

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

İNSANLIK YARARINA TEKNOLOJİ YARIŞMASI PROJE DETAY RAPORU

PROJE KATEGORİSİ: Engelli Dostu Kategorisi

PROJE ADI: Hibrit Tekerlekli Sandalye Kiti

TAKIM ADI: Ar-Ge Garaj

Başvuru ID: 29798

TAKIM SEVİYESİ: Üniversite-Mezun

1. Proje Özeti

Dünya Sağlık Örgütü'nün 2021 yılında yaptığı araştırmaya [1] göre dünya nüfusunun yaklaşık %15'i yani yaklaşık bir milyar engelli birey bulunmaktadır. Türkiye'de ise yaklaşık 2,5 milyon kişi ortopedik sorunlara sahiptir [2] ve 2.5 milyon kişi arasından bazı vatandaşlar tekerlekli sandalyeye ihtiyaç duymaktadırlar. Günümüzde sadece manuel ve akülü tekerlekli sandalyeler mevcuttur. Her ikisinin de bazı avantaj ve dezavantajları vardır. Örneğin, manuel tekerlekli sandalyelerin sadece insan kas gücü ile hareketi sağlayabilme, refakatçiye ihtiyaç duyma, uzun mesafe gidememe gibi dezavantajlarının yanında taşıma kolaylığı ve ekonomik olması gibi avantajları bulunmaktadır. Benzer şekilde akülü tekerlekli sandalyelerin elektrik gücü ile kullanımı kolay olmasının yanı sıra pahalı ve ağır olma gibi dezavantajları vardır. Manuel tekerlekli sandalyelerin ve akülü tekerlekli sandalyelerin birbirlerine göre olan dezavantajlarını ortadan kaldırıp avantajlarının birleştirildiği ve istenildiğinde manuel istenildiğinde elektrikli kullanıma olanak sağlayan yeni bir çözüm oluşturmak için hibrit tekerlekli sandalye (HTS) kiti projesi önerilmiştir.

Önerilen HTS kiti portatif olarak tasarlanmıştır. Böylece, istenildiğinde kolaylıkla sökülüp takılabilmektedir. Bu projede, fırçasız DC (BLDC) motorlar kullanılmasından dolayı piyasadaki akülü tekerlekli sandalyelerden daha hafif, verimi daha yüksek, bakım masrafı daha az ve daha sessiz bir ürün haline gelmiştir [3]-[5]. HTS projesinde lityum-iyon bataryalar kullanılmıştır. Diğer bataryalarla karşılaştırıldığında, lityum-iyon bataryalar hızlı şarj özelliği, uzun kullanım ömrü, geniş çalışma sıcaklığı aralığı, uzun raf ömrü, yüksek enerji verimliliği ve yüksek güç deşarj kapasitesi gibi özellikleri [6], [7] nedeniyle seçilmiştir. Kullanılan BLDC motorların sürücü kartının tasarımı tamamen yerli olarak Ar-Ge Garaj takımı tarafından yapılmıştır. Benzer şekilde, motorların kontrolünü sağlayan, görüntü işleme işlemini yerine getiren ve sensörden alınan bilgilerin kontrol kartına aktarılmasını sağlayan yazılım da Ar-Ge Garaj takımı tarafından gerçekleştirilmiştir.

Bu proje ile üç ayrı proje yarışmasına katılım sağlanmıştır. Bu üç proje yarışması ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

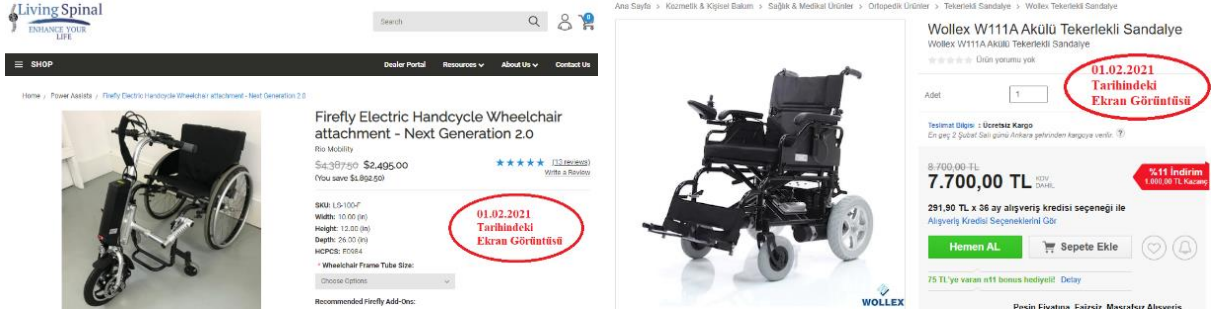
“2. Ar-Ge Proje Pazarı” (Süleyman Demirel Üni.& Göller Bölgesi Teknokenti ve Teknoloji Transfer Ofisi) 19 Aralık 2019 (final günü) – Isparta - **Finalist** - (HTS-01 Aşamasında Katılım)

