



Sanal Gerçeklik ve Geliştirilmiş Gerçeklik Uygulamaları için Fiziksel Geribeslemeli Egzersiz Sistemi Tasarımı ve Uygulaması

Physical Feedback Exercise System Design and Implementation For Virtual and Enhanced Reality Applications

Ahmet Özkurt ^{1*}, Ersoy Onur Solakoğlu ², Tolga Olcay ³, Taner Akkan ³

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik ve Elektronik Müh. Bölümü, İzmir, TÜRKİYE

² Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, TÜRKİYE

³ Dokuz Eylül Üniversitesi İzmir Meslek Yüksekokulu, İzmir, TÜRKİYE

Sorumlu Yazar / Corresponding Author *: ahmet.ozkurt@deu.edu.tr

Öz

Bu çalışmada yaşlılık, sağlık sorunları veya hava şartları gibi nedenlerle bina dışı ortamda egzersiz yapamayan kişiler için fiziksel hareket geri beslemesi sağlayan ve ilerideki sanal gerçeklik ve geliştirilmiş gerçeklik uygulamalarına uygun bir egzersiz sistemi tasarlanmış ve uygulanmıştır. Bu sistem bir egzersiz bisikleti yapısının geri besleme alınacak şekilde yeniden düzenlenmesi, verilen eğim bilgisine göre gövde yana yatma (yatış) ve öne arkaya yatma (yunuslama) hareketlerini yapabilen iki serbestlik dereceli bir mekanik sistemden ve gerekli sensör girişlerini işleyerek kontrol sinyallerini üreten bir elektronik devreden oluşmaktadır. Bu sayede kullanıcı gerçek ortam koşullarına benzer şekilde eğim çıkarken pedal zorlanması, inişlerde öne doğru eğilme gibi gerçek bir his elde edebilmektedir. Bu sistem üzerinde çeşitli ortam koşulların üretilebileceği senaryolar üretilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bina İçi Etkileşimli Egzersiz, Fiziksel Hareket Geri Besleme, Hareket Platformu

Abstract

In this study, an exercise system that provides physical movement feedback for people who cannot exercise outdoors due to reasons such as old age, health problems or weather conditions and is suitable for future virtual reality and augmented reality applications has been designed and implemented. This system consists of rearranging an exercise bike structure to receive feedback, a two-degree-of-freedom mechanical system that can perform body roll and forward-backward pitch movements according to the given slope information, and an electronic circuit that processes the necessary sensor inputs and generates control signals. In this way, the user can obtain a real feeling, such as pedal strain while climbing a slope and leaning forward while descending, similar to real environmental conditions. Scenarios can be produced on this system in which various environmental conditions.

Keywords: Indoor Interactive Exercise, Physical Movement Feedback, Motion Platform

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The nespective of this study is to design and implement an exercise system for individuals who are unable to exercise outdoors due to various reasons, including old age, health problems, or weather conditions. The system comprises a two-degree-of-freedom mechanical structure and the necessary electronics for sensor readout and control signal generation. Furthermore, the system is suitable for additional interactive applications, including Virtual Reality (VR) and Enhanced Reality (ER).

In our exercise system, the user can feel some physical effects like pedal strain while climbing a slope and leaning forward while descending. There are similar applications in the fields of sports, city life and tourism. A virtual walking system designed for the elderly, a sailing application with augmented reality, bicycle simulator development and validation, virtual bicycle simulation for sustainable traffic in the city, a virtual reality bicycle system

built with multi-sensor fusion, a bicycle use simulation in the city, an electromechanical system-controlled virtual bicycle riding instructor application, the reduction of discomfort that may occur due to the virtual reality feeling that may occur in virtual reality bicycle simulators and a virtual 360-degree tourism application especially for elderly people by bicycle are example studies related with our study. The utilization of similar applications has the potential to enhance an individual's overall health quality.

Materials and Methods

This system comprises a mechanical exercise system and electronic signal processing and control equipment. The mechanical system is equipped with two degrees of freedom active motion option with two linear actuators and one pivot base. The electronic device acquires data regarding speed, user pedal input, and brake rod position, producing control signals for the actuators in addition to communicating with external devices via

Wi-Fi and Bluetooth protocols for further ER applications recorded in real-world parcours.

