TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

AKILLI ULAŞIM YARIŞMASI
PROJE DETAY RAPORU

TAKIM ADI: TEAM VEGA

PROJE ADI: TOWBOT-2

BAŞVURU ID: 388996

PROJE KAPSAMI: HAVA

İçindekiler

Proje Özeti…… 1
Problem/Sorun……..... 1
Çözüm…….2
Yöntem……3
Yenilikçi (İnovatif) Yönü……6
Uygulanabilirlik……..6
Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması…… 6
Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar)…… 7
Riskler…… 7
Kaynakça……8

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

TOWBOT-2 projesi; Towbot haliyle 2021 Teknofest Akıllı Ulaşım kategorisinde finalist olmaya hak kazanan ve hava limanlarında yer hizmetleri alanında görev yapan bireylerin maddi-manevi kayıplarını önlemek amacıyla geliştirilmiş pushback aracının havalimanlarının karbon emisyonunu azaltma ihtiyacına uygun olarak güncellenmiş versiyonudur.

Son yıllarda insanlığın karşı karşıya kaldığı en büyük sorun ve ortak kaygı olarak, küresel ısınma ve küresel iklim değişikliği gösterilmektedir. Üretim ve tüketim faaliyetleri sonucunda atmosfere salınan sera gazlarının küresel ısınma ve yaşanan iklim değişikliklerine bir etkisinin olduğu ortaya çıkmaktadır[7].Sera gazının oluşumunda en önemli etkenlerden birisi de ulaşım sektörüdür.Hava yolu ulaşımı insanlığa daha hızlı ve konforlu ulaşım imkânı sunmakla birlikte gürültü, hava ve su kirliliği oranları ile iklim üzerinde olumsuz etkiler bırakmaktadır[1].Çağımızın artan küresel ısınma sorunu ile birlikte fosil yakıt fiyatlarının günden güne artması havacılıkta hem ekonomik hem de çevresel olarak fosil yakıt tüketiminin daha az olmasının sağlayacak çalışmaları gerekli kılmaktadır.Hava limanlarında fosil yakıt tüketiminin azaltılması günümüz teknolojilerinin inovatif kullanımı ile sağlanabilir mi sorusuna cevap arayan Towbot-2 projesi çevresel sürdürülebilirlik ile havacılık sektöründe karbon ayak izini azaltmayı amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda literatür taramaları ile hava alanlarında karbon salınımına sebep olan faaliyetler incelenerek bu faaliyetlerden uçağın yerdeki taxi hareketi ile pushback işlemleri esnasında oluşan karbon salınımını azaltmaya yönelik çözüm geliştirilmiştir.

2. Problem/Sorun:

Sera gazları salınımları içerisinde miktar olarak, karbondioksit gazlarının salınımı başta gelmektedir[7].Hava ulaştırması, insan faaliyetleri sonucu üretilen karbondioksit (CO_2) yayılımının %2' sinden ve tüm ulaştırma kaynaklı CO_2 salınımının ise %12'sinden sorumludur (IATA, 2013). Havaalanları faaliyetleri ise tüm havacılık emisyonları içinde yaklaşık %5 CO_2 emisyon payına sahiptir[1].

Uçakların iniş/kalkış sayıları ve seyir aşamalarında harcadıkları yakıt sonucu oluşan sera gazları ile hava kirleticileri, iklim değişikliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu unsurların gelecekteki olumsuz etkilerini azaltmak, ancak uygun emisyon envanterleri ve ilgili teknoloji stratejileri sağlayarak mümkün olacaktır[6].Uçak motorları sebebiyle oluşan iki önemli emisyon sorunu bulunmaktadır. Birincisi yerde manevra(taxi) sırasında düşük güçle yüksek yanma verimi sağlamak için yüksek miktarda yakıtın yakılmasıyla oluşan fazla miktarda yanmamış hidrokarbonun ortaya çıkması ve bu hidrokarbon miktarının azaltılmasının zorunluluğudur. İkincisi ise kalkma, tırmanma ve seyir esnasında uçaklardan oluşan nitrojen oksitlerdir[6].