“Fikrinle İz Bırak” (Atılım Üni.&TÜGİAD) 11 Nisan 2020 (final günü) - Ankara/Çevrimiçi - **Finalist** - (HTS-01 Aşamasında Katılım)

“Başakşehir Living Lab İnovasyon Yarışması 7” 24 Aralık 2020 (final günü) İstanbul/Çevrimiçi – **Finalist Jüri Özel Ödülü** - (HTS-02 Aşamasında Katılım)

2. Problem/Sorun

Proje özetinde belirtilen manuel ve akülü tekerlekli sandalyelerinin avantaj ve dezavantajlarına ek olarak, HTS projesine muadil bir ürün Şekil 1-a da verilmiştir. Bu ürün, tekerlekli sandalyeyi bir nevi üç tekerlekli bir motosiklete dönüştüren bir alternatiftir. Bu ürünün satış fiyatı ise 01.02.2021 tarihinde alınan ekran görüntüsünde gösterildiği gibi 2.495\$'dir [8]. Şekil 1-b de gösterilen ortalama bir akülü tekerlekli sandalye dolar kuru yaklaşık 7,3 TL (01.02.2021 tarihinde) iken satış fiyatı kargo dâhil yaklaşık 7.700 TL olduğu görülmektedir.



Şekil 1. a) Ateş böceği tekerlekli sandalye eklentisi b) Ortalama bir akülü sandalye.

Bu ürünlerin fiyatlarının çok yüksek olmasıyla birlikte Şekil 1-a ve b’de bulunan ürünlerin şarjının bitmesi halinde tekerlekli sandalye kullanıcısı için adeta bir yük haline gelmektedir ve kullanıcıların dışarıdan yardım almaları zorunlu hale gelmektedir. Ayrıca şekilde verilen iki örnekte kısmi felçli, ALS ve MS gibi hastaların kendi başlarına hareketliliğini sağlayacak çözümler üretememektedir.

3. Çözüm

Tasarlanan portatif kit Şekil 2’de gösterildiği üzere devreye alma ve devreden çıkarma özelliklerine sahip olacaktır. Bu özellik batarya dolu iken elektrik motorlarının kullanılması, batarya bittiğinde ise büyük manuel tekerleklerin kullanımına olanak sağlayacaktır. Böylelikle tekerlekli sandalye kullanıcısının bir başka kişinin yardımına ihtiyaç duymadan gidebileceği mesafe artırılmış olacaktır.



Şekil 2. Tasarlanan HTS kitinin manuel tekerlekli sandalyeye montaj edilmiş hali.

Tasarlanan kitte bazı dolar endeksli parçalar (elektronik devre elemanları, elektrik motorları vb.) kullanılacağı için dolar kuru yaklaşık 7,3 TL (01.02.2021 tarihinde) iken yapılan çalışmalar sonucu detayları ilerleyen kısımlarda verilecek olan HTS kitinin tahmini maliyetinin 3.360 TL (Görüntü işleme eklentisi için + 800 TL) civarında olacağı hesaplanmıştır. Seri üretimde tahmini maliyetin daha da düşmesi beklenmektedir. Tasarlanan ürün fiyat olarak ortalama bir akülü tekerlekli sandalyeden yaklaşık yarı yarıya ucuz bir

