

Yayın Geliş Tarihi (Submitted): 21/04/2020

Yayın Kabul Tarihi (Accepted): 28/05/2020

Makele Türü (Paper Type): Araştırma Makalesi – Research Paper

ENGELLİ İNSANLAR İÇİN AKILLI TEKERLEKLİ SANDALYENİN BAŞ HAREKETLERİ İLE KONTROLÜNÜN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Muhammed Oğuz TAŞ¹, Didem ÖZÜPEK TAŞ² ve Hasan Serhan YAVUZ³

ÖZET

Felç, MS, ALS gibi fizyolojik sınırlamalara neden olan hastalıklara sahip insanlar, hareket kabiliyetlerini kaybettikleri için, tekerlekli sandalyeye bağlı bir hayat sürmektedirler. Kavrama, tutma gibi becerilerini kaybeden bireyler, tekerlekli sandalyeleri kullanmakta zorlandıkları için, başka insanların yardımlarına ihtiyaç duyabilirler. Bu durum, kişilerin özgürlüklerini ve rahat hareket etmelerini kısıtlamaktadır. Son yıllarda, içinde birçok sensörü barındıran ve engelleri algılama, otonom sürüş gibi özelliklere sahip akıllı robotik tekerlekli sandalyeler üzerinde birçok çalışma gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, hareket kabiliyetleri kısıtlı bireyler için, benzetim ortamında hazırlanan akıllı tekerlekli sandalye kullanılmış ve sadece baş hareketlerine dayanan bir kontrol mekanizması sunulmuştur. Çalışmada, tekerlekli sandalyenin kontrolü düşük maliyetli bir web kamera kullanılarak gerçekleştirilmiş ve herhangi bir giyilebilir donanım kullanılmasını gerekli kılmamıştır. Gerçekleştirilen çalışmada tekerlekli sandalye otonom ve yarı otonom modlarda kullanılabilir. Kullanıcının baş hareketlerinin web kamera üstünden tespit edilmesinden sonra, tekerlekli sandalyenin hareketi benzetim ortamında gerçekleştirilmektedir. Çalışma sonucunda, baş hareketleri ile tekerlekli sandalyenin benzetim ortamında her iki modda kolaylıkla kontrol edilebildiği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı tekerlekli sandalye, baş kontrollü robot, robot işletim sistemi

¹Sorumlu Yazar, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5689-8786>

²Araştırma-Geliştirme Mühendisi, İnovasyon Mühendislik Ltd.Şti., ETGB Osmangazi Teknoparkı, Eskişehir, Türkiye, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3223-3813>

³Dr. Öğr. Üyesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4944-1013>

IMPLEMENTATION OF SMART WHEELCHAIR CONTROL BY USING HEAD MOVEMENTS FOR DISABLED PEOPLE

ABSTRACT

People with diseases such as stroke MS, ALS that cause physical limitations lead a wheelchair-dependent life as they lose their movement capability. Individuals who lose their skills such as grip and hold may need other people's help as they have difficulty using wheelchairs. This situation restricts the freedom and comfortable movement of disabled people. In recent years, many studies have been carried out on smart wheelchairs with many sensors and features such as obstacle detection and autonomous driving. In this study, we present a control mechanism based on head movements for individuals with limited movement capacity using the smart wheelchair model prepared in a simulation environment. Here, the control of the wheelchair was realized by using a low-cost webcam and did not require the use of any wearable hardware. The designed wheelchair in the study can be used in autonomous and semi-autonomous modes. After the user's head movements are detected on the webcam, the movement of the wheelchair has been observed in the simulation environment. As a result of the study, we verified that the wheelchair can easily be controlled in both modes in simulation environment with head movements.

Keywords: Smart wheelchair, head controlled robot, robot operating system

1. GİRİŞ

Fizyolojik sınırlandırmalarla sonuçlanabilen felç, Multiple Skleroz (MS), Amyotrophic Lateral Skleroz (ALS) gibi hastalıklara sahip bireyler, yatağa veya tekerlekli sandalyelere bağımlı bir hayat sürmektedirler. Tekerlekli sandalyeye bağımlı bir yaşam süren insanların, kavrama ve tutma gibi hareket becerilerini kaybetmeleri sonucu tekerlekli sandalyeleri kullanmaları zor olabilir ve bu durum hasta insanların hareket kabiliyetlerini sınırlandırabilir.

