

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

ENGELSİZ YAŞAM TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI PROJE DETAY RAPORU

PROJE ADI: Engelsiz Dijital Yaşam: EnDY

TAKIM ADI: Code-SIM

Başvuru ID: 447295

TAKIM SEVİYESİ: Üniversite-Mezun

İçindekiler

1. Proje Özeti	1
2. Problem Durumunun Tanımlanması	1
3. Çözüm.....	3
4. Yöntem.....	4
4.1. Nesne Tespiti	5
4.2. Boşluk Tespiti	6
4.3. Şerit Takibi	6
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü	8
5.1. Mekanik ve Elektronik	9
5.2. Yazılımsal	10
6. Uygulanabilirlik.....	11
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması	12
8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar)	12
9. Riskler	12
10. Kaynaklar.....	15

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

İnsanın çevresindeki olayları anlamasını, etrafındaki **objeleri/nesneleri/durumları tespit edip** tehlikelere karşı dikkatli olmasını sağlayan en önemli duyu organı **gözdür**. Fakat doğuştan meydana gelen ya da çevresel faktörlerin etkisiyle gelişen rahatsızlıklar gözün yapısının bozulmasına, görme duyusunun azalmasına ve hatta kaybolmasına sebep olur. Dünya Sağlık Örgütü'nün 2021 yılında yaptığı araştırmaya göre dünyada yaklaşık 1.3 milyar kişi görme problemi yaşamaktadır ve bu kişilerin yaklaşık 36 milyonu görme duyusunu tamamen kaybetmiştir. Ülkemizde ise görme engelli bireyler ülke nüfusunun yaklaşık %0.3'ünü oluşturmaktadır (İsa vd., 2021). Bu oranlar incelendiğinde ülkemizde ve benzer oranda dünyada görme kaybına sahip birçok birey olduğu tespit edilmiştir. Görme kaybı doğuştan gelen bir hastalık olabildiği gibi göz damarlarındaki tıkanıklık, göz sinirlerindeki bozukluklar, şeker hastalığı ve yaşlılık gibi birçok durumda da sonradan ortaya çıkabilmektedir. Görme kaybı, bireylerde çevreleri ile olan iletişimlerin azalmasına/kopmasına yani sosyal yaşamdan uzaklaşmasına ve günlük ihtiyaçlarını bile karşılayamamalarına sebep olabilmektedir (Yutmaz vd.,2021). Bu kapsamda bu problemi çözmek ve görme konusunda problem yaşayan bireylerin çevre ile olan iletişimlerini artırmak amaçlı “Engelsiz Dijital Yaşam:EnDY” projesi önerilmiştir.

Bu projede özellikle görme bozukluğu olan bireyler (görme engelli, görme kaybı bulunan, yaşlı vb.) hedef alınarak bu bireylerin günlük yaşamlarının kolaylaştırılması ve sosyal yaşamdan kopmamaları hedeflenmiştir.

Bu amaçla ilk olarak akıllı mini bir otonom araç (İKA) geliştirilmiştir. Daha sonra bireyler alışveriş merkezleri, hastaneler ve havaalanları gibi kapalı ortamlara giriş yaptıkları andan itibaren otonom aracın onlara eşlik etmesi sağlanacaktır. Otonom araç sayesinde bireyler için bu kapalı alanlarda karşılarına çıkabilecek farklı nesnelere yapay zeka yöntemleri ile tespit edilebilecek ve derin öğrenme yöntemleri sayesinde nesnelere sınıflandırılması yapılacaktır. Böylece bireylere çevre ile olan iletişimlerinde yardım edilmesi planlanmaktadır. Kapalı Ortam Simülasyonu Şekil 1’de verilmiştir.

Bu çalışma bünyesinde,

1. Otonom aracın **belirli bir mesafeden** bireyin önünden gitmesi ve bireyleri yönlendirmesi
2. Otonom aracın üzerinde entegre edilecek kamera ve sensörler sayesinde bireyin çevresindeki **nesnelere, merdivenlerin ve boşlukların algılanması**
3. Çevredeki nesne durumunun ve bireylerin karşısına çıkabilecek engellerin bilgilerinin bireylere **sesli komut ile uyarı olarak bildirilmesi**
4. Görme bozukluğu yaşayan bireylerin **kapalı ortamlarda da yönlerini güvenli bir şekilde bulması** şeklinde **4 temel ana hedef** bulunmaktadır.



Şekil 1. Kapalı Ortam Simülasyonu

2. Problem Durumunun Tanımlanması:

Görme bozukluğu olan bireylerin yaşam kalitelerini iyileştirmek, günlük sosyal yaşamda aktif rol almaları gibi gündelik yaşamda karşılaşılabilecekleri zorlukları kolaylaştırmak ve bu bireylerin teknoloji dünyasında aktif olarak dahil edilmesi için yüksek kaliteli yardımcı

sistemler geliştirilmesine ihtiyaç olduğu literatürdeki çalışmalarda vurgulanan bir durumdur (Reyes Leiva vd., 2021). Havaalanları, geniş ve açık alanlar, alışveriş merkezleri gibi kalabalık ortamlarda gezinmek bu ortamlarda karşılaşılabilecek engellerden dolayı görme bozukluğu yaşayan bireyler için yorucu bir durumdur. Özellikle kapalı ortamlarda görme zorluğu yaşayan bireylerin bağımsız hareket edebilmesi, görme engelli birey toplulukları için önemli bir zorluk olarak kabul edilmektedir (Carroll vd., 2021; Darling et al., 1977; Williams vd.,2013; Abdolrahmani vd., 2021).

EnDY projesinin ÖDR dökümanında P1, P2 ve P3 problemleri olmak üzere ve bu dökümanda ek olarak çalışmaya eklenen P4 problemi ile toplamda **4 önemli probleme çözüm bulabilmesi için** bu proje tasarlanmıştır. Bu problemler,

P1 problemi. Alışveriş merkezi gibi kapalı ortamlarda görme bozukluğu yaşayan bireylerin yönlerini bulması için yeterli sayıda yardımcı ekipman bulunmaması

P2 problemi. Görme bozukluğu yaşayan bireylerde bulunan akıllı bastonların yerdeki küçük nesnelere algılamakta güçlük çekmesi

P3 problemi. Bu tür kapalı ortamlara rehber köpeklerin girişlerinin sınırlandırılması

P4 problemi. Alışveriş merkezi gibi kapalı ortamlarda yapılan görsel pano duyurularının görme bozukluğu yaşayan bireyler için anlaşılabilir hale getirilmesi

P1 probleminin çözümü için kapalı ortamlarda görme bozukluğu yaşayan bireylerin yönlerini bulmasında en çok standart beyaz baston kullanılmak üzere, çeşitli iç mekan navigasyon uygulamaları ve farklı mobil uygulamalar bulunmaktadır. Bu ürünler gündelik yaşamda kullanılmalarına rağmen kapalı ortamlarda uygulanabilirlikleri açısından oldukça fazla dezavantajları bulunmaktadır. Örneğin; standart beyaz bastonun sınırlı algılama aralığı, iç mekan navigasyon uygulamalarının karmaşık koridorlarda doğru sonuçlar vermemesi ve rotadan sapması, mobil uygulamaların ise göre bozukluğu yaşayan bireyler için kullanım zorluklarının bulunması görme bozukluğu yaşayan bireylerin kapalı ortamlarda yönlerini bulmaya yardımcı cihazların oldukça sınırlı olduğunun bir kanıtıdır (Fernando vd., 2021). Geliştirilen projede P1 probleminin çözümü için klasik çözümlere ek olarak çevresinde bulunan objeleri/nesnelere/durumları algılayıp görme bozukluğu olan bireye bilgi vererek uyarıcı akıllı mini bir otonom araç (İKA) geliştirilmiştir.