Phase	CO_2 emissions (kg)	% weight
Taxi-in	5,978,707	11
Taxi-out	12,189,449	22
Approach	10,019,453	18
Take-off	17,526,256	32
Climb-out	9,277,248	17
Total	54,991,113	

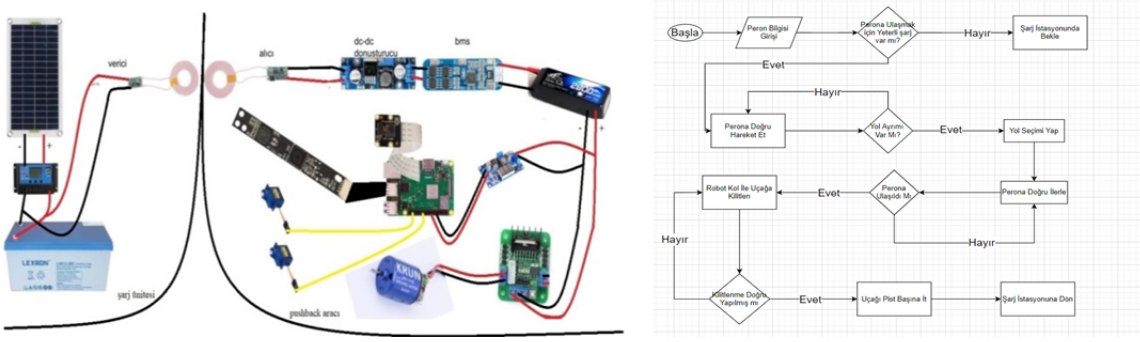
Tablo 1: Bolonya Havalimanı 2013 yılına ait LTO döngüsü sırasında salınan CO_2 miktarı[8],

Tablo 1'de görüldüğü üzere uçakların LTO(Literatürde iniş/kalkış) döngüsü sırasında oluşan toplam CO_2 salınımının yaklaşık %10 u taxi işlemi esnasında gerçekleşmektedir. Havalimanlarında uçağın hareketi dışında, uçuş öncesi yer destek ekipmanı olan pushback

araçları da kullanmış oldukları fosil yakıtlar ile çevreye zarar veren gaz emisyonu kaynakları arasındadır[6]. Bu sorun alanına yönelik çözüm arayan havayolu şirketlerinden British Airways "elektrikli" ve "uzaktan kumandalı" pushback araçlarını geliştirmiştir[9].Ancak araç uçağa sadece pushback işleminde destek sağlamakta, taxi işlemi esansında yine karbon salınımı yapılmaktadır.Aynı soruna çözüm olarak geliştirilen ve hibrit motora sahip olan TaxiBot aracı ise pushback işleminden sonra uçağın motorlarını çalıştırmadan taxi yapmasına olanak sağlamaktadır[3]. Ancak bu sistemde kullanılan içten yanmalı motor fosil yakıt kullanmaktadır.

3. Çözüm

Towbot-2 projesi ile geliştirilen sistem piyasada mevcut olarak karbon salınımı sorununa yönelik üretilen alternatiflerinden farklı olarak;tam otonom sürüş becerisine sahip olması,elektrikli olması,uçağı pist başına kadar götürmesi(pushback ve taxi işlemini bir arada yaptırması),şarj modülünün yenilenebilir enerji kaynağı kullanması özelliklerinin hepsini bir arada sunmaktadır. Böylece LTO döngüsünde pushback ve taxi işlemlerinin her aşamasına bağlı meydana gelen karbon salınımının önlenmesine katkı sağlanacaktır.Towbot-2 araç ve şarj ünitesi olmak üzere iki ana sistemden oluşmaktadır.Aracın üzerinde bulunan 1. Kameradan alınan görüntü yapay zeka ve görüntü işleme teknikleri ile işlenerek çizgi takibi yapılması sağlanmaktadır. Aracın hangi yolu takip edeceğine ilişkin bilgi aracın kontrolcü kartı olan "Raspberry Pi 3B+"a VNC Server üzerinden gönderilmektedir. Güncellenen yol takip algoritması aracın kendisine ulaşan yol bilgisi dâhilinde istenilen güzergâha yönelmesini sağlamaktadır. Aracın kontrolcü kartına ikinci kamera olarak yerleştirilen "OV2659 USB kamera" robot kolu kontrol ederek çekme traktörünün uçağa güvenli kilitlenmesinin kontrolünü sağlamaktadır. Araç görevini güvenli bir biçimde tamamladıktan sonra bekleme alanında bulunan şarj modülüne gitmektedir. Araç şarj ünitesine entegre kablosuz şarj vericisinden gelen elektrik enerjisi öncelikli olarak voltaj regülatör devresine, oradan BMS modüle gelerek bataryanın şarj edilmesi sağlanmaktadır. Daha sonra bataryadan aracın ihtiyaç duyduğu güç "Raspberry pi 3B+ karta" ve "motorlara" gönderilmektedir.Şarj ünitesi araca, bekleme pozisyonunda iken kablosuz olarak şarj olma imkânını sağlamaktadır. Aracın şarj ünitesinde şarj pozisyonuna uygun doğru konumlanması araç üzerine yerleştirilen "OV2659 USB kamera" ile kontrol edilmektedir. Ünite PV panel kullanarak güneş enerjisinden elde ettiği elektrik enerjisini jel aküde depolamaktadır. Güneş ışınlarının sürekli aynı açıda gelmemesinden kaynaklanan farklı frekans değerleri üniteye yerleştirilen "MMPT" modül ile dengelenmektedir.Sistemin elektronik bileşenlerini gösteren şema Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1: TOWBOT-2 Sistemi Elektronik Devre Elemanları Şeması ve Araç Algoritması