Dünya üzerinde birçok insan tekerlekli sandalye ile hayatını devam ettirmektedir. Bu insanların büyük çoğunluğu, kumanda kolu (joystick) tabanlı tekerlekli sandalye kullanımında sıkıntılar yaşamaktadır. Son zamanlarda, hasta insanların günlük yaşamlarında bağımsızlıklarını ve özgürce hareket etmelerini sağlamak için, içerisinde birçok sensörü

barındıran, engelleri algılama ve otonom sürüş özelliklerine sahip akıllı robotik tekerlekli sandalyeler üzerinde ciddi çalışmalar gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada, hareket kabiliyetleri oldukça kısıtlı insanlar için benzetim ortamında akıllı tekerlekli sandalye hazırlanmış ve bu sandalyenin baş hareketi kontrollü olarak yönlendirilmesi sağlanmıştır. Çalışmada tekerlekli sandalye herhangi bir giyilebilir donanım gerektirmeden, bilgisayar üzerinde bulunan web kameradan kontrol edilmektedir. Çalışmada, kullanıcının kafa hareketleri tespit edilerek, tekerlekli sandalyenin hareket yönüne karar verilmekte ve ardından komutlara uygun hareketler gerçekleştirilmektedir. Çalışmanın geri kalanı şu şekilde organize edilmiştir: 2. bölümde literatür çalışmalarından bahsedilmiş, 3. bölümde önerilen yöntem açıklanmış, takip eden bölümde deneysel çalışmalar sunulmuştur. Son bölümde ise, sonuçlar verilmiş ve gelecek çalışmalardan bahsedilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Her yıl birçok insan motor becerilerinin kaybı nedeniyle, tekerlekli sandalyeye bağımlı bir şekilde yaşamlarını sürdürmektedir. Bu durum, son yıllarda engelliler için bilgisayar destekli robotik tekerlekli sandalyelerin yaygınlaşmasına neden olmaktadır. Geliştirilen araçlar ile, hasta kişilerin hareket kabiliyetinin, bağımsızlıklarının artırılması ve yaşamlarının kolay bir hale getirilmesi hedeflenmektedir.

Literatürde, konuşma kontrollü, dil kontrollü, nefes kontrollü, göz kontrollü, beyin kontrollü (Elektroensefalografi - EEG, elektrookülografi – EOG) ve baş hareketleri kontrollü akıllı tekerlekli sandalye çalışmaları bulunmaktadır. Nishimori vd. (2007), Sivakumar vd. (2013) çalışmalarında ses kontrolüne dayanan tekerlekli sandalyeler geliştirmişlerdir. Kim vd. (2013), Lund vd. (2010) gerçekleştirdikleri çalışmalarında tetrapleji gibi ciddi motor bozukluğu olan bireylerin, kablosuz ve giyilebilir teknoloji sayesinde dil hareketleri ile tekerlekli sandalyeyi kontrol etmesini sağlayan sistemler önermişlerdir. Mougharbel vd. (2013) tekerlekli sandalyenin değişik nefes alıp vermeler ile (sip and puff – SnP) kontrol edilmesini sağlamıştır. Nguyen ve Jo (2012) gerçekleştirdikleri çalışmada tekerlekli sandalyede bulunan kamera yardımıyla, kullanıcının gözlerini izleyerek hareket kontrolü gerçekleştirmiştir. Eid vd. (2016) hareket engelli kişinin tekerlekli sandalyeyi göz ile kontrol etmesini ve bilinmeyen ortamlarda sürekli, gerçek zamanlı navigasyon sağlamasını sağlayan yeni bir sistem önermiştir. Tanaka vd. (2005), EEG kontrollü (beyin bilgisayar arayüzü) bir sistem ile tekerlekli sandalyenin hareketini gerçeklemiştir. Rechy-Ramirez vd. (2012) yaptıkları çalışmada, Emotiv EPOC adlı