P2 probleminin çözümü için literatürde farklı algılama özelliklerine sahip akıllı baston gibi çeşitli elektronik seyahat yardımcı ekipmanları geliştirilmiştir. Bu ekipmanlar uygun fiyatlı olmalarına rağmen, kullanıcıya *yeterli güvenlik sağlamamaktadır*. Çünkü akıllı baston ve diğer yardımcı ekipmanlar yalnızca engel algılama ve uyarıcı cihazları olarak işlev görecektir şekilde sınırlıdır. *Küçük nesnelere yüzeyleri de küçük olduğunda* bu cihazlar yerde bulunan *bu tür küçük nesnelere* algılamakta güçlük çekmektedir. Geliştirilen projede P2 probleminin çözümü için otonom araçta çevrede bulunan nesnelere algılamak için hem yapay zeka tabanlı görüntü işleme teknikleri hemde ultrasonik sensör kullanılmaktadır. Böylelikle geliştirilen otonom araç geniş bir nesne algılama aralığına sahip olmasının yanı sıra yüksek doğrulukla nesnelere tespit edebilmektedir.

P3 probleminin çözümü için önerilen rehber köpeklerin çoğunlukla gün boyunca bakıma ihtiyaçları bulunur. Yani bireylerin kendi programlarını ve rehber köpeklerin programlarını en optimum seviyede birleştirmeleri gerekmektedir. Ayrıca rehber köpek eğitimi, yorucu ve zaman alıcı bir iştir ve bu köpeklerin sadece 8 yıllık çalışma ömürleri vardır. Daha sonra bireyin yeni bir köpekle her şeye yeniden başlatılması gerekmektedir. Kısaca rehber köpekler, düşük gelirli

ortamlarda yaşayan (%90) görme engelli insanlar için uygun bir seçim değildir. Geliştirilen projede P3 probleminin çözümü için klasik çözümlere ek olarak belirli bir ortamda bulunduğu parkuru takip eden ve/veya bulunduğu ortamı haritalandırarak otonom sürüş kabiliyeti bulunan çevresinde bulunan akıllı mini bir otonom araç (İKA) geliştirilmiştir.

P4 probleminin çözümü için literatürde çocuklar, yetişkinler, yaşlılar ve görme bozukluğu olan bireyler de dahil olmak üzere çeşitli uygulamalarda sesli asistanlar kullanılmaktadır. Sesli asistanlar, bir ekran ve klavye aracılığıyla bilgi aramada güçlük çeken bireyler için erişilebilir bir araç olarak kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalar göstermiştir ki henüz görme bozukluğu yaşayan kullanıcılar için sesli asistanların kullanımlarına çok fazla odaklanılmamıştır. (Abdolrahmani vd., 2021) Geliştirilen projede P4 probleminin çözümü için görsel bilgileri ses bilgisine dönüştürüp görme bozukluğu yaşayan bireye ileten bir sesli asistan sisteminin geliştirilen mini otonom araca entegre edilmektedir. Yukarıda verilen P1, P2, P3 ve P4 problemlerine karşılık literatürde geliştirilen çözümler incelendiğinde bu problemlerin günümüzde hala bir çözüme kavuşmadığı görülmektedir.

3. Çözüm

Bu problemleri gidermek amaçlı EnDY projesi ile;

1. Görme kaybı yaşayan bireyler büyük kapalı ortamlara giriş yaptıkları andan itibaren otonom aracın yardımcı olarak bireylere eşlik etmesi,
2. Görme kaybı yaşayan bireylerin kapalı ortamlarda yönlerini bulabilmelerini sağlamak için, çevrenin gerçek zamanlı kameralar ve çeşitli sensörler aracılığı ile algılanması, ortamlarda karşılaşılabilecekleri nesnelere yapay zeka yöntemleri ile tespit edilmesi, sınıflandırılması ve buldukları yerin çevre bilgisinin bireylere verilmesi,
3. Kapalı ortamlarda rehber köpekler yerine bireylere yardımcı olacak mini akıllı otonom araçların kullanılması,
4. Kapalı ortamlardaki görsel pano duyuruları için yapay zeka temelli gerçek zamanlı obje tanıma sistemi kullanılıp tanınan objenin sese dönüştürülerek görme kaybı yaşayan bireye sesli bir şekilde iletilmesi sağlanacaktır.

Bu amaçla çalışmada otonom araç tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Şekil 2'de otonom araç mekanik kurulum aşamaları verilmiştir.