4. Yöntem

Projenin istenilen amaca ulaşmasını sağlamak amacıyla öncelikle proje yönetim planı oluşturulmuştur ve çalışmalar bu yönetim planı dâhilinde sürdürülmektedir. Proje yönetim planı Tablo 2'de verilmiştir.

Basamak No	Yönetim Basamağı	Basamak İçeriği
1	Sorun analizinin yapılması	Sorun ağacı tekniği ile iklim değişikliğine sebep olan sorunlar belirlenmiştir.
2	Sorunun belirlenmesi	Hava ulaştırmasına ilgi duyan takım üyeleri tarafından iklim değişikliği üzerinde havayolu ulaşımının sebep olduğu sorun tespit edilmiştir.
3	Çözüm önerilerinin sunulması	Havacılıkta karbon ayak izinin azaltılmasına yönelik çözüm önerileri beyin fırtınası tekniği ile tartışılmıştır. Daha önce havalimanlarında farklı bir soruna çözüm üretmek amacıyla geliştirilen Towbot-1 projesinin konusu alan pushback işleminin sebep olduğu karbon salınımına yönelik çözüm geliştirilmesi kararlaştırılmıştır.
4	Çözümün belirlenmesi ve risk analizinin yapılması	Yer hizmetleri alanında hizmet sunan pushback araçlarının ve taxi işleminin sebep olduğu karbon salınımını azaltmaya yönelik ürün geliştirilmesi kararlaştırılmış ve risk analizi yapılarak karşılaşılacak sorunlar etki matrisi ile değerlendirilmiştir.
5	Ürünün geliştirilmesi	İş paketleri tanımlanmıştır.
6	Sonuçların değerlendirilmesi	Yapılan test sonuçlarının değerlendirilmesi yapılmaktadır.
7	Meydana gelen hataların giderilmesi ve yeniden değerlendirme yapılması	Meydana gelen olası hatalar düzeltilerek sistem yeniden teste tabi tutulacaktır.

Tablo 2: Proje Yönetim Planı

Proje yönetiminin 5. basamağı olan ürün geliştirme çalışmaları belirlenen 4 iş paketi dâhilinde yürütülmektedir. İş paketlerine uygun görev tanımları yapılarak takım üyelerinin görev bölümü yapılmıştır.

İş Paketi Adı	İş Paketi İçeriği	Sorumlu Takım Elemanları
İş paketi 1	Mevcut Araç Prototipinin Güncellenmesi	Yakup Altuntaş,Vuslat Seçkin Laçin -Özgür Yıldırım
İş paketi 2	Güneş Paneli Eklentili Şarj Ünitesinin Oluşturulması	Vedat Öztürk,Meryem Can
İş paketi 3	Havalimanı Senaryosunun Oluşturulması	Hasan Berk Özyürek
İş paketi 4	Testlerin Yapılması	Tüm Takım Üyeleri

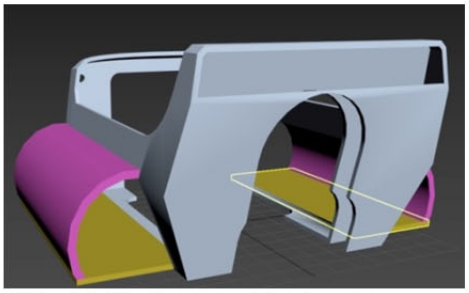
Tablo 3: İş Paketleri Tanımı ve Görev Dağılımı

İş paketleri ile ilgili detaylı açıklamalar aşağıda verilmiştir.