baş hareketlerini algılayabilen bir EEG cihazına dayanan elektrikli bir tekerlekli sandalyenin kontrolü için yeni bir insan-bilgisayar arayüzü önermiştir. Chen vd. (2003) kullanıcının başlığına takılan, tekerlekli sandalyenin yönünü ve hızını kontrol etmek için baş hareketlerini algılayan bir eğim sensörü modülü kullanmışlardır. İvme ölçer içeren ve baş hareketi kontrolüne dayanan robotik tekerlekli sandalyenin kontrolü Dey vd. (2019), Machangpa vd. (2018) yaptıkları çalışmalarda gerçekleştirilmiştir. Marins vd. (2017), kullanıcının baş hareketlerini yakalamak için bir IMU (Ataletsel Ölçüm Birimi) kullanmış ve bu sayede elektrikli tekerlekli sandalyeyi hareket ettirmişlerdir. Rabhi vd. (2018) çalışmalarında, kullanıcının yüzünü Viola-Jones yüz sezicisi (Viola ve Jones, 2001) ile tespit etmiş ve yüz ifadelerini yapay sinir ağı ile sınıflandırarak, tekerlekli sandalyenin kullanılmasını sağlamıştır. Shinde vd. (2018), hem joystick kontrollü hem de giyilebilir baş kontrol ünitesi ile kontrol edilebilen bir tekerlekli sandalye sistemi önermişlerdir.

3. ÖNERİLEN YÖNTEM

Hareket kabiliyeti kısıtlı olan insanların fiziksel güce ihtiyaç duyan tekerlekli sandalyeleri kullanması zor olabilmektedir. Bu nedenle, bu kişiler için, alternatif kontrol yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Önerilen sistemde minimum düzeyde baş hareketi tanımlanarak, kullanım kolaylaştırılmış ve herhangi giyilebilir ekipmana gerek duyulmadan tekerlekli sandalyenin kontrolü düşük maliyetli bir web kamera ile benzetim ortamında gerçekleştirilmiştir.

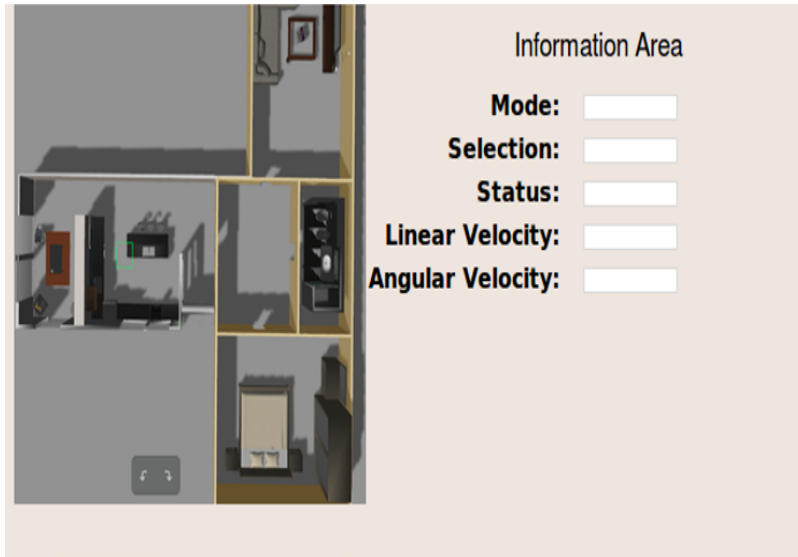
3.1. Akıllı Tekerlekli Sandalye ve Ortamın Oluşturulması

Çalışmada kullanılması için bir ev ortamı ve akıllı tekerlekli sandalye GAZEBO benzetim ortamında hazırlanmıştır. GAZEBO benzetim ortamı (GAZEBO (2013)), gerçekçi senaryolar kullanarak robot tasarlama ve algoritmaları hızlı bir biçimde test etmeyi mümkün kılan açık kaynak kodlu bir yazılım platformudur. Benzetim ortamında katı modeli hazır alınan tekerlekli sandalyeye (3D Warehouse (2020)), enkoder, lazer sensör, kamera ve kullanıcı arayüz birimi eklenmiştir. Kullanılan elektrikli sandalye modeli Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Akıllı Tekerlekli Sandalye Modeli

Kullanıcı arayüzünde, akıllı tekerlekli sandalyenin test edilmesi için hazırlanan örnek ev ortamının görüntüsü ve çalışma ile alakalı bazı bilgiler bulunmaktadır. Tasarlanan arayüz Şekil 2’de verilmiştir.