Results and Discussion

This system is designed to create a limited roll and pitch angles depending on the slopes from parcours details derived from real life recordings. The permitted angle of inclination is approximately $\pm 10^\circ$ to prevent any harm or distortion to the user. The exercise bicycle is chosen as safe as possible for elder persons offering large sitting area and handles. The original bicycle system has undergone a complete overhaul on the electronic side to control the entire mechanism, as the original electronic structure lacked the development options required for the study. The linear actuator mechanism has been developed by using simulations to ensure being in safety zone for the user.

1. Giriş

Sanal gerçeklik (Virtual Reality VR) ve geliştirilmiş gerçeklik (Enhanced Reality (ER) veya Augmented Reality (AR)) bilgisayar sistemlerinin ve kişisel görüntü ekranlarının geliştirilmesi sonrası ortaya çıkan bir yaklaşımdır [1]. Sanal gerçeklik yaklaşımında tüm medya sentetik olup kullanıcı bu sentetik dünyada belli komutları oyun kolu veya diğer ekipmanla gerçekleştirebilir. Uzamsal yer ve açı belirleyici desteği kullanılarak gerçek olmayan nesne veya kişilerle etkileşim sağlanabilir. Sentetik dünyadan mekanik geri besleme (haptic feedback) alınabilirse sadece gözlem yerine gerçek olmayan nesneye dokunma ve manipüle etme gibi faaliyetler yapılabilir. Bu sayede kullanıcıların elde ettikleri gerçeklik hissi (immerse) artırılabilir.

Geliştirilmiş gerçeklik uygulamalarında sentetik görüntüler ile beraber veya onların yerine gerçek ortam veya nesneler üzerinde gözlem veya dokunma gibi etkileşim olanağı vardır ve gerçek dünyadan tamamen izole ortamlar içeren sanal gerçeklik sistemine karşın gerçek dünya ile etkileşim mümkün hale gelmektedir [5-2]. Örneğin; boş bir bardağa bakarken bardağın dolu olduğu ve bir resimle kaplı olduğu gözlenebilir, gerçek bir harabenin yanında ona bakarken o yapının tam halini görmek mümkün olabilir, sanal bir organa haptic cihaz kullanarak dokunma veya kesme işlemi gerçek bir ameliyat masası yanında sentetik bir hasta üzerinde çalışır gibi yapılabilir. Ancak geliştirilmiş gerçeklik uygulamalarında sanal gerçeklik sistemine göre daha fazla ekipman ve yazılım desteği gerekmektedir. Çünkü gerçek bir nesneye bakmak için ya yüksek çözünürlüklü bir kamera içeren VR gözlüğü veya şeffaf bir yüzeye görüntü aktarabilen bir kask gereklidir. Ayrıca baş hareketlerinin ve vücut açı ve pozisyonunun alınması için izleyici sensörler gereklidir. Buna ek olarak fiziksel geri besleme için özel donanım kullanımı zorunluluğu da gerekmektedir. Bu çalışmada yukarıda verilen sanal gerçeklik sistemlerinden farklı olarak geliştirilmiş gerçeklik tekniği ile uygulamaların gerçek nesne veya çevre ile etkileşimi amacına yönelik olarak çalışmalar yapılacak bir sistemin fiziksel geri besleme sağlayan alt bileşenleri tasarlanmış ve uygulanmıştır. Benzer çalışmalarda çeşitli gerçek nesnelerle etkileşim, sentetik görüntülerin gerçek ortamda görüntülenmesi, gerçek alanlarda 360 derece görüntüsel gezinti olanağı, eski yapıların sentetik görüntülerinin gerçek hallerinin üzerine bindirilmesi gibi faaliyetler yapılmasına ve tamamen görüntünün sentetik ancak mekanik sistemin geribeslemesinin gerçek olduğu bisiklet simülatörleri bulunmasına rağmen bunların bir arada yapıldığı çalışmalar oldukça azdır.

Bu tip sistemlerin önemli muhtemel çalışma alanlarından biri de sağlık sektörüdür. Çünkü örneğin hareketi sınırlı yaşlılarda

Therefore, this system is open to further studies about exercises in virtual or enhanced reality applications.

Conclusion

The system was designed and implemented for the people has limited opportunities for physical exercises outside. Those persons can experience cycling using bicycle-like system with motion feedback. The motion feedback may enhance the user's feeling of immersion and motivation during indoor exercises. The implementation of mechanical and electronic systems is essential for the realisation of such options. This study is important from the view of health and entertainment needs in daily life of such persons.