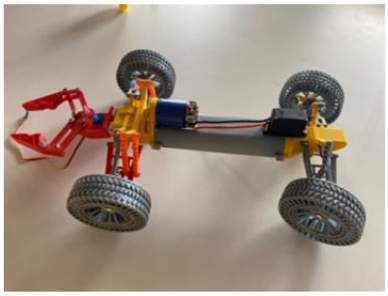
İş Paketi 1: Aracın güç tüketimini azaltmak ve donanımsal karışıklığı engellemek için ilk prototipte kullanılan mikro denetleyici "Arduino kart" ile kontrol edilen devre elemanları "Raspberry Pi 3B+" mini bilgisayara aktarılmıştır. Araç yazılımı algoritması yol seçim algoritması eklentisi ve elektronik devre kontrollerinin Raspberry üzerinden kontrol edileceği şekilde güncellenmiştir. Aracın görev algoritmasının akış şeması Şekil 2'de verilmiştir.

Aracın motor gücünü buna bağlı olarak hızını arttırmak için araçta kullanınan 500 rpmlik redüktörlü iki dc motor yerine 1 adet 20000 rpmlik off road tipi yüksek torklu fırçalı motor kullanılmıştır. Motora uygun olarak "6-12V 2S-3S 320A Fırçalı ESC" motor sürücü kartı kullanılmıştır.

İlk prototipte araç tekerleklerinin yetersiz kalmasından dolayı yeni prototipte tekerlek boyutları büyütülerek, araç şasisi güncellenen donanımlara uygun 3d yazıda yeniden basılmıştır. Araca ait üst kapak tasarımı 3 boyutlu olarak tasarlanıp baskıya hazır hale getirilmiştir. Kilitlenmeyi sağlayacak olan 3d yazıcıda basılmış robot kol mekanizması araç şasisine yerleştirilmiştir. Yenilen araç şasisinin görüntüleri görsel 1 ve görsel 2'de verilmiştir.

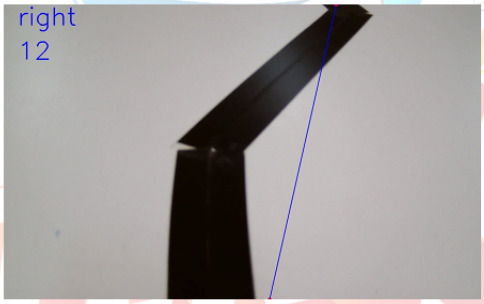


Görsel 1: Yenilenen şasi üst kapak tasarımı

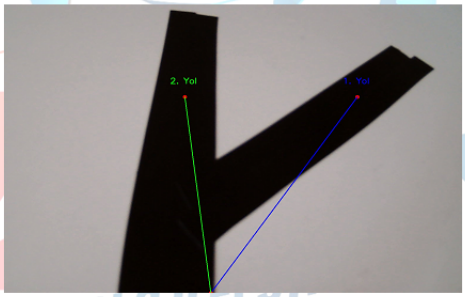


Görsel 2: Araç alt şasi ve tutma kolu

Araç yazılımı aracın zeminde bulunan yollar üzerinde ilerlemesine imkan verecek ölçüde geliştirilmiştir. Yazılım "Python" programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. Python programlama dili içerisinde bulunan "OpenCv" ve "Numpy" kütüphaneleri araç kamerasından alınan görüntünün işlenmesine olanak sunmaktadır. Araç kamerasından alınan görüntü üzerine öncelikle Eşikleme (Threshold) işlemi uygulanmakta daha sonra Canny (Kenar Belirleme) işlemi uygulanarak yolların kenarları ortaya çıkarılmaktadır. Daha sonrasında yazılım yol üzerinde ilgili bir nokta belirleyerek aracın hareket yönünü tespit etmektedir [Görsel 3]. Tespit edilen bu nokta aracılığıyla yolun eğim açısı hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu eğim açısı doğrultusunda aracın ön yönlendirme sistemi (steering system) ilgili pozisyona getirilerek aracın hareketi sağlanmaktadır. Ayrıca geliştirilen yazılım yol ayrımlarının bulunduğu yerlerde yolları ayrı ayrı tespit ederek ilgi yol üzerinden aracın hareketine devam etmesini sağlamaktadır [Görsel 4]. Robot kolun uçağa doğru bir şekilde kilitlenip kilitlenmediği araç üzerinde bulunan 2 numaralı kameradan kontrol edilmektedir. Kilitlenmenin yanlış yapıldığı durumlarda robot kol kilitleme işlemine yeniden başlamaktadır.