Şekil 2. Otonom Araç Mekanik Kurulum Aşamaları

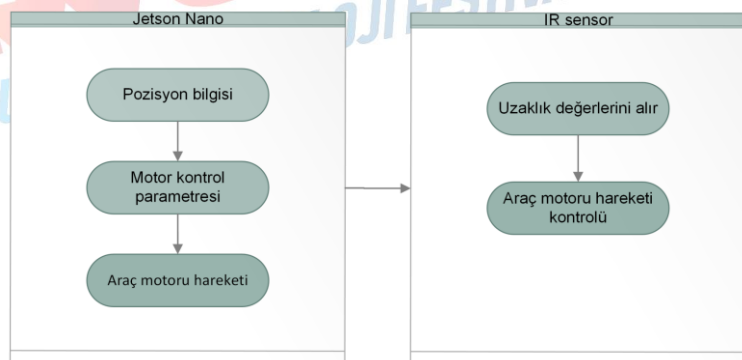
Otonom araçta arka motorlar demir gövdeye M3*6 vidalar ile vidalanmıştır. Kare şeklindeki pad gövdeye M3*26 standoff'lar ve M3*8'lik vidalar ile vidalanmıştır. Arka tekerleklere kuplörler M4*8 vidalar ile vidalanmıştır. Bu kuplörler motorlara siyah vidalar yardımıyla tutturulmuş ve ardından servo motor yuvası M3*8 vidalar ve M3 somunlar ile metal gövdeye vidalanmıştır. Servo motora bağlanılacak olan demir çubuğa, biri düz biri yuvarlak olmak üzere, iki adet ufak bilyalı mafsal bağlanmıştır. Servo bağlantı hub'ı ve onun tutucusu, düz başlı mafsala M2.5*12 vidalar ve M2.5 somun ile vidalanmıştır. Ön tekerlek takımına bağlanacak olan demir çubuğa iki büyük bilyalı mafsal bağlanmıştır. Aks mafsallarının doğru yüzlerine büyük ve küçük rulmanlar oturtulmuştur. Ön tekerlek takımına bağlanılan demir çubuğun istediğiniz bir tarafına, sırasıyla; servo motora bağlanılan çubuktaki bilyalı mafsal, ön tekerlek takımına bağlanılan bilyalı mafsal ve aks mafsalı, M2.5*20 vida ve M2.5 somun ile vidalanmıştır. Ardından diğer tarafına, sırasıyla bilyalı mafsal ve aks mafsalı, M2.5 *16 vida ve M2.5 somun ile vidalanmıştır. Ön tekerlekler, aks mafsallarına, M4 vidalar ve M4 somunlar yardımıyla vidalanmıştır. Servo motor, yuvasına M3*8 vidalar ve M3 somunlar ile vidalanmıştır. Üçgen şekilli demir parçalar, M3*22 standoff'lar ve M3*8 vidalar yardımıyla, ön teker takımının geleceği yere sabitlenmiştir. Ön tekerleklere bağlı olan aks mafsalındaki delikler ve daha önce sabitlediğimiz üçgen demirlerin ön kısımlarındaki delikler hizalanarak M2*30 vidalar ve M2 somunlar ile vidalanmıştır.

EnDY projesinin **toplumsal faydaları** aşağıda verilmiştir.

- Görme kaybı yaşayan bireyler için kapalı alanlarda hareket özgürlüğü sağlanması.
- Kapalı alanlarda bulunma girişiminde olamayan görme kaybı yaşayan bireyler için toplum içerisinde yer almalarının kolaylaştırılması.
- Görme kaybı yaşayan insanların her türlü ortamda bulunabilecekleri yargısı toplum geneline yansıtılacaktır.
- Engelsiz yaşam alanında yapılan bu proje ile bu alanda tespit edilen çeşitli eksikliklerin giderilmesi.

4. Yöntem

Çalışmada NVIDIA JetRacer AI kit tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Şekil 3'te Jetson Nano verilmiştir. Araç üzerine entegre edilmiş olan **gerçek zamanlı kamera ve sensörler yardımıyla çevredeki nesnelere yapay zeka yöntemleri** ile tespit edilmeye çalışılmaktadır. Nesne tanıma için **derin öğrenme modelleri** kullanılarak sınıflandırılma yapılmakta ve sonuçlar bildirim

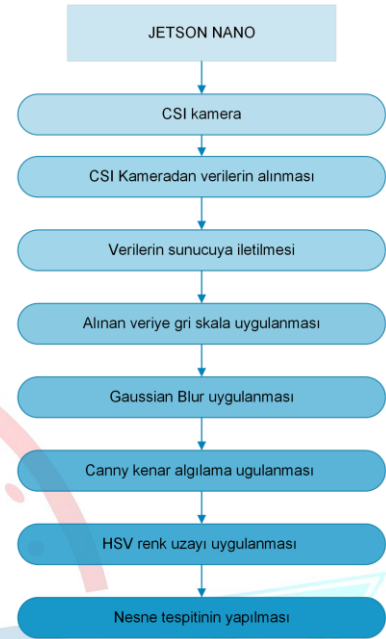


Şekil 3. Jetson Nano

şeklinde sesli komutlarla bireye iletilecektir. EnDY projesinde aracın kontrolü ve oluşturulan derin öğrenme modellerin testi dahil tüm yazılımlar **NVIDIA Jetson Nano geliştirme kartı** üzerinde **Python programlama dili** kullanılarak yapılmaktadır. Kapalı alanlarda bulunacak boşlukların (basamak, merdiven ya da oyun alanları vb.) tespit edilmesi aşamasında ise

ultrasonik sensör ve kamera görüntüleri kullanılmıştır. Boşluk tespit edilirse bildirim şeklinde sesli komutlarla bireye iletilecektir. Tüm bildirimlerin engelli bireye iletilmesi aşamasında **Jetson Nano ses kartı** kullanılmıştır.

EnDY projesinin gerçekleşmesi için **mini bir İKA tasarlanmasının en önemli sebepleri**; a) *kapalı ortamlara hayvanların girişlerinin sınırlandırılmasından dolayı görme bozukluğu olan bireylere rehber köpeklerin eşlik edememesi*, b) *akıllı bastonların yerdeki küçük engelleri algılamama ve kenar tespiti gibi durumlarda görme bozukluğu olan bireyleri yanılması*, c) *akıllı bastonların görme bozukluğu olan bireylerin bileklerini yorması, bastonların kırılması ve kaybolması* dır. Tüm bu sebeplerden dolayı, dijitalleşme ile hayatı kolaylaştıran teknolojileri de dikkate alarak görme bozukluğu olan bireylere benzer şekilde yardımcı olabilecek bir ürün geliştirilmesi sağlanacaktır. Şekil 4’te genel akış şeması verilmiştir.