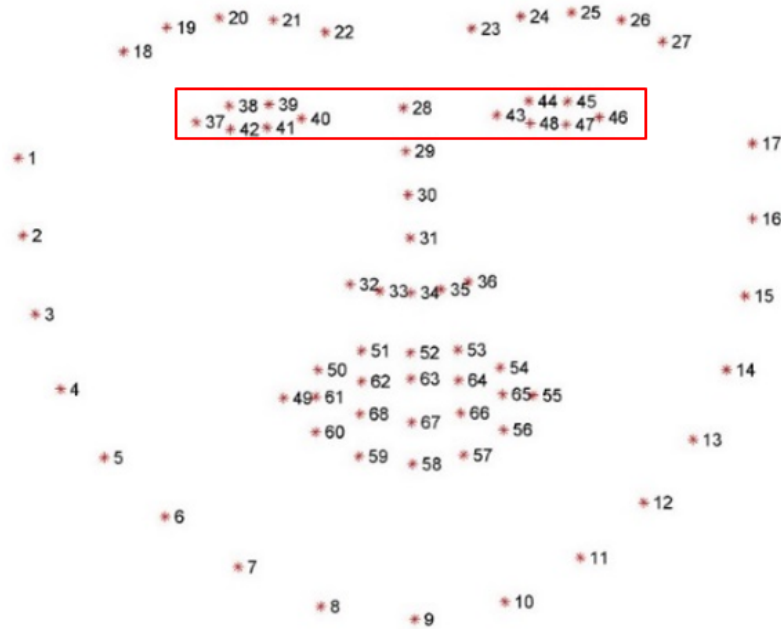


Şekil 2. Kullanıcı Arayüz Birimi

3.2. Öznitelik Çıkarımı

Baş hareketleri ile robotun kontrolünün sağlanması için, öncelikle yüz bölgesinin algılanması gerekmektedir. Algılanan yüzde bulunan belli noktalar vasıtasıyla, baş hareketleri

tespit edilebilmektedir. Kazemi ve Sullivan (2014) tarafından gerçekleştirilen çalışmanın bir uygulaması olan ve Sagonas vd. (2018)'nin çalışmalarında bahsettiği veri seti üstünde gerçekleştirilen önceden oluşturulmuş model, hızlı bir yüz tespiti yapmakta ve yüze ait 68 noktanın konumunu doğru şekilde tahmin etmektedir. Önceden eğitilmiş modele King (2020) kaynağından erişilebilir. Yüzde bulunan 68 önemli noktanın yerleşimi Şekil 3'te gösterilmektedir. Ayrıca Şekil 3'te çalışmada ilgilenilen göz bölgeleri kırmızı alan ile belirtilmiştir. Bu bölgede, 28 numaralı nokta, burunun gözler arasına uzanan üst noktasıdır.



Şekil 3. Yüzde Bulunan 68 Nokta (Kazemi ve Sullivan (2014)) ve İlgilenilen Bölge

Baş hareketlerinin doğru algılanması için, gözlerin orta noktası, ve gözler arasında bulunan buruna ait nokta kullanılmaktadır. Baş hareketleri için, bulunan göz merkez noktaları sabit olarak kabul edilmekte ve burna ait noktanın (28 numaralı nokta) sabit noktalara değişimleri ele alınarak, başın hareket yönü (+x, -x, +y, -y) saptanmaktadır. Sol göz merkezi – LEC (X_l, Y_l), sağ göz merkezi – REC (X_r, Y_r), buruna ait nokta – NP (X_n, Y_n) ve c ile k mesafe ve açı sabitleri olmak üzere, hareket yönünü bulmak için kullanılan ifadeler aşağıdaki denklemlerde verilmiştir.

$$\text{sol: } \|LEC - NP\| < \|REC - NP\| + c \quad (3.2.1)$$

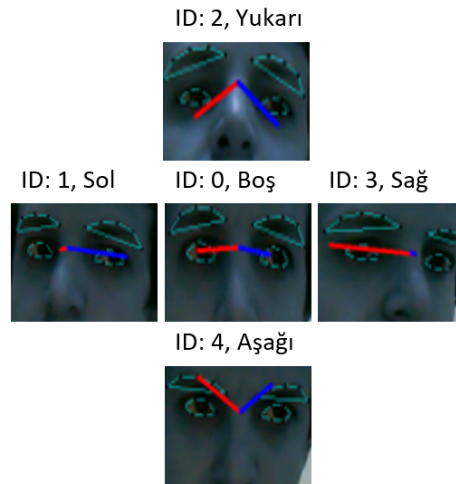
$$\text{sağ: } \|REC - NP\| < \|LEC - NP\| + c \quad (3.2.2)$$

