktadır.

11. Referanslar

- [1] <http://www.roboweb.net/power-hd-ultra-yukek-torklu-servo-hd-1235mg-rw-pl-2375.html>
- [2] <https://opencv.org/>
- [3] https://www.direnc.net/nrf24l01-wireless-modul?lang=tr&h=ad7831fa&gclid=Cj0KCOiAheXiBRD-ARIsAODSpWOTMAuYL2G9-3WDuFHYe6G9as7lv2YIIOf4q_NzwbPtuv9XGVBSHYaAqEYEALw_wcB
- [4] <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
- [5] https://docs.opencv.org/2.4/doc/tutorials/imgproc/histograms/template_matching/template_matching.html
- [6] https://web.itu.edu.tr/~yesileng/bulanik_kume_tanimlar.htm
- [7] <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-desktop-kit/>