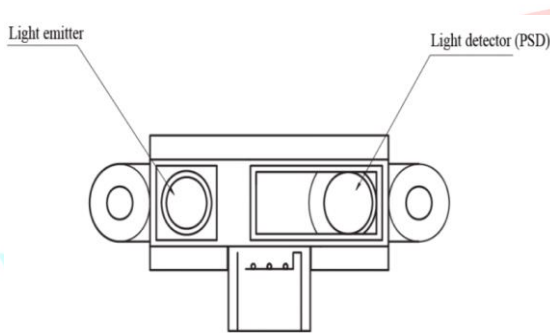
Şekil 4. Genel akış şeması

4.1 Nesne tespiti

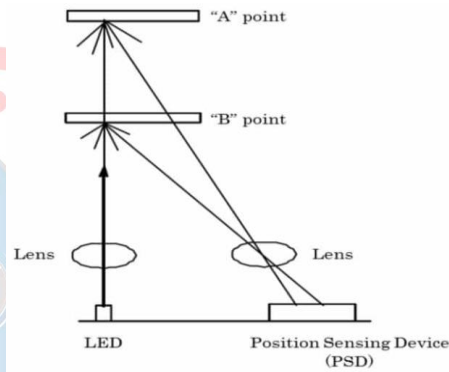
Çalışmada nesne sınıflandırması için BDD100K veri seti kullanılmıştır. Nesne tespit ve sınıflandırması için TensorFlow v2.0 Model Zoo içerisinde yer alan “SSD MobileNet v2 FPNLite” modeli kullanılarak gerekli konfigürasyonlar dahilinde öğrenim aktarımı gerçekleştirilmiş, araç modeli konfigüre edilmiş ve kendi modelimiz üretilmiştir. Kullanılan modelimizde, filtre sayısı 32 olan “ilk tam evrişim (initial fully convolution)” katmanı ve ardından 19 “artık darboğaz (residual bottleneck)” katmanı bulunmaktadır. Düşük hassasiyetli hesaplamalar için önerilen ve sağlam hesaplama yeteneğine sahip ReLU aktivasyon fonksiyonu aktivasyon katmanımızda kullanılmıştır. Modern ağlarda hiper parametre seçimleri önemlidir. Standart olarak kullanılan 3×3 ’lük filtre boyutu dahil olmak üzere farklı filtreler üzerinde testler yapılmaktadır. Ayrıca ezberleme durumunun önüne geçilmesi için gerektiğinde dropout ve batch normalization gibi farklı teknikler kullanılacaktır. Böylece çalışmada nesne tespiti yüksek başarıyla çalışacaktır. Test işlemleri için Google Colaboratory derleyicisi, işletim sistemi olarak Linux, ekran kartı olarak Tesla K80, hem GPU ve hem de CPU işlemcileri kullanılmıştır. Ayrıca araçta bulunacak model için kullanılan özgün bir yapı ve TensorFlow’un geliştirdiği bir API olan TensorFlow Object Detection API’nın sağladığı fonksiyonlar ve Tensorflow v2 Model Zoo içerisindeki derin öğrenme modelleri geliştirilmiş ve Öğrenim Aktarımı (Transfer Learning) metodu kullanılarak hazır modellerden kendi modelimize yönelik bir hat (pipeline) oluşturulmuş ve otonom aracın BDD100K veri seti üzerinde eğitimi sağlanmıştır.

4.2 Boşluk tespiti

Kızılötesi mesafe sensörü, bir nesneye veya boşluğa olan mesafeyi ölçmek için bir kızılötesi ışık demeti kullanır. Mesafe, ışık huzmesinin üçgenleştirilmesi kullanılarak hesaplanır. Sensör, bir IR LED ve bir ışık dedektörü veya PSD'den (Konum Algılama Cihazı) oluşur. Işık demeti bir nesne veya boşluk tarafından yansıtıldığında, yansıyan demet ışık dedektörüne ulaşacak ve PSD'de bir "optik nokta" oluşacaktır. Sensörün önündeki mesafesi ölçmek istenen cismin yeri değiştirildiğinde veya boşluğun derinliği arttıkça ya da azaldıkça, yansıyan açı ve PSD üzerindeki gelme noktası da değişmektedir. Bu olayı aşağıdaki şekilde incelenebilir. Şekil 5'te kızılötesi sensörün yapısı ve Şekil 6'da cismin konumuna bağlı PSD üzerindeki konumları verilmiştir.



Şekil 5. Kızılötesi Sensörün Yapısı

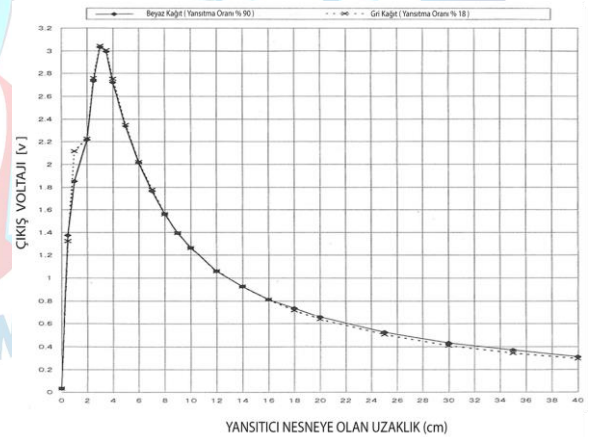


Şekil 6. Cismin Konumuna bağlı PSD Üzerindeki Konumları

Kızılötesi mesafe sensörleri, sensör ile nesne veya boşluk arasındaki mesafeye bağlı olarak değişen bir analog sinyal verir. Projede kullandığımız kızılötesi sensörün modeli Sharp IR GP2Y0A41SK (4 - 30 cm)'dir. Çalışmada kullanılan kızılötesi sensörün veri tablosuna bakıldığında, kızılötesi sensörün çıkış voltajının bir nesne veya boşluk 4 cm uzaklıktayken 2.7V ile nesne veya boşluk 30 cm uzaklıktayken yaklaşık olarak 0.5V arasında değiştiğini görülür. Ayrıca grafik kullanılabilir algılama aralığının neden 4 cm'den başladığını gösterir. 1 cm uzaklıktaki bir nesne ile 8 cm uzaklıktaki nesne ile çıkış voltajlarının eşit olduğu görülmektedir. Bu nedenle kullanılabilir algılama aralığı 2.7V veya 4 cm ile başlamaktadır. Otonom araç boşluk tespitinde kızılötesi sensör kullanırken belirli bir eşik değeri belirleyip bu eşik değerine ve kendi geliştirdiğimiz özgün algoritmaya göre boşluk tespiti yapıp hareket edebileceği güzergahı belirleyip uygun konuma ilerlemektedir. Şekil 7'de Voltaj - Mesafe grafiği verilmiştir.

4.3 Şerit Takibi

Geliştirilen projede mini otonom aracın şerit takibi yapabilmesi için etkili öznitelik çıkarma yöntemlerinden biri olan Olasılıksal Hough Dönüşümü kullanılmıştır. Geliştirilen algoritmada yol çizgilerinin kenarlarını belirlemek için Canny algoritması kullanılmıştır.