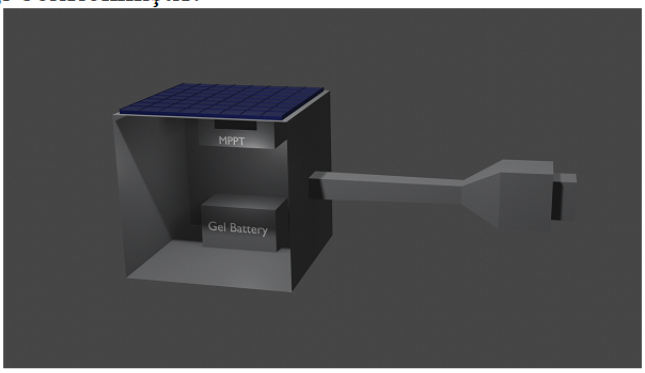


Görsel 2: Aracın Yol ve Açı Tespiti



Görsel 3: Yol Ayrımında Yolların Tespiti

İş Paketi 2:Güç ünitesinin 3 boyutlu tasarımı yapılmıştır[Görsel 5]. PV panelden bulunduğumuz bölge şartları dahilinde elde edilecek enerji hesaplamaları yapılarak Jel akü üzerinde ne kadarlık enerji depolanacağı, depolanan enerji ile araca kaç kez pushback ve taxi işlemi yaptırılabileceği belirlenmiştir.



Görsel 4: Şarj Ünitesinin 3D Modellemesi

Hesaplamalar:

İlk olarak güneş panelinden elde edilecek enerjinin depolanacağı akü belirlenmiştir. Akü seçimi yaşadığımız şehirdeki güneşlenme saatleri baz alınarak aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir.

$$\frac{Güneşlenme\ saati\ x\ panel\ gücü}{Batarya\ gerilimi}\ x\ güvenlk\ katasayısı$$

İlgili formülde bulunan güvenlik katsayısı için yaşadığımız bölgenin yıllık güneşli gün sayısı (125) baz alınmıştır.

$$Güvenlik\ Katsayısı = \frac{365}{125} \cong 3$$

İlgili hesaplamalar sonucunda yaklaşık "88 Ah" değerine ulaşılmıştır. Buna bağlı olarak 12V 84 Ah'lik bir jel akü seçiminde bulunulmuştur.Seçilen akü kapasitesi aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır.

$$\frac{Güneşlenme\ saati\ x\ panel\ gücü}{Batarya\ gerilimi} = \frac{7{,}2h\ x\ 50W}{12V} = 30Ah$$

Yaşadığımız bölgedeki güneşli gün sayısı yılın yaklaşık 1/3'ü olduğu için 30Ah'lik dolum 3 günde bir sağlanacaktır. Buna göre aracın günlük tüketimi 10 Ah ile sınırlandırılmalıdır.

Daha sonra aracın güç tüketimi hesaplanmıştır.Araç bileşenlerinin güç tüketimi Tablo 4'te detaylandırılmıştır.

Elektronik Bileşen	Güç Tüketim Verisi (W)	Verimlilik	Nihai Güç Tüketimi (W)
Raspberry Pi 3B	5	%90	5,5
Dc Motor	2,7		3
Servo Motor	1		1,1
Kamera 1	1,4		1,5
Kamera 2	0,3		0,33
Toplam Güç Tüketimi			11,4

Tablo 4: Araç güç tüketim verileri

Aracın güç tüketimi donanımların "datahseet"inden verilen parameterelere göre hesaplanmıştır.Sistem verimlilikleri tam belli olmadığı için sistemin çektiği akım için %10'luk kayıp bırakılmıştır.Depolanan güç aktarılırken kablosuz şarj cihazı + DC/DC dönüşürücü + BMS + Batarya + 12V/5V dönüştürücü + Motorlar/kameralar/Raspberry Pi bileşenlerinden geçecektir. Bu geçiş sağlanırken sistemler %100 verimle çalışmayacaktır. Bu yüzden bu sistemlerin verimlilikleri %90 kabul edilmiştir.