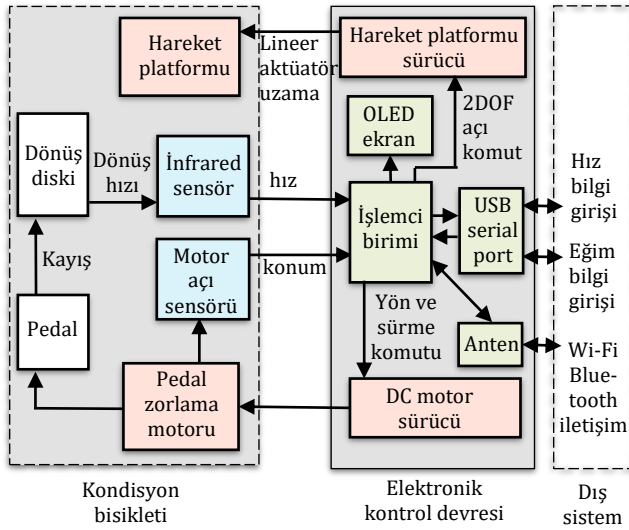
egzersiz yapılması gereklidir. Bir diğer kullanım alanı da fiziki rahatsızlıklar ya da tıbbi tedavi sırasında hareketsizlik sonrası tedavi sonunda hastanın rehabilitasyonu için kullanılmasıdır. Geliştirilmiş gerçekliğin sanal omuz bölgesi motor rehabilitasyonunda kullanımı [11-3], insan el rehabilitasyonu için kullanımı [12-4] artırılmış gerçeklik ile el bilek rehabilitasyonu [13-5], evde sanal ayna terapisinde kullanımı [14-6], Parkinson hastalarının denge rehabilitasyonu [15-7], bisikletle ritmik egzersiz ve rehabilitasyon uygulaması [16-8] örnek çalışmalardır. Spor, şehir yaşamı ve turizm alanlarında uygulamalar bulunmaktadır. Özellikle yaşlılar için sanal yürüme sistemi [2-9], geliştirilmiş gerçeklik ile yelkencilik uygulaması [3-10], bisiklet simülatör geliştirme ve validasyonu [4-11], şehirde sürdürülebilir trafik için sanal bisiklet simülasyonu [4-11], çoklu sensör füzyonu ile kurgulanmış sanal gerçeklik bisiklet sistemi [6-12], şehirde bisiklet kullanımı simülasyonu [7-13], elektromekanik sistem kontrollü sanal bisiklet sürme eğitmeni uygulaması [8-14], sanal gerçeklik bisiklet simülatörlerinde oluşabilecek sanal gerçeklik hissinden dolayı oluşabilecek rahatsızlıkların indirgenmesi [9-15], özellikle yaşlı insanların bisikletle sanal 360 derece turizm uygulaması [10-16] örnek çalışmalardır. Tasarım uygulamaları da bulunmaktadır. Parmak hareketlerinin tasarımı yönlendirmesi [17], mimari uygulamalarda birleşik gerçeklik uygulaması [18] örnek çalışmalardır. Yazım alanları gerektiği kadar uzatılabilir İnsan hayat kalitesinin artırılması ile ilgili uygulamalar bulunmaktadır. Sosyal rehabilitasyon [19], sanal toplantılar için çoklu kullanıcı birleşik gerçeklik uygulaması [20], birleşik gerçeklik ortamında insan tepkilerinin ölçülmesi [21], çocukların bisiklet sürmelerinde sosyal etkilerin araştırılması [22][23] örnek çalışmalardır.

Ancak dış ortamda bulunma olanağı sınırlı olan bu kişilerde odada sabit bisiklet kullanmak sentetik yapının yukarıda verilen yayınlardaki sonuçlarda gerçeklik hissini yaratamadığı için kişi tarafından kabul edilmemektedir. Sanal gerçeklik ve daha da önemlisi geliştirilmiş gerçeklik eğer doğru uygulanırsa bu kişilerde gerçeklik hissi yaratarak verimi arttırabilir. Benzer şekilde, sporcularda antrenman senaryosu, zorluk derecesi ve parkurun değiştirilmesi, önemli kazanımları daha kısıtlı bir ortamda ve en ekonomik bir şekilde sağlayabilir.