$$\text{yukarı: } \frac{(Y_l - Y_n) + (Y_r - Y_n)}{2} > 0 \text{ ve } \cos \theta > k \quad (3.2.3)$$

$$\text{aşağı: } \frac{(Y_l - Y_n) + (Y_r - Y_n)}{2} < 0 \text{ ve } \cos \theta > k \quad (3.2.4)$$

$$\cos \theta = \frac{(\overline{LEC-NP}) \cdot (\overline{REC-NP})}{\|\overline{LEC-NP}\| \times \|\overline{REC-NP}\|} \quad (3.2.5)$$

Şekil 4’te baş hareketlerinde burun noktası ile sabit noktalar olan göz merkezleri arasındaki mesafelerin değişimi verilmektedir. Şekilde siyah noktalar kaşların ve gözlerin noktalarını belirtir. Kırmızı çizgi burun noktası ile sol gözün merkez noktası arasındaki mesafe vektörünü, mavi çizgi burun noktası ile sağ gözün merkez noktası arasındaki mesafe vektörünü vermektedir. Mesafe vektörlerindeki değişimlere göre, hareket yönü kolaylıkla belirlenmektedir. Belirlenen bu hareketler, akıllı tekerlekli sandalye yönlendirmesinde, joystick yerine kullanılabilir. Yukarı yönde baş hareketi ileri; aşağı yöndeki baş hareketi geri; sola doğru baş hareketi sola doğru manevra; sağa doğru baş hareketi sağa doğru manevraya karşılık olarak eşleştirilmiştir. Başın yönsüz/normal konumda olması herhangi bir aksiyonun aktif olmaması durumu (boş) olarak ele alınmıştır.



Şekil 4. Baş Hareketleri ve Hareket ID’leri

Şekil 4’de gösterilen kırmızı ve mavi doğru parçalarının büyüklükleri ve aralarında oluşan açı bilgileri kullanılarak sağ, sol, yukarı, aşağı veya boş (nötr) durumda olduğu tespit edilebilmektedir. Bu uzaklıkların verimli çalışıp çalışmadığı defalarca test edilmiştir. Testler, farklı zamanlarda 10’ar kez tekrarlanmış ve Eşitlik (3.2.1) - (3.2.5)’de öznitelik olarak kullanılan uzaklık değerleri hesaplanmıştır. Tablo 1’de 0:BOŞ baş hareketinde meydana gelen uzaklık değerlerinin ortalama, standart sapma ve varyansı verilmektedir.

Tablo 1. Hareketsizlik (0:BOŞ) Kafa Hareketi için Elde Edilen Uzaklık Değerleri

METRİK	Baş Hareket Durumu: 0: BOŞ		
	Ortalama	Standard Sapma	Varyans
$\ LEC - NP\ $ (piksel)	33,23	1,44	2,07
$\ REC - NP\ $ (piksel)	30,89	1,18	1,40

Tablo 1 incelendiğinde, sol göz merkez notası-burun üst noktası ve sağ göz merkez noktası-burun üst noktası arasındaki uzaklıkların ortalama değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Bu durum, baş hareketinin 0:BOŞ pozisyonun karşılık gelmektedir.

Tablo 2’de 1:SOL ve 3: SAĞ baş hareketlerinde meydana gelen uzaklık değerlerinin ortalama, standart sapma ve varyansı verilmektedir.

Tablo 2. 1:SOL ve 3:SAĞ Kafa Hareketi için Elde Edilen Uzaklık Değerleri

METRİK	ÖLÇÜMLER			ID
	Ortalama	Standard Sapma	Varyans	
$\ LEC - NP\ $ (piksel)	15,12	3,24	10,48	1: SOL
$\ REC - NP\ $ (piksel)	72,67	1,55	2,41	
$\ LEC - NP\ $ (piksel)	95,63	5,79	33,58	3: SAĞ
$\ REC - NP\ $ (piksel)	33,58	5,79	33,47	

Tablo 2 incelendiğinde, bir önceki durumdan oldukça farklı olarak sol göz merkez noktası-burun üst noktası ve sağ göz merkez noktası-burun üst noktası arasındaki uzaklıkların ortalama değerlerinin birbirinden oldukça uzak olduğu görülmektedir. Sol tarafa baş hareketi söz konusu iken burun noktası ile sol göz noktası arasındaki ortalama mesafe, burun noktası ile sağ göz noktası arasındaki ortalama mesafeden çok daha küçük olmaktadır. Sağ tarafa baş hareketi yapıldığında ise sağ göz merkez noktası-burun üst noktası arasındaki ortalama mesafe, sol göz merkez noktası-burun üst noktası arasındaki ortalama mesafeden çok daha küçük olmaktadır. Bu değerler arasındaki farklar, sola veya sağa doğru yapılan baş hareketinin algılanabileceğini göstermektedir.