$$\frac{Toplam\ Güç\ Tüketimi}{Verimliliklerin\ Çarpımı} = \frac{11{,}4W}{0{,}9\ x\ 0{,}9\ x\ 0{,}9\ x\ 0{,}9\ x\ 0{,}9\ x\ 0{,}9} \cong 22W$$

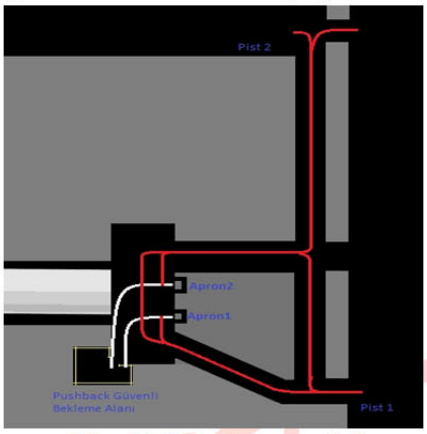
Aracın güç tüketimine bağlı olarak çektiği akım aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$Akım = \frac{Güç}{Gerilim} = \frac{22\ W}{12V} = 1{,}83\ A$$

Bu hesaplamaya göre araç 1 saatte 1,83 Ah akım çekecektir. Aracın güç kaynağı olan bataryanın kapasitesi 2,8 Ah'dir. Bu durumda aracımız mevcut güç tüketimiyle üzerindeki bataryayı kullanarak 2,8/1,83 ≅ 1,5 saat çalışabilmektedir. Aracımız bir görevini tanımlanan hava limanı senaryosunda 5 dakikada gerçekleştirmektedir. 90 dakikada 90/5=18 görev gerçekleştirmektedir. Akü kapasitesine bakıldığında aracın 10/1,8 = 5,5 saat'lik çalışma gücünü sağlayacak enerji depolandığı görülmektedir. Bu durumda kullanılan jel akünün günlük kullanım kapasitesi aracın 66 pushback işlemini gerçekleştirecek yeterliliktedir.

İş Paketi 3: Havalimanı modeli oluşturulmuştur. Model üzerinde test yapmamızı sağlayan uçak modeli oluşturulmuştur. Modellenen havalimanına günlük 20 uçağın iniş kalkış yapması kurgulanmıştır. Bu iniş kalkış planı dâhilinde aracın testleri yapılacaktır.

İş Paketi 4:Şarj ünitesinin tamamlanmasının ardından aracın şarj ünitesinden ayrılması, pusback ve taksi işlemini gerçekleştirmesi ve şarj modülüne geri dönmesi şeklinde planlanan tam görev döngüsü dâhilinde testler yapılacaktır.



Görsel 3: Havalimanı modeli

Görsel 4:Uçak modeli

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Yapılan literatür taraması, pushback araçlarının çoğunun fosil yakıtları kullandığını göstermektedir[1].Motokok ve Taxibot isimli pushback araçları elektrik enerjisi kullanmaktadırlar ancak bu araçlar tam otonom sürüş becerisine sahip değillerdir[3][9]. Sonuç olarak; enerji ihtiyacını yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlayan, tam otonom sürüş becerisine sahip, pushback ve taxi işlemini beraber yaptırma özelliklerinin hepsinin bir arada bulunduran aracın bir benzerine literatürde rastlanmamıştır.