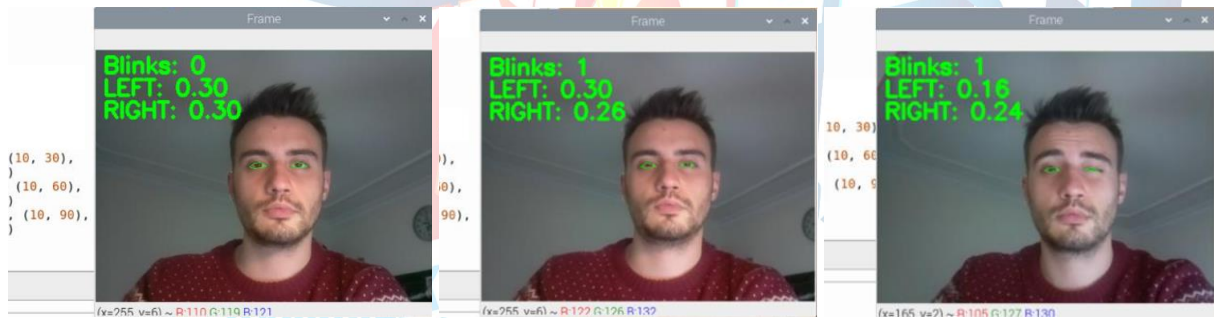
çözüm sunacaktır. Manuel kullanıma da olanak sağlayacağı düşünüldüğünde, kullanıcıların kat edebileceği mesafenin artmasını da sağlayacak bir projedir.

Piyasadaki standart akülü tekerlekli sandalyeler kısmi felçli, ALS ve MS hastaları gibi hastalara çözüm alternatifi oluşturmazken, HTS projesinde hareket kabiliyeti olan uzuvlara özgü sensör ve/veya görüntü işleme tekniği ile bu gibi hastalar HTS-03-XX yardımıyla hareket kabiliyeti kazanacaklardır.

4. Yöntem

BLDC motor sürümü için literatürde popüler iki türlü sürme tekniği vardır. Bunlardan biri sinüzoidal sürme yöntemi diğeri ise karesel sürme yöntemidir. Bu projede 6lı H-köprüsü kullanarak karesel motor sürme yöntemiyle sensörlü BLDC motor sürücü devresi tasarlanmıştır. HTS-01 ve HTS-02 iki eksenli joystick ile kontrol edilebilmektedir. HTS kitini devreye almak ve devreden çıkarmak için kontrol kısmında iki adet buton bulunmaktadır.

HTS-03-XX versiyonun kontrolü pusula sensöründen gelen ve/veya görüntü işlemeden gelen bilgilere göre yapılabilmektedir. Pusula sensörü eklentisi, ilk başlatıldığında belirli bir süre değerleri toplayarak referans değerleri oluşturacak ve gelen anlık değerler ile referans değerleri karşılaştırarak tekerlekli sandalyenin hareketi için gerekli bilgileri sürücü kartına aktaracaktır. Kullanılan görüntü işleme tekniği Raspberry Pi 4 üzerinden Python programlama dili kullanılarak hazırlanmıştır. İlk enerjilendirmede kullanıcının göz açıklık değerlerinden belirli bir zaman dilimi içerisinde veriler alıp, bu değerlerin ortalaması alınarak referans değeri oluşturulacak. Ardından bu referans değerler ile anlık gelen değerler kıyaslanıp tekerlekli sandalyenin hareketi için gerekli bilgileri sürücü kartına aktaracaktır. Görüntü işleme çalışmalarına ait ekran görüntüleri Şekil 3'te verilmiştir.

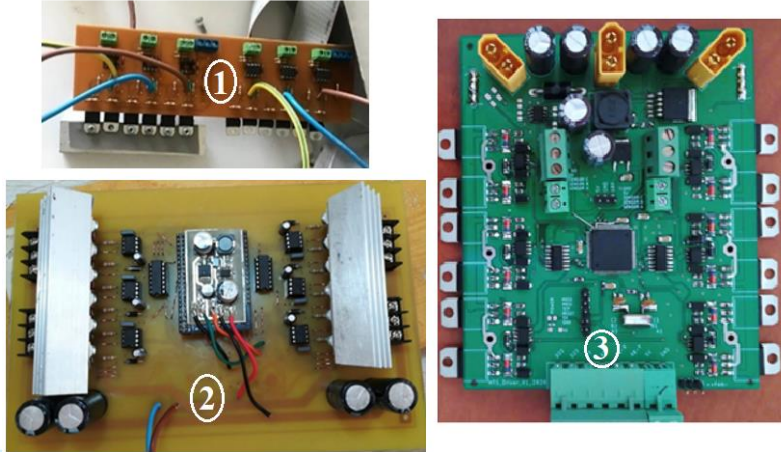


Şekil 3. Raspberry Pi 4 tabanlı görüntü işleme algoritmasına ait test görüntüleri