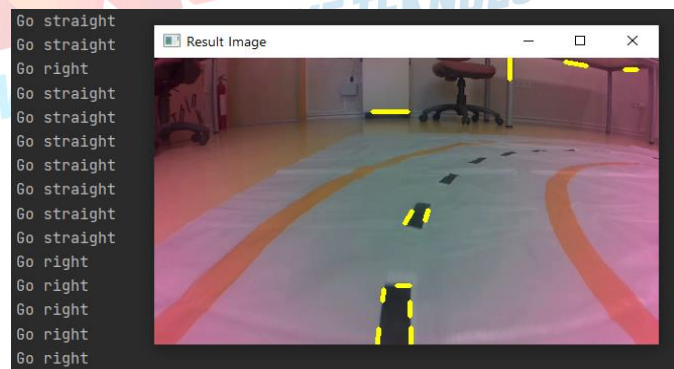
Şekil 7. Voltaj - Mesafe Grafiği

Olasılıksal Hough Dönüşümü: Olasılıksal Hough Dönüşümü geleneksel hough dönüşümüne kıyasla verimliliği artırmak için rastgele örnekleme kullanan bir Hough Dönüşümü algoritmasıdır. Standart Hough Dönüşümü, bir görüntüdeki çizgiler ve eğriler gibi özelliklerin parametrelerini belirlemek için kullanılır. Standart Hough Dönüşümü yönteminde her pikselin kenar özelliğinin bir parçasını temsil ettiği bir ikili görüntü girdi olarak kullanılır. Standart Hough Dönüşümü, bu piksellerin her birini Hough (veya parametre) uzayındaki birçok noktaya eşler. Çizgi tespiti durumunda, tek kenarlı piksel, o görüntü noktasından geçebilecek tüm olası çizgileri temsil eden 2B parametre uzayında (θ, p) bir sinüzoide eşlenir. Bu bazen oylama aşaması olarak adlandırılır. Görüntüdeki birden fazla nokta eşdoğrusal ise, parametre uzayındaki sinüzoidleri kesişecektir. Böylece, parametre uzayında en fazla sinüzoidin kesiştiği noktaları bulmak, giriş görüntüsündeki çizgiler için parametreleri verir ve arama aşaması olarak adlandırılır. Bir görüntüdeki çizgiler ve eğriler gibi özelliklerin belirlenmesi, bir parametre tahmin problemi olarak düşünülebilir. Burada, her parametre seti belirli bir eğri için bir modeli temsil eder ve görev, hangi modelin özelliği en iyi tanımladığını belirlemektir. Bu tür bir soruna ortak bir yaklaşım, Maksimum Olabilirlik yöntemini kullanmaktır. Bu sebepten geliştirilen projede Olasılıksal Hough Dönüşümü (PHT) kullanılmıştır (Macdonald, 2016). Geliştirilen projede ilk aşamada yol çizgilerini/kenarlarını tespit edebilmek için Canny kenar bulma algoritması kullanılmıştır. Canny algoritmasının projedeki çıktısı Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8. Canny algoritması

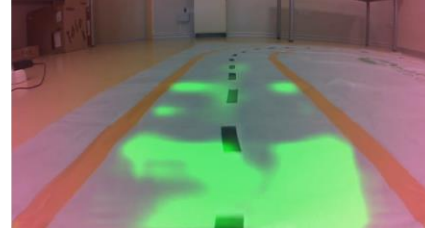
Canny kenar algılama algoritmasından elde edilen bulgular Olasılıksal Hough Dönüşümüne verilerek çalışmada şerit takibi sistemi geliştirilmiştir. Hough dönüşümü çıktısı Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9. Hough Dönüşümü

Bu proje için önerilen yöntemlerden biri olan Olasılıksal Hough Dönüşümü için elde edilen sonuçlar başarılıdır. Elde edilen sonuçların daha da iyileştirilmesi için derin öğrenme tabanlı yöntemlerin de kullanımına gidilmiştir. Bunun için çalışmada Evrişimli Sinir Ağı (CNN) algoritması da kullanılmış olup test verisi ve sonuçları Şekil 10’da ve Şekil 11’de verilmiştir.

Evrimsel Sinir Ağı (CNN) , bir girdi görüntüsünü alabilen, görüntüdeki çeşitli özellikleri bulan ve birini diğerinden ayırt edebilen bir Derin Öğrenme algoritmasıdır. (Özgür vd.,2020). CNN verilen görüntüleri ayırt etmek için görüntüyü **Evrşim, havuzlama, düzleştirme ve tam bağlantı** katmanlarıyla işler (Tuncer vd.,2020; Özgür vd.,2020; Simon vd.,2016)



Şekil 10. Test Şerit Verisi

Şekil 11. CNN Uygulanmış Test Şerit Verisi

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Tablo 1. Analiz Sonuçları

Uygulama ismi	Amaç	Dezavantaj
WeWalk Akıllı Baston (Microsoft, 2012)	Yürürken insanın karşına çıkan direk, tabela ve ağaç dalları gibi baş hizasındaki engelleri algılar ve titreşimle kişiyi uyarır.	Bu baston 0 ve 40 derece arasında bulunmalıdır fakat kış aylarında bu dereceyi sağlamak imkansızdır. Cihazda sadece ultrasonik sensörün önüne gelen engelleri algılaması ve diğer bölgelerin algılanamaması.
Görme Engellilerin Yardımcı Pilotu: Biped (Switzerland Global Enterprise, 2022)	Biped'in kamerası çevredeki nesnelere, engelleri, ya da kişileri tanımlar ve GPS sayesinde kullanıcılara akıllı telefon üzerinden rota çizebilir.	Yaklaşık 950 gram ağırlığında olan bu cihazı taşınması güçtür. Kişinin kilosundan dolayı kameranın karşısına çıkabilecek engelleri görememesi durumu oluşur.
Görme Engellilerin Gözü Olacak Ayakkabılar (Tec-Innovation, 2012)	Innomake ultrason titreşimleri yayan ve ardından bu darbelerin yankılarına göre önündeki nesnelere algılayabilir ve ayak ucuna monte edilmiş bir yakınlık algılama modülüne sahiptir. Bu sayede ayakkabı kullanıcının önünde 4 metre mesafeye kadar bulunan potansiyel engelleri algılayabilir.	Karlı havalarda sensörün önü kapanır ve kullanılmaz hale gelir. Sensörün konumundan dolayı yürümeyi zorlaştırması

Literatürde bulunan uygulama çalışmalarının analiz tablosu Tablo 1'de verilmiştir.

EnDY projesinin yenilikçi ve özgün tarafları aşağıda verilmiştir.

- Görme bozukluğu olan bireylerin gündelik, sosyal ve kültürel yaşamların da **daha aktif rol almasının sağlanması** ve oluşturulacak yenilikçi bir yaklaşımla bireylerin **dijitalleşen dünyada** kendilerine yer bulmalarının **kolaylaştırılması**
- Bu proje için özelleştirilen otonom bir sürüş gerçekleştirecek olan ve üzerinde **gerçek zamanlı kameralar ve çeşitli sensörler bulunan mini akıllı otonom aracın** geliştirilmesi
- Tasarlanacak tüm sistemin alışveriş merkezi, havaalanı gibi kapalı ortamlarda **aktif halde** uygulanması

- Engelsiz yaşam kapsamında öncelikle ülkemizde görme bozukluğu yaşayan bireyler için **milli ve yerli bir uygulanabilir sistem geliştirilmesi**
- Ülkemizde özellikle kapalı ortamlarda görme bozukluğu yaşayan bireylere yardımcı olacak yazılım ve donanım ürünlerinin azlığı/eksikliğinin giderilmesi için çalışmalar yapılması
- Bireylerin yürürken karşısına çıkabilecek nesnelere, **otonom araçtaki kameranın açısını ayarlayarak baş hizası dışındaki bölgelerdeki engellerin algılanması ve sesli asistanla** kişiyi uyarması
- Otonom aracın **bireyi rahatsız etmeden** hareket edebilmesi
- Geliştirilen aracın **görüntü, boşluk ve ses bilgilerini aynı anda kullanması** ve işleme.