6. Uygulanabilirlik

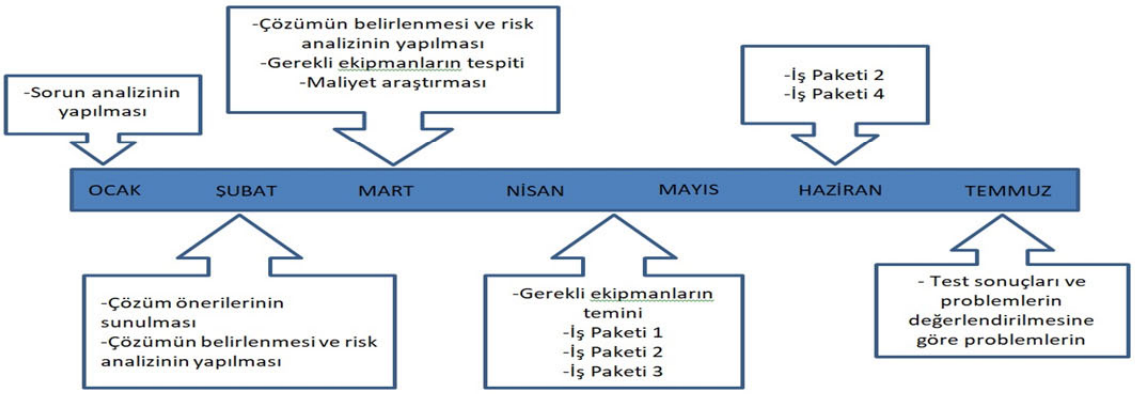
Gerçek bir havaalanında çalışabilme imkanı olmamasından dolayı aracın ilk versiyonu prototip olarak üretilmiştir. Aracın güncellenen ikinci versiyonu da bu prototipe yapılan eklentiler ile geliştirilmiştir. Araç prototipinde günümüz otomotiv sektöründe kullanılan otonom sürüş ve görüntü işleme teknolojileri kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklı şarj istasyonunda kullanılan sistem güneş panelinden gelen enerjiyi depolama prensibine göre çalışmaktadır. Farklı sektörlerde kullanılan bu sistemlerin birlikte çalışmasını sağlayan proje ürünü uygun destekler dâhilinde havacılık sektörüne hizmet sunacak biçimde ticari ürüne dönüştürülebilir.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Tablo5: TOWBOT 2 Maliyet ve Harcama Planı

Malzeme	Marka/Model	Fiyat (TL)	Adet	Link	Harcama Planı	
					Ay	Yıl
PV Panel-Dönüştürücü Dahili	50W Güneş Paneli Taşınabilir Esnek Monokristal Güneş Kiti	518,1	1	https://bit.ly/gunes-paneli-50w	Mayıs	2022
Kablosuz Alıcı-Verici	Motorobit Kablosuz Şarj Devresi 5V 2A Telefon Şarj Modülü	193,44	1	https://bit.ly/kablosuz-sarj-modulu	Mayıs	2022
DC-DC (Opsiyonel)	XL6009 4A Voltaj Yükseltici Regülatör Kartı	22,05	1	https://bit.ly/regulator-yukseltici-4a	Mayıs	2022
3S BMS	3S 10A 12V BMS 18650 Li-ion Pil Korumalı Balans Devresi	23,6	1	https://bit.ly/li-ion-pil-balans	Mayıs	2022
Raspberry Pikamera Modülü 1	2 milyon piksel, 60° geniş açılı lens, USB kamera modülü, OV2659	120,58	1	https://amzn.to/3shXpp0	Mayıs	2022
Batarya	3s 2800mah 40C Lipo Batarya 11.1V Pil	637,2	1	https://www.f1depo.com/urun/3s-2800mah-40c-lipo-batarya-11-1v-pil	Ağustos	2021
Mini Bilgisayar	Rapsberry Pi Model 3 B+	848,37	1	https://www.robotistan.com/raspberry-pi-3-model-b-plus	Ağustos	2021

Motor Sürücü Kartı	6-12V 2S-3S ESC 320A ESC Fırçalı ESC	177	1	https://l24.im/lkTb8w	Mayıs	2022
Motor	KRUNRC 540 21T 35T 45T 55T 80T 540 için fırçalanmış Motor	20,21	2	https://l24.im/7cjn	Mayıs	2022
Raspberry Pikamera Modülü 2	Rapsberry Pi Camera Model 1.3	200,18	1	https://www.robocombo.com/Raspberry-Pi-Kamera-Modulu,PR-79.html	Eylül	2021
12-5 V Dönüştürücü	LM2596 Ayarlanabilir DC/DC Voltaj Regülatörü	44,25	1	https://www.robolinkmarket.com/lm2596-ayarlanabilir-dc	Mayıs	2022
Servo Motor	MG90S Servo Motor	50,02	1	https://l24.im/5blg	Mayıs	2022
Servo Motor	SG90 RC Mini (9gr) Servo Motor	33,81	1	https://l24.im/TFziD	Ağustos	2021
Jel Akü	12v 84 AMPER (AH) EFB START-STOP MUTLU AKÜ	1200	1	https://l24.im/FlxsRL	Mayıs	2022
TOPLAM MALİYET(TL)		**4109,02**				



Şekil 5: Proje zaman çizelgesi

8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar):

Projenin hedef kitlesi hava limanlarında yer hizmetleri alanında hizmet veren ve yeşil hava limanı projesi kapsamında karbon emisyonunu azaltmaya yönelik çözümler üreten hava limanı işletmeleridir.