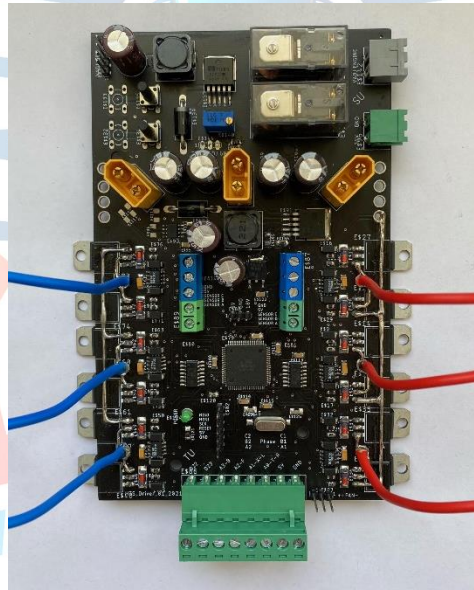
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Önerilen proje iki temel bileşenden oluşmaktadır. Bunlar elektronik ve mekanik bileşenlerdir. Projenin elektronik kısmı elektrik motoru, elektronik kontrol kartı, batarya ve tekerlekli sandalyeyi yönlendirme için joystickten (veya HTS-03-XX için görüntü işleme, sensör ekipmanlarından) oluşmaktadır. Elektrik motoru olarak üstünlükleri özet bölümünde belirtilen BLDC motorlar kullanılmıştır. BLDC motorların fırçalı DC motorlara göre çok daha karmaşık bir kontrol devresinin bulunması dezavantajlarındandır. Bu dezavantajın üstesinden

Ar-Ge Garaj takımının yerli imkanlarla tasarlanan olan elektronik sürücü kartıyla gelmektedir. Tasarlanan elektronik kart, gerilim düzenleyici (regülatör), mikrodenetleyici ve iki adet motoru sürmek için ağırlıklı transistörlerden oluşan diğer yardımcı devre elemanlarından oluşmaktadır. Şekil 4'te bu proje kapsamında tasarlanan, üretilen ve kullanılan eski versiyonlara ait elektronik kartların fotoğrafları verilmiştir. Şekil 5'te ise Ar-Ge çalışmaları sonucunda tasarlanan nihai elektronik kartın fotoğrafı görülmektedir.



Şekil 4. HTS projesi boyunca tasarlanan üretilen ve kullanılan elektronik kartlar.



Şekil 5. HTS projesinde tasarlanan üretilen ve kullanılan nihai elektronik kart.

Batarya olarak 36V lityum-iyon batarya kullanmaktadır. Kullanılan batarya minimum maliyet ve geri dönüşüm amaçlı arızalı bir hoverboardan elde edilmiştir. Bu bataryanın etiket değerleri 36V 4.4Ah olarak verilmektedir. Kullanıcının ağırlığı, kullanılan ortamdaki sürtünme, HTS kullanımındaki ortalama hızı gibi etkenler dahilinde tam dolu tek bir batarya ile 30-50 dakikalık bir kullanıma olanak sağlayabilecektir. Ayrıca tasarlanan elektronik kartta üç adet batarya girişi bulunmaktadır. Kullanıcı ister ise batarya sayısını artırarak kullanım süresini de arttırabilmektedir.

Projenin mekanik kısmında alüminyum iskelet kullanıldığından hafiflik ve sağlamlık ön planda tutulmuştur. Bu şekilde piyasadaki akülü tekerlekli sandalyelere göre yaklaşık 25

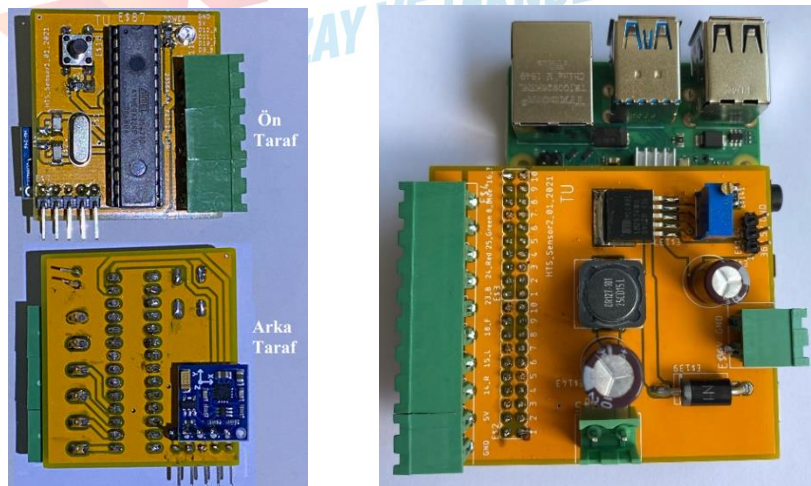
kg hafiflik sağlanmıştır. DC lineer motor yardımı ile BLDC motorların aşağı ve yukarı yönlü hareketi sağlanmaktadır. Tasarlanan kit, manuel tekerlekli sandalyeye bağlantısı kolay ve dayanıklı olacak şekilde tasarlanmıştır.