Çalışmada, yukarı ve aşağı baş hareketlerinin tespiti için bu hareketlerde meydana gelen uzaklık ve açı değerleri kullanılmaktadır. Tablo 3’te 2:YUKARI ve 4:AŞAĞI baş hareketi yapıldığı durumda ölçülen değerler verilmektedir.

Tablo 3. 2:YUKARI ve 4:AŞAĞI Kafa Hareketi için Elde Edilen Uzaklık Değerleri

METRİK	ÖLÇÜMLER			ID
	Ortalama	Standard Sapma	Varyans	
$\frac{(Y_l - Y_n) + (Y_r - Y_n)}{2}$ (piksel)	38,30	1,66	2,76	2:YUKAR I
$\cos \theta$ (radyan)	0,22	0,04	0,0016	
$\frac{(Y_l - Y_n) + (Y_r - Y_n)}{2}$ (piksel)	-28,90	1,11	1,24	4: AŞAĞI
$\cos \theta$ (radyan)	-0,057	0,039	0,0015	

Tablo 3 incelendiğinde, yukarı ve aşağı hareketleri tespit etmede dikey eksendeki değerler oldukça ayırt edicidir. Dikey eksendeki hareket yönünü tespit etmek için uzaklıklar vektörel olarak değerlendirilmektedir. Yukarıya doğru baş hareketinde pozitif değerler ve pozitif doğrultuda dikey açı oluşmakta, aşağı yönde baş hareketinde ise negatif değerler ve negatif doğrultuda açı değişiklikleri elde edilmektedir. Bu değerler kullanılarak, aşağı ve yukarı yönde baş hareketleri tespit edilmektedir.

Tablo 1-3'te verilen değerler, kafanın sol, sağ, yukarı, aşağı veya hareket olmaması yönlerinin başarılı bir biçimde tespit edileceğini göstermektedir. Uzaklık değerleri arasında değişimler uygulamada parametrik olarak tanımlanmıştır. Standart parametreler, deneysel çalışmaya katılan bireylerin kafa hareketlerini doğru biçimde algılamaktadır. Tasarlanan uygulamada bu parametreler kullanıcıya özel olarak tanımlanabilmekte ve akıllı tekerlekli sandalyeyi yönlendirme hassasiyetleri kişiye özel ayarlanabilmektedir.

4. GERÇEKLEŞTİRİLEN TESTLER

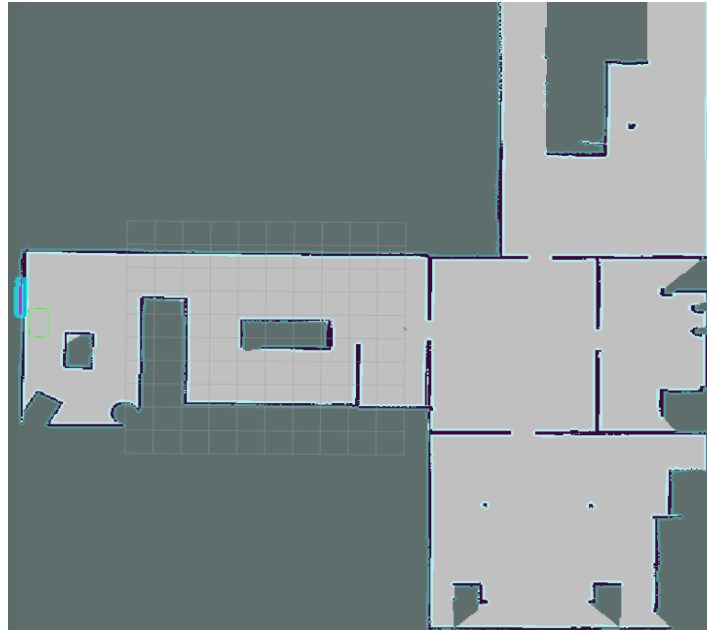
Deneysel çalışmalar, Ubuntu 16.04 ve ROS Kinetic içeren bir kişisel bilgisayarda gerçekleştirilmiştir. Kullanılan bilgisayar, 1920×1080 ekran çözünürlüğüne sahip, ekran kartı 1GB NVIDIA GeForce GT 425M, işlemcisi Intel i5-1.8 GHZ olan bir cihazdır. Çalışmada sadece bilgisayara ait 1.3 megapiksel çözünürlüğe sahip web kamerası kullanılmıştır. Tüm çalışmalar GAZEBO benzetim ortamında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada robotun hareket edebilmesi, bazı baş hareketlerinin yardımıyla robotun kontrolünün sağlanması için, bir dizi eylemin tanımlanması ve bu eylemlere göre fonksiyonların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Eylemler ve eylemlere göre gerçekleştirilen fonksiyonlara ait liste Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Eylemler ve Eylemlere Uygun Gerçekleştirilen Aksiyonlar