2. Materyal ve Metod

Bu çalışmada aşağıda Şekil 1'de verilen blok şemaya göre planlanan sistemde ileride yapılması planlanan bütüncül bir AR-ER sisteminin alt bileşenleri tasarlanmış ve uygulanmıştır. Bu alt sistemler temel olarak bisiklet sisteminin mekanik yapısının eksik veya uyumsuz bilgiler için revize edilmesi, temelde bir dış sistem ile gösterilen bilgisayar sistemi ile haberleşerek çalışacak

işlemci kartı tasarımı ve gömülü yazılımını içeren kontrol devresi ve roll ve pitch açılarını üretecek iki serbestlik dereceli iki lineer aktüatörlü hareket sisteminden ibarettir. Tüm sistem bir bilgisayar yazılımı tarafından USB bağlantısı veya kablolu bağlantı opsiyonu ile kontrol edilebilir haldedir.



Şekil 1. Sistem blok diyagramı.

Figure 1. System Block Diagram

Mevcut bisiklet sistemi mekanik yapısında özellikle hız sensörü ve zorlama motoru konusunda eksiklikler ve uyumsuzluklar bulunduğu için arka tekerlekten alınan manyetik hız bilgisi sensörü iptal edilerek ön tekerleğe yeniden infrared tabanlı bir sensör yerleştirilmiştir. Bisiklet sisteminin sabit bir magnetin dönen ön metal tambura yaklaşması ile manyetik olarak çalışan zorlama sistemi, ilk ve son zorlama seviyelerinde metal tambura çok yakın veya çok uzak kaldığı için doğrusal olmayan ve aralıkları çok düşen bir yapıdadır. Bu nedenle zorlama motoru enkoder sinyali çözülmüş ve zorlama seviyeleri 16 seviyeden nispeten doğrusal yapıdaki 9 seviyeye indirilme üzere yeniden planlanmıştır. Ayrıca, sabit ön teyimaklar hareketli bir gidon ve üzerinde bir fren el pedali eklenerek kullanıcının daha gerçekçi ve doğal hareket sağlamasına olanak sunulmuştur.

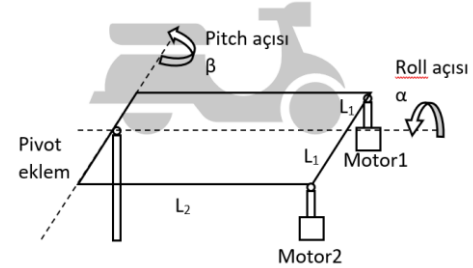
Kondisyon Bisiklet yapısında bulunan bazı ekipmanlar bu çalışmada da kullanılmıştır. Çalışmada eklenen elektronik bileşenler de buna uygun olarak seçilmiştir. Sistemimiz dış sistem ile gösterilen bilgisayar sistemi ile haberleşerek çalışacak ESP32 işlemci kartını kullanan bir kart tasarımı ile ilgili sensör bağlantılarını ve bu amaçla gereken gömülü yazılımını içeren bir elektronik donanım da sahiptir. Bu donanım üzerinde zorlanma motoru sürücü kartı, fiziksel hareket üreten aktüatörlerin sürme devresi ile fren, hız ve zorlama motoru sensörü bağlantıları olup sistemin kalbi niteliğindedir.

Tüm yapı bir platform üzerinde hareket edecek şekilde düzenlenmiştir. Bu platform roll ve pitch açılarını üretecek iki serbestlik dereceli iki lineer aktüatörlü hareket sisteminden oluşmakta ve aşağıda verilen basitleştirilmiş hesaplama göre istenen açıda hareket sağlamaktadır. Bu platform üzerinde iki adet lineer aktüatör olup 10 cm uzama imkanına sahiptir. Ancak çalışmada uzama eksenini orta noktadan aşağı yukarı 5 cm olacak şekilde sınırlandırılmıştır.