5.1. Mekanik ve Elektronik

Önerilen projede akıllı mini bir otonom araç olan JetRacer AI Kit kullanılmıştır. JetRacer AI Kit üzerinde Jetson Nano geliştirme kiti, CSI kamera bulunan otonom bir araçtır. Bu araç üzerine çeşitli donanımsal ürünler ve sensörler eklenerek projeye uygun olarak geliştirilmiştir.

Araç üzerinde bulunan donanımsal ürünler:

(6) NVIDIA Jetson Nano(4GB): Yapay zeka uygulamaları için paralel olarak birden fazla sinir ağını çalıştırmanıza izin veren küçük ve güçlü bir (Model B01) bilgisayardır. 4 çekirdekli 64-bit ARM CPU, 128 çekirdekli bir entegre NVIDIA GPU ve 4 GB LPDDR4 bellek ile 472 GFLOPS sunar. CUDA, cuDNN ve TensorRT yazılım kitaplıklarını içeren NVIDIA JetPack tarafından da desteklenmektedir. Önerilen projede aracın hareketinin sağlanması, görüntü işleme adımlarının gerçekleşmesi ve kullanılan çeşitli sensörlerin hızlı ve efektif bir şekilde çalıştırılabilmesi için mikrodenetleyici olarak NVIDIA Jetson Nano kullanılmasına karar verilmiştir.

(5)CSI Kamera: Araç üzerinde tercih edilen IMX219 Kamera Modülü, 8 megapiksel IMX219 sensörlü ve 160 derece görüş alanına sahip bir kamera modülüdür. Önerilen projede aracın şeriti takip ederek hareketinin sağlanması ve çevresinde bulunan nesnelere tespit edebilmesi için 8 MP ve 160 derece görüş açısının yeterli olduğu kararlaştırılıp projede Sony IMX219 kamera kullanılmıştır.

(7)Wifi Modülü: Jetson Nano için geçerli bir çift modlu kablosuz NIC modülü, 2.4GHz / 5GHz çift bantlı WiFi ve Bluetooth 4.2 destekler. Projede aracın kablosuz internet bağlantısını sağlamak amacıyla kullanılmıştır.

(4)Pil: Kullanıma uygun görülen pil olarak 3 adet Panasonic NCR18650 3.7V 3400mAh Başlıksız Li-ion Pil tercih edilmiştir. Aracın kablosuz hareketinde araca güç sağlamak amacıyla kullanılmıştır.



(3)Jetracer board: Araç üzerinde hazır bulunan board üzerinde motor sürücüsü, oled ekran, pil koruması ve bataryanın yer aldığı kısım bulunmaktadır. Board üzerinde bulunan motor sürücüleri tarafından bütün motorların hızı ve frekansı kontrol edilmektedir. Motor sürücüleri hız kontrolünün yanında üstün koruma, kontrol ve haberleşme özellikleri ile donatılmıştır.

Kızılötesi sensör: Bir kızılötesi mesafe sensörü, bir nesneye veya boşluğa olan mesafeyi ölçmek için bir kızılötesi ışık demeti kullanır. Mesafe, ışık huzmesinin üçgenleştirilmesi kullanılarak hesaplanır. Önerilen projede merdiven boşlukları ve çukurları tespit edebilmek için Sharp IR GP2Y0A41SK kızılötesi sensör kullanılmıştır.

(2)mg996r servo motor: Servo, mekanizmalardaki açısal-doğrusal pozisyon, hız ve ivme kontrolünü hatasız bir şekilde yapan tahrik sistemi olarak bilinmektedir. Servo motorlar, içerisinde motorun hareketini sağlayan bir DC motor bulunmaktadır. Bu motorun dışında bir dişli mekanizması, potansiyometre ve bir motor sürücüsü devresi bulunmaktadır. Potansiyometre, motor milinin dönüş miktarını ölçmektedir. Servo içerisindeki DC motor hareket ettikçe potansiyometre döner ve kontrol devresi motorun bulunduğu pozisyon ile istenilen pozisyonu karşılaştırarak motor sürme işlemini gerçekleştirmektedir. Geliştirilen araca yön vermek için kullanıldı. Aracımızda kullanılan servo motor mekanik sınırı olmayan 360 derece servo dur , yazılımsal olarak 120 derece açıyla çalışmaktadır. 6 V değerlerinde 13 kg tork değerlerine kadar çıkmaktadır.

(1)DC Motor: Düz akım elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makinedir. Motorun içinde yer alan sargılara elektrik akımı uygulandığında, yine motorun içerisinde bulunan sabit mıknatlara zıt yönde oluşan manyetik kuvvetin etkisi ile hareket etme prensibine dayalı çalışmaktadır. Geliştirilen otonom aracın direksiyon kontrol yüzeyi gibi parçaların açısını kontrol ettirmekte kullanılmaktadır.



5.2. Yazılımsal

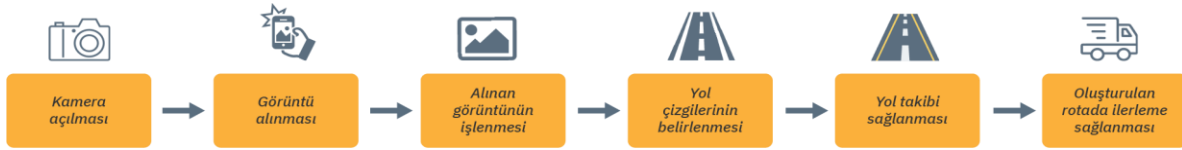
Otonom araç olarak JetRacer AI Kit tercih edilmiştir. Aracın temel donanımsal kartı olarak Jetson Nano kullanılmıştır. Jetson nano içerisinde Ubuntu 18.04 işletim sistemi bulunmaktadır. Proje kapsamındaki yazılımsal işlemler jetson nano üzerinde çalışmaktadır ve Python proglama diliyle yazılmaktadır. Araç üzerinden gerçek zamanlı çoklu nesne tespiti ve şerit takibi için derin öğrenme temelli yapay zeka teknikleri kullanılmaktadır. Yapay zekayla oluşturulan model yapısı ve veri setleri tamamen özel olarak oluşturulmaktadır.

Nvidia'nın Jetson Nano gömülü sistem kartından faydalanarak aracın ilerlemesindeki ileri/geri hareketi ve sağa/sola dönme komutlarının doğru bir şekilde çalışması sağlanacaktır. Uzaktan bağlantı ile ileri, geri hareket ve sağ, sol hareketler Şekil 12'de verilmiştir.