Eylem ID	Fonksiyon
1	Robotu sola döndürme (yarı otonom mod), bir önceki noktayı arayüzden seçme (otonom mod)
2	Robotu + ivmelendirme (yarı otonom mod)
3	Robotu sağa döndürme (yarı otonom mod), bir sonraki noktayı arayüzden seçme (otonom mod)
4	Robotu – ivmelendirme (yarı otonom mod)
0 – 1 – 0 – 3	Mod değiştirme (her iki mod)
0 – 2 – 0 – 2	Gidilecek noktayı onaylama (otonom mod)
0 – 4 – 0 – 4	Acil durma (her iki mod)

Tasarlanan akıllı tekerlekli sandalye tam otonom ve yarı otonom olmak üzere iki çalışma moduna sahiptir. Tam otonom modda iken, kullanıcı önceden tanımlanan noktalardan birini baş hareketleri yardımıyla arayüzden seçer. Robot hareketini ROS içerisinde bulunan yol planlayıcıları ile planlayarak, hedef noktaya varmaya çalışır. Yarı-otonom modda iken, kullanıcı baş hareketleri ile robotu ileri, geri, sağ, sol olarak sabit hızda kontrol ederek, gitmek istediği yere robotu hareket ettirebilmektedir. Çalışmada, her mod için testler gerçekleştirilmiştir. Testlere başlamadan önce, lazer sensör yardımıyla eş zamanlı yerelleştirme ve haritalama (SLAM) algoritması kullanılarak (Leonard ve Durrant-Whyte (1991)), robotun ortam harita bilgisini elde etmesi sağlanmıştır. Çıkarılan ortam haritası Şekil 5’te verilmiştir.



Şekil 5. Lazer Sensör İle Çıkarılan Ortam Haritası

5. SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, hareket kabiliyeti sınırlı bireyler için, herhangi bir giyilebilir donanım gerektirmeyen baş hareketlerine dayanan bir tekerlekli sandalye tasarımı yapılmış ve kontrolü gerçekleştirilmiştir. Çalışmada bilgisayarda bulunan web kamera yardımıyla yüze ait öznitelikler çıkarılmış, çıkarılan öznitelikler sayesinde, kullanıcıların robotu baş hareketleri ile kontrol etmesi sağlanmıştır. Çalışmada, kullanıcı robotu otonom ve yarı otonom modlarda kullanabilmektedir. Otonom modda kullanıcı gidilecek noktayı baş hareketleri ile arayüz üzerinden seçmekte hedef noktaya ROS yol planlayıcıları ile gitmektedir. Yarı otonom modda iken kullanıcı baş hareketleri ile robotu kontrol ederek istediği noktaya ulaştırmaktadır. Çalışma sonucunda, robotun baş hareketleri ile kolaylıkla kontrol edilebildiği gösterilmiştir. Gelecek çalışmalarda, kullanıcı arayüz birimi geliştirilmesi, robotun hareket kabiliyetinin iyileştirilmesi ve gerçek zamanlı testler yapılması düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- 3D Warehouse (2020), *Wheelchair*, <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/3b37f4a8461555d81fabf3cbd0fc77bc/Wheelchair>, Erişim Tarihi: 13.03.2020.
- Chen, Y. L., Chen, S. C., Chen, W. L. ve Lin, J. F. (2003), A head orientated wheelchair for people with disabilities, *Disability and Rehabilitation*, 25(6), 249-253.
- Dey, P., Hasan, M. M., Mostofa, S. ve Rana, A. I. (2019), Smart wheelchair integrating head gesture navigation, *In 2019 International Conference on Robotics, Electrical and Signal Processing Techniques (ICREST)*, 329-334.
- Eid, M. A., Giakoumidis, N. ve El Saddik, A. (2016), A novel eye-gaze-controlled wheelchair system for navigating unknown environments: Case study with a person with ALS, *IEEE Access*, 4, 558-573.
- GAZEBO (2013), Robot simulation, <http://gazebosim.org/>, Erişim Tarihi:13.03.2020.
- Kazemi, V. ve Sullivan, J. (2014), One millisecond face alignment with an ensemble of regression trees, *In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 1867-1874.
- Kim, J., Park, H., Bruce, J., Sutton, E., Rowles, D., Pucci, D. ve Laumann, A. (2013), The tongue enables computer and wheelchair control for people with spinal cord injury. *Science translational medicine*, 5(213).