9. Riskler

Risk No	Projenin Hayat Geçirilmesi Sırasında Oluşabilecek Riskler	Çözüm Önerileri
1	Motorun yurtdışından temin edilmesinden dolayı oluşabilecek teslimat sorunları	Benzer özelliklere sahip alternatif bir motor temin edilmesi
2	İhtiyaç duyulan ödeneğin zamanında alınamaması	Okul yönetiminden alternatif bütçe oluşturulmasının talep edilmesi
3	Aracın elektriksel bağlantıları sırasında yaşanabilecek kazalar	Bağlantıların yapım aşamasında uzman akademisyenlerden destek alınması
4	3D baskı sırasında oluşabilecek olumsuzluklar	Okul çevresindeki diğer eğitim kurumlarından 3D baskı talep edilmesi
5	Proje zaman takvimine uyulmaması	Haftalık toplantılar ile çalışma saatlerinin sıklaştırılması

Tablo 6: Risk tablosu

Olasılık x Etki		Etki				
		Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Olasılık	Çok Düşük					
	Düşük				2	
	Orta	4	1			5
	Yüksek				3	
	Çok Yüksek					

Tablo 7: İlgili risklerin numaralarına göre olasılık-etki matrisi üzerinde gösterimi

10. Kaynakça ve Rapor Düzeni

[1] Yildiz, M., Mutlu, S., (2020). Sivil Havacılıkta Elektrikli Yer Hizmetleri Teçhizatı Kullanımı: Faydalar, Kısıtlar ve Öneriler, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 8(1), 314-325.

[2] Kılıç, D.,&Turgut, M. (2019). Kentsel lojistik açısından İstanbul Havalimanı ve Atatürk Havalimanı'nın değerlendirilmesi. KOCATEPEİİBF Dergisi, Aralık, 21(2), 148-157.

[3] Hospodka, J., 2014, "Electric Taxiing – Taxibot System," Mag. of Aviation Devel., Vol. 2, No. 10, Sayfa:17-20,Erişim adresi: https://doi.org/10.14311/MAD.2014.10.03
[4]Lukic, M., Giangrande, P., Hebala, M., Nuzzo,S., Galea, M., Aralık 2019, "Review, Challenges, and Future Developments of Electric Taxiing Systems,",IEEE Transactions on Transportation Electrfication, vol. 5, no. 4,

[5] Wikipedia, Pushback,3 Mart 2021,Erişim Tarihi: 2021,Erişim Adresi: https://tr.wikipedia.org/wiki/Pushback

[6] K. Kumaş , O. İnan , A. Ö. Akyüz ve A. Güngör , "Muğla Dalaman Havalimanı Uçaklardan Kaynaklanan Karbon Ayak İzinin Belirlenmesi", *Academic Platform - Journal of Engineering and Science*, c. 7, sayı. 2, ss. 291-297, May. 2019, doi:10.21541/apjes.466338

[7]Öktem, B. (2020). KARBON EMİSYON İŞLEMLERİNİN MUHASEBELEŞTİRİLMESİ . Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi , 5 (2) , 313-323 . DOI: 10.29106/fesa.733834

[8] L.Mantecchini, M.N.Postorino,E.Gualandi, Integration between aircraft and handling vehicles during taxiing procedures to improve airport sustainability, International Journal of Transport Development and Integration 1(1):28-42, Mayıs 2016, Erişim Tarihi: 2021, Erişim Adresi: https://www.researchgate.net/figure/Saved-fuel-cost-for-companies-operating-at-bologna-airport_tbl5_303666393

[9] Nergiz, A., British Airways Elektrikli Pushback Araçları Kullanıyor, 30 Ekim 2017,Erişim Tarihi: 2020,Erişim Adresi: https://www.havayolu101.com/2017/10/30/british-airways-elektrikli-push-back-araclari-kullaniyor/