Şekil 12. Uzaktan bağlantı ile ileri, geri hareket ve sağ, sol hareket

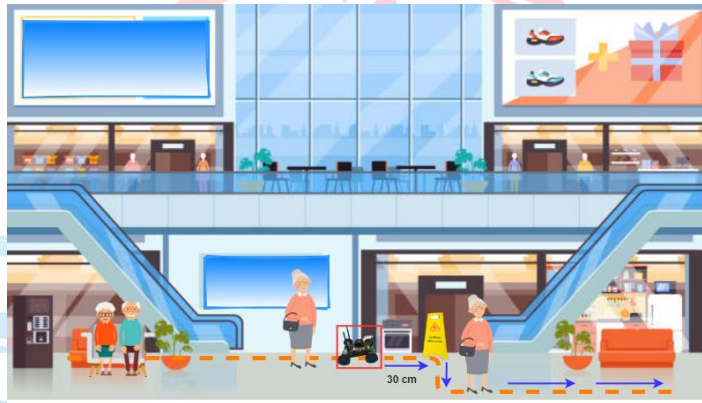
Kameradan alınan gerçek zamanlı görüntü ile yol takibinin sağlanması ve otonom aracın belirlenen rotada ilerlemesinin sağlanması Şekil 13’te verilmiştir.



Şekil 13. Aracın belirli bir rotada ilerlemesi

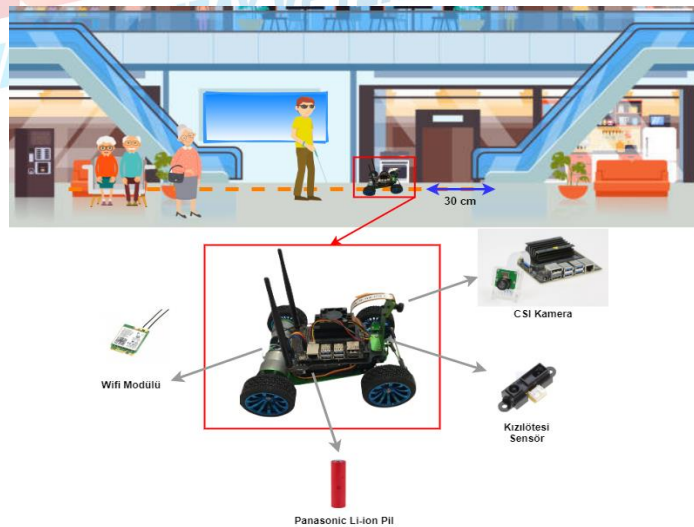
6. Uygulanabilirlik

- Çalışma kapsamında temin edilecek kamera ve sensörler araca monte edilerek etraftaki boşluklar ve nesnelere tespit edilecektir. Bu sayede kişilerin yönlerini belirlemesi kolaylaşacaktır. Kapalı Alanda Uzaklık Tespiti Ve Hareket Yönelimi Şekil 14’te verilmiştir.



Şekil 14. Kapalı Alanda Uzaklık Tespiti Ve Hareket Yönelimi

- Geliştirilen araç indoor bir ortamda test edilecektir.
- Araç üzerindeki sensörler sayesinde etrafındaki nesnelere tespit ederek kullanıcıya iletmektedir. Araç bu sayede kullanıcıya sadece gideceği yönünü değil etrafındaki nesnelere neler olduğunu da aktarabilecektir.
- Aracın güvenliği için etrafındaki nesnelere olan uzaklıkları aktif olarak hesaplanarak çarpışma gerçekleşmeden aracın manevra yapabilecektir ve görsel sunum Şekil 15’te verilmiştir.



Şekil 15. Kapalı Alanda Jetracer AI Kit Donanımsal Bileşenler

- Geliştirilen aracın dayanıklı olması için kalıcı parçalar metalden, hassas ve bozulma riski taşımayan parçalar plastik gövdeden üretilmiştir. Araç üzerindeki parçalarda iyileştirme ve değiştirme yapılabilmektedir.

Yukarıda sıraladığımız unsurlar göz önüne alındığında güvenli, kolay kullanım, parça tedariki ve geliştirmeye açık olması ile ticari bir ürün olarak geliştirilebilir. Araç amacı doğrultusunda kullanıldığında bazı riskler öngörülebilir. Örneğin; aracın boşluklar veya yanlış nesne tespiti ile kişiyi yanlış yönlendirmesi, aracın şarjının bitmesi, aracın sensörlerinde hata meydana gelmesi, aracın kontrolden çıkması veya kalabalık ortamlarda görevini yerine getirememesi olarak ele alınabilir. Oluşacak riskler 9. bölümdeki risk tablosunda ayrıntılarıyla anlatılmıştır.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Tablo 2’de Toplam bütçe planlaması verilmiştir.

Tablo 2. Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

ÜRÜN ADI	ADET	ORTALAMA FİYAT(₺)
Jetson Nano Developer Kit	1	2580
Micro SD Card 64GB	1	179,00
IMX-219 Kamera	1	356,03
Wireless-AC8265 WiFi/BT M.2 Modül	1	393,851
MG996R servo motor	1	65.04
Metal Şanzuman-DC motor	2	118,00
12.6V adaptör şarj cihazı	1	152,00
4010 soğutucu fan	1	76,70
Panasonic Li-ion Pil	3	120
Sharp GP2Y0A41SK (4-30 cm) ultrasonik sensör	1	153,08
Toplam		4040,62

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Dünya Sağlık Örgütü’nün yayınlamış olduğu verilere göre dünyada yaklaşık 1.3 milyar kişi görme problemi yaşamaktadır. Bu sayı ise gün geçtikçe artmaktadır. Artan bu sayı dikkate alındığında görme engelli bireylerin gelişen teknoloji yardımıyla sosyal hayata entegre edilmesi ve hayatlarının kolaylaştırılması oldukça önemlidir. Geliştirilen projede özellikle **görme bozukluğu olan bireyler (görme engelli, görme kaybı bulunan, yaşlı vb.)** hedef alınarak bu bireylerin günlük yaşamlarının kolaylaştırılması ve sosyal yaşamdan kopmamaları hedeflenmiştir.

9. Riskler

Geliştirilen projede, donanımsal, elektroniksel ve yazılımsal süreçler dikkate alınarak projede karşılaşılabilecek risk faktörleri, riskler nedenleri ve bu risklere karşı alınabilecek önlemler belirlenerek Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Risk analizi