Projenin HTS-02 versiyonunda tekerlekli sandalyenin yönlendirilmesi için Şekil 6’da gösterilen çift eksenli bir joystick kullanılmıştır. Joystick’in manuel tekerlekli sandalyeye montajlanmasını sağlayan aparat Ar-Ge Garaj takımı tarafından tasarlanmış ve 3 boyutlu yazıcı teknolojisi kullanarak üretimi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6. HTS-02 kitinin kontrolünü sağlayan birim.

HTS-03-XX’in görüntü işleme kısmı için mini bir bilgisayar ve kamera kullanılmıştır. Görüntü işleme eklentisi yalnızca gözlerini hareket ettirebilen insanlara, göz hareketleriyle tekerlekli sandalyelerine hareket kabiliyeti kazandırabilmek için kullanılacaktır. Kullanıcının kafasına yerleştirilecek bir kamera aparatı ile göz hareketleri tespit edilip tekerlekli sandalyenin bu şekilde hareket ettirilmesi sağlanacaktır. HTS projesinin sensör ve görüntü işleme kısmında kullanılmak üzere yerli olarak tasarlanan, üretilen ve kullanılan elektronik kartların görselleri Şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Sensör ve görüntü işleme eklentileri için tasarlanan, üretilen ve kullanılan elektronik kartlar.

6. Uygulanabilirlik

Projenin ilk aşaması olan HTS-01 sabit montajlı bir dönüşüm kiti olup HTS-02'den farkı bu kitin devreye alınıp devreden çıkarma özelliğinin olmamasıdır. HTS-01'in üretim amacı elektronik sistemin (sürücü kartları, regülatör vb.) tasarlanması ve geliştirilmesine öncülük olmaktır. Ayrıca kullanılan redüktörsüz BLDC motorların tork ve hız değerlerinin test edilmesidir. Projenin ikinci aşama prototipi HTS-02 ticarileşebilir bir ürün olmasının yanı sıra seri üretime geçilirse ihraç edilebilir bir üründür. HTS-03-XX versiyonu ise HTS-02 versiyonuna ek olarak kullanıcının ihtiyacına göre göz hareketleri veya hareket edebilen en az bir uzuv ile hareketin sağlanması imkan tanıyan katma değeri ve ticarileşme potansiyeli çok yüksek bir ürün haline gelmektedir.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Tahmini maliyet planlaması Tablo 1'de verilmiştir. Sunulan projenin, ilk aşamasında (HTS-01) ana kartı arızalı bir howerboard kullanılmıştır. Arızalı üründen kullanılan malzemeler 2 adet BLDC motor ve bataryanın kullanılabilir olması projenin başlangıç maliyetlerini oldukça düşürmüştür. Bunun yanı sıra ilk aşamada kullanılan sürücü ve mekanik tasarımı tamamen yerli bir şekilde Ar-Ge Garaj takımı tarafından gerçekleştirilmiştir.

TEKNOFEST 2021 yarışması için Türkiye'de bulunmayan ve/veya seri bir şekilde üretilmeyen 2 adet redüktörlü BLDC motoru yurt dışından temin edilmesi prototip maliyetini bir miktar arttırmıştır. Projenin seri üretime geçmesi halinde kullanılacak redüktörlü BLDC motorların yerli imkânlarla tasarlanması ve üretilmesi proje maliyetini önemli bir ölçüde azaltacaktır. Bu motorların yerli imkânlarla üretilmesi ise Türkiye'ye katma değeri yüksek bir diğer ürünü de kazandırmış olacaktır.