- King D. (2020), *dlib-models*, <https://github.com/davisking/dlib-models>, Erişim Tarihi: 13.03.2020.
- Leonard, J. J. and Durrant-Whyte, H. F. (1991), Simultaneous map building and localization for an autonomous mobile robot, *Intelligent Robots and Systems' IROS'91, IEEE/RSJ International Workshop*, 1442-1447.
- Lund, M. E., Christiensen, H. V., Caltenco, H. A., Lontis, E. R., Bentsen, B., ve Struijk, L. N. A. (2010), Inductive tongue control of powered wheelchairs, *In 2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology*, 3361-3364.
- Machangpa, J. W., ve Chingtham, T. S. (2018), Head Gesture Controlled Wheelchair for Quadriplegic Patients, *Procedia computer science*, 132, 342-351.
- Marins, G., Carvalho, D., Marcato, A. ve Junior, I. (2017), Development of a control system for electric wheelchairs based on head movements, *In 2017 Intelligent Systems Conference (IntelliSys)*, 996-1001.
- Mougharbel, I., El-Hajj, R., Ghamlouch, H. ve Monacelli, E. (2013), Comparative study on different adaptation approaches concerning a sip and puff controller for a powered wheelchair. *In 2013 Science and Information Conference*, 597-603.
- Nguyen, Q. X. ve Jo, S. (2012), Electric wheelchair control using head pose free eye-gaze tracker, *Electronics Letters*, 48(13), 750-752.
- Nishimori, M., Saitoh, T., ve Konishi, R. (2007), Voice controlled intelligent wheelchair, *In SICE Annual Conference 2007*, 336-340.
- Rabhi, Y., Mrabet, M. ve Fnaiech, F. (2018), A facial expression controlled wheelchair for people with disabilities. *Computer methods and programs in biomedicine*, 165, 89-105.
- Rechy-Ramirez, E. J., Hu, H., ve McDonald-Maier, K. (2012), Head movements based control of an intelligent wheelchair in an indoor environment, *In 2012 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO)*, 1464-1469.
- Sagonas, C., Tzimiropoulos, G., Zafeiriou, S. ve Pantic, M. (2013), 300 faces in-the-wild challenge: The first facial landmark localization challenge, *In Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision Workshops*, 397-403.

- Shinde, K. D., Tarannum, S., Veerabhadrappe, T., Gagan, E.,ve Kumar, P. V. (2018), Implementation of Low Cost, Reliable, and Advanced Control with Head Movement, Wheelchair for Physically Challenged People, *In Progress in Advanced Computing and Intelligent Engineering*, 313-328, Springer, Singapore.
- Sivakumar, M. S., Murji, J., Jacob, L. D., Nyange, F. and Banupriya, M. (2013), Speech controlled automatic wheelchair, *In 2013 Pan African International Conference on Information Science, Computing and Telecommunications (PACT)*, 70-73.
- Tanaka, K., Matsunaga, K. ve Wang, H. O. (2005), Electroencephalogram-based control of an electric wheelchair, *IEEE transactions on robotics*, 21(4), 762-766.
- Viola P. and Jones M. (2001), Robust Real-time Object Detection, *In International Journal of Computer Vision* 57 (2).