2.1. Kinematik Tasarım

Bu çalışmada önemli bir yapı olan fiziksel hareket sistemi, gereken yukarı aşağı ve sağ sol (pitch angle-eğim açısı veya

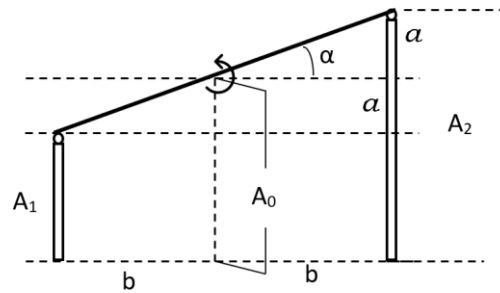
vertical slope-dikey eğim ve roll angle-yan yatma eğimi) parkur eğim bilgisine göre kondisyon bisiklet yapısının altına yerleştirilen iki adet DC lineer aktüatör ve denge desteğini içerecek hareket platformu tasarımı önemli bir yapıdır. Bu tasarım verilen tek eksen eğim verisi yanında yanal eğim gereken diğer opsiyonlar için de kullanılmak üzere iki serbestlik derecesine göre planlanmıştır. Bu sistemin tasarım prensibi ve tasarlanan model resimleri Şekil 2’de verilmektedir.



Şekil 2. Mekanik Hareket platformu konsept.

Figure 2. Concept of Mechanical motion Platform

Önden görünüm ile roll açısına bağlı lineer aktüatör uzama hesabının nasıl yapıldığı Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3. Önden görünüm ile roll açısına bağlı lineer aktüatör uzama hesabı.

Figure 3. The calculation of linear actuator extension for roll angle from the front view.

$a = A_0 - A_1$ olduğu gözönüne alınırsa buradan $A_0 = A_1 + a$ ve $A_0 = A_2 - a$ elde edilecektir. Böylece $A_1 = A_2 + 2a$ sonucuna ulaşılabacaktır. Roll açısı olan α açısı kullanılarak Denklem 1'deki eşitlik elde edilecektir.

$$\tan\alpha = \frac{a}{b} = \frac{(A_0 - A_1)}{b} \quad (1)$$

Buradan Denklem 2 ve Denklem 3'te gösterilen A_1 ve A_2 eşitliklerine varılacaktır.

$$A_1 = A_0 - b.tan\alpha \quad (2)$$

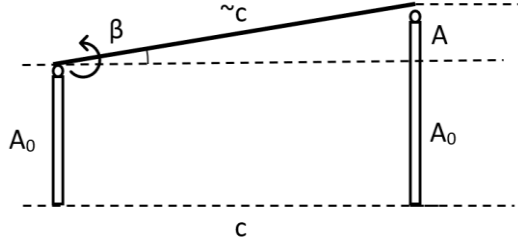
$$A_2 = A_0 - b.tan\alpha + 2a \quad (3)$$

Burada $a = b.tana$ olarak yerine konulursa a değeri istenilen açıyı vermek için her bir motora verilecek doğrusal olarak uzama ve kısalma verisini temsil edecektir. Böylece her motor için doğrusal yükseklik değerleri Denklem 4 ve 5 teki gibi bulunabilecektir.

$$A_1 = A_0 - b.tan\alpha \quad (4)$$

$$A_2 = A_0 + b.tan\alpha \quad (5)$$

Yandan görünüm ile pitch açısına bağlı lineer aktüatör uzama hesabının nasıl yapıldığı Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 4. Yandan görünüm ile pitch açısına bağlı lineer aktüatör uzama hesabı.

Figure 4. The calculation of linear Actuator extension for pitch angle from the side view.

Burada pitch hareketinde uzama miktarı A olarak alınırsa ve β açısının küçük değerleri için Denklem 6'da verilen eşitlik yazılabilecektir.

$$\tan\beta = \frac{A}{c} \quad (6)$$

Motor şaft uzama miktarı olarak da adlandırabileceğimiz A buradan Denklem 7'de gösterildiği gibi elde edilebilir.

$$A = \tan\beta \cdot c \quad (7)$$

Böylece istenilen pitch açısı her iki ön motorun gerekli olan uzama miktarını hesaplamamızı sağlayacaktır.

Şekil 2'de verilen konseptte göre oluşturulan mekanik sistem Şekil 5'te görülmektedir. Buradaki sistem standart manyetik zorlama sistemli bir egzersiz bisikletinin sensör ve elektronik sisteminin revize edilerek çalışmaya uygun hale getirildiği ve alt kısmına eklenen iki serbestlik dereceli hareket platformundan oluşmaktadır. Eklenen gidon ve fren sistemi ile kullanıcının tam olarak bisiklet kullanım hissi alması sağlanmıştır.