Tablo 1. Tahmini Maliyet Planlaması (01.02.2021 tarihinde 1\$=7.3 TL iken)

Ürün	Adet	Birim Fiyatı	Fiyat
Redüktörlü BLDC Hub Motor	2	125\$ yaklaşık 900 TL	1.800 TL
Batarya	1	25 \$ yaklaşık 180 TL	180 TL
Çok Katmanlı PCB Üretimi	1	4 \$ yaklaşık 30 TL	30 TL
Elektronik Devre Elemanları	-	35 \$ yaklaşık 250 TL	250 TL
Mekanik İmalat	1	500 TL	500 TL
Linear DC Motor	1	65 \$ yaklaşık 500 TL	500 TL
Joystick (HTS-01 ve HTS-02)	1	14 \$ yaklaşık 100 TL	100 TL
Görüntü İşleme Eklentisi (HTS-03-02)	1	110 \$ yaklaşık 800 TL	+ 800 TL
TOPLAM			3.360 + 800 TL

HTS projesinin tahmini zaman planlaması Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Tahmini zaman planlaması verilmiştir.

	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
HTS-03-XX için PCB tasarımı ve sipariş edilmesi	X	X			
HTS-03-XX için görüntü işleme yazılımının yapılması	X	X	X		
Görüntü işleme kısmında kullanılacak kamera için gerekli 3 Boyutlu tasarımların yapılması ve üretilmesi		X	X		
Mekanik ve Elektronik Montaj			X	X	
Testlerin yapılması				X	
Test sonrası iyileştirmelerin yapılması				X	X

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Projenin sonucunda ortaya çıkacak olan ürünün temel hedef kitlesi tekerlekli sandalye kullanıcılarıdır. Bunun yanı sıra belediyeler (sosyal yardım ile dağıtılan akülü tekerlekli sandalyelere alternatif olarak), havalimanları (yürüme zorluğu çeken yolcuların transferinde kullanımı için) ve hastanelerdir (özellikle şehir hastaneleri).

Hedef kitlede büyük bir payı olan belediyelerde sosyal yardım amacıyla dağıtılan onlarca akülü tekerlekli sandalye yerine HTS kitinin kullanılması hem belediyelerin bu yardımlar için ayırdığı bütçede ciddi tasarruf sağlayacak hem de ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır. Örnek vermek gerekirse, Denizli Büyükşehir Belediyesi ile yapılan görüşmeler sonucunda HTS projesinden bahsedildiğinde, bu projeye oldukça olumlu yaklaşmıştır. Buna ek olarak, 2018 yılında sadece Denizli Büyükşehir Belediyesinin 70 adet akülü tekerlekli sandalye ihalesine çıktığı görülmüştür [9].

9. Riskler

Tasarlanan elektronik kartın test sürecinde veya yarışma sürecinde arızalanması durumuna karşı yedek elektronik kart veya yedek elektronik devre elemanları hazırda bulunacaktır. Ayrıca HTS kitinin sensör veya görüntü işleme biriminden gelecek bilgilere göre hareket etme kısmında yön kabiliyetinin sağlanmasında yaşanabilecek olası zorluklar için yazılım ile hız sınırlandırılması yapılarak diğer akülü tekerlekli sandalyelere göre daha yavaş yol alacaktır.

10. Kaynaklar

- [1] <https://www.worldbank.org/en/topic/disability#:~:text=Results-,One%20billion%20people%2C%20or%2015%25%20of%20the%20world's%20population%2C,million%20people%2C%20experience%20significant%20disabilities.>
- [2] <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/turkiyede-yaklasik-2-5-milyon-ortopedik-engelli-var/1143665>
- [3] J. C. Gamazo-Real, E. Vázquez-Sánchez, and J. Gómez-Gil, "Position and speed control of

brushless DC motors using sensorless techniques and application trends,” *Sensors*, vol. 10, no. 7, pp. 6901-6947, 2010.

[4] I. Janpan, R. Chaisricharoen, and P. Boonyanant, “Control of the brushless DC motor combine mode,” *Procedia Engineering*, vol. 32 pp. 279 - 285, 2012.

[5] M. Nasri, H. Nezanabadi-Pour, and M. Maghfoori, “A PSO-based optimum design of PID controller for a linear brushless DC motor,” *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol. 20, pp. 211–215, 2007.

[6] S. Megahed, and W. Ebner, “Lithium-ion battery for electronic applications,” *Journal of Power Sources*, vol. 54, no. 1, pp. 155-162, 1995.

[7] S. X. Chen, K. J. Tseng, and S. S. Choi, “Modeling of lithium-ion battery for energy storage system simulation,” *Power and Energy Engineering Conference*, 2009.

[8] <https://livingspinal.com/handcycle/rio-mobility/firefly-electric-handcycle/firefly-electric-handcycle-wheelchair-attachment-next-generation-2-0/>

[9] <https://denizli.bel.tr/Default.aspx?k=haber-detay&id=17811>