Risk Kodu	Risk Faktörü	Riskler	Nedenler	Önlemler
1	Finansal ve Ekonomik	Proje bütçe sınırlarının içerisinde tamamlanamama	Alınan parçaların yeterli donanımı olmaması ve farklı bir model alınması.	Ürünleri sipariş etmeden önce katalog özelliklerini detaylı

				bir şekilde incelenip daha sonra tedarik edilmesi.
2	Mekanik ve Elektronik	Aracın şarjının öngörülemeyen durumlarda bitmesi	Araç pille çalıştığı için tahmini batarya zamanlamasının dışında bir enerji tüketimi	Araç üzerinde gerekli testler yapılarak aracın hareket halindeki konumları arasındaki batarya tüketimine bakılarak istatistiksel bir sonuç elde etmek
3	Yazılımsal	Kapalı alan içerisinde tanımlanan engel yaratan objeler dışında yabancı bir objeyle karşılaşıldığında yapay zeka modelinin nesne tanımada yetersiz kalması	Kapalı ortamlar arasında oluşacak farklılardan dolayı objelerde farklılık gösterilmesi	Olabilirdiğince çok çeşitli kapalı alan ve obje analizi yaparak dataseti olabilecek e maksimum boyutta oluşturmak
4	Yazılımsal	Araç ile birey arasındaki iletişim kapalı alan içerisinde istisnai durumlarda devre dışı olması	Kullanılan haberleşme yoluna bağlı olarak bu türün ortamdaki diğer haberleşme cihazlarından etkilenmesi	Haberleşme konusunda en az iletişim kesikliğine yol açacak türün tercih edilmesi
5	Elektronik	Kızılötesi sensörün boşluk tespitinde yanlış hesaplama yaparak boşluk tespiti yapılmaması veya hatalı elde edilmesi	Ortamdaki başka kızılötesi ışık yayan cihazlardan gelen kızılötesi ışınların araçta bulunan kızılötesi sensörün ışık dedektörüne gelerek mesafenin yanlış hesaplanması.	Kızılötesi sensöre gelen sinyallerin belli bir süre aralığında gelmediğinde o sinyalleri dikkate almaması ile bu tarz diğer sinyallerle karışması önenebilir.
6	Elektronik	Kızılötesi sensörün boşluk tespiti için gerekli mesafeyi ölçen memesi veya belli bir mesafenin altında ölçümlerde sapma yaşanması.	Kızılötesi sensörün belli bir mesafe ölçüm aralığı bulunmaktadır. Bu mesafeler dışındaki uzunlukları ölçerken değerlerde yüksek oranda sapmalar yaşanmaktadır.	Daha duyarlı bir kızılötesi sensör alınarak bu soruna çözüm bulunabilir.

Tablo 4'te risk olasılık ve etki matrisi ve Tablo 5'te Skor matrisi verilmiştir.

Tablo 4. Risk Olasılık Ve Etki Matrisi

Olasılık x Etki			Etki				
			Çok yüksek	Yüksek	Orta	Düşük	Çok düşük
			5	4	3	2	1
Olasılık	Çok yüksek	5	25	20	15	10	5
	Yüksek	4	20	16	12	8	4
	Orta	3	15	12	9	6	3
	Düşük	2	10	8	6	4	2
	Çok düşük	1	5	4	3	2	1

Tablo 5. Skor

Risk Kodu	Riskin Ortaya Çıkma Olasılığı	Riskin Gerçekleşmesi Durumunda Yapacağı Etki	Skor
1	2	4	8
2	4	4	16
3	2	4	8
4	4	4	16
5	3	3	9
6	3	4	12

Engelsiz Dijital Yaşam: EnDY projesinin geliştirilmesi sırasında iş akışının düzenli bir şekilde ilerlemesi ve karşılaşılabilecek problemlerin en aza indirilebilmesi için Tablo 1’de iş-zaman çizelgesi oluşturulmuştur.

Tablo 6. Planlanan iş-zaman çizelgesi

İP No	İş Tanımı	Ay					
		1	2	3	4	5	6
1	Çizgi takibi	X	X				
2	Aracın otonom hareketi		X	X			
3	Nesne tespit ve sınıflandırılması			X	X		
4	Boşluk tespiti ve sınıflandırılması				X	X	
5	Sesli komutlarla bireyin yönlendirilmesi					X	X

Proje Tablo 6’da planlanan iş-zaman çizelgesi dikkate alınarak geliştirilmektedir. Önerilen projedeki IP No 1 proje yazılım ekibi, IP No 2 proje elektronik ekibi, IP No 3-4 ve 5 proje yazılım ekibi tarafından geliştirilmektedir.

10. Kaynaklar

- Reyes Leiva, K. M., Jaén-Vargas, M., Codina, B., & Serrano Olmedo, J. J. (2021). Inertial Measurement Unit Sensors in Assistive Technologies for Visually Impaired People, a Review. *Sensors*, 21(14), 4767. <https://doi.org/10.3390/s21144767>
- Özgür D., E. (2020). CNN (Convolutional Neural Networks) Nedir? <https://teknoloji.org/cnn-convolutional-neural-networks-nedir>, Erişim zamanı: 10.04.2022.
- Tuncer E., E. (2018). Convolutional Neural Network (ConvNet yada CNN) nedir, nasıl çalışır? <https://medium.com/@tuncerergin/convolutional-neural-network-convnet-yada-cnn-nedir-nasil-calisir-97a0f5d34cad> Erişim zamanı: 13.04.2022.
- Simon H., Prentice Hall, E. (2016). *Neural Networks and Learning Machines*. https://w3.gazi.edu.tr/~akcayol/files/DL_L6_CNNs.pdf, Erişim zamanı: 10.04.2022.
- Carroll, Clare, Catherine Chiodo, Adena Xin Lin, Meg Nidever, and Jayanth Prathipati. "Robin: enabling independence for individuals with cognitive disabilities using voice assistive technology." In *Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 46-53. 2017.
- Darling, Nancy C., Gregory L. Goodrich, and J. Kenneth Wiley. "A preliminary followup study of electronic travel aid users." *Bulletin of prosthetics research* 10, no. 27 (1977): 82.
- Fernando, N., McMeekin, D. A., & Murray, I. (2021). Route planning methods in indoor navigation tools for vision impaired persons: a systematic review. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 1-20.
- Macdonald, I. (2016). Probabilistic Hough Transform. Notes, 1-4.
- Görme Engellilerin Yardımcı Pilotu: Biped, <https://bigumigu.com/haber/gorme-engellilerin-yardimci-pilotu-biped/>, Erişim zamanı: 05.04.2022.
- Williams, Michele A., Amy Hurst, and Shaun K. Kane. "'Pray before you step out' describing personal and situational blind navigation behaviors." In *Proceedings of the 15th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, pp. 1-8. 2013.
- WeWalk, <https://wewalk.io/tr/hakkimizda/> , Erişim zamanı: 08.04.2022.
- Görme Engellilerin Gözü Olacak Ayakkabılar, <https://bigumigu.com/haber/innomake-gorme-engellilerin-gozu-olacak-ayakkabilar-innomake/>, Erişim zamanı: 08.04.2022.
- Abdolrahmani, A., Howes Gupta, M., Vader, M. L., Kuber, R., & Branham, S. (2021, May). Towards More Transactional Voice Assistants: Investigating the Potential for a Multimodal Voice-Activated Indoor Navigation Assistant for Blind and Sighted Travelers. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-16).
- İsa, A. V. C. I., & YILDIRIM, M. Görme Engelli Bireyler İçin Derin Öğrenme Tabanlı Nesne Tanıma Modeli. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (28), 220-227.
- Yutmaz, İ. A. (2021). Görme engelliler için braille alfabe tekniği kullanılarak tasarlanmış giyilebilir okuma cihazı (Master's thesis, İskenderun Teknik Üniversitesi/Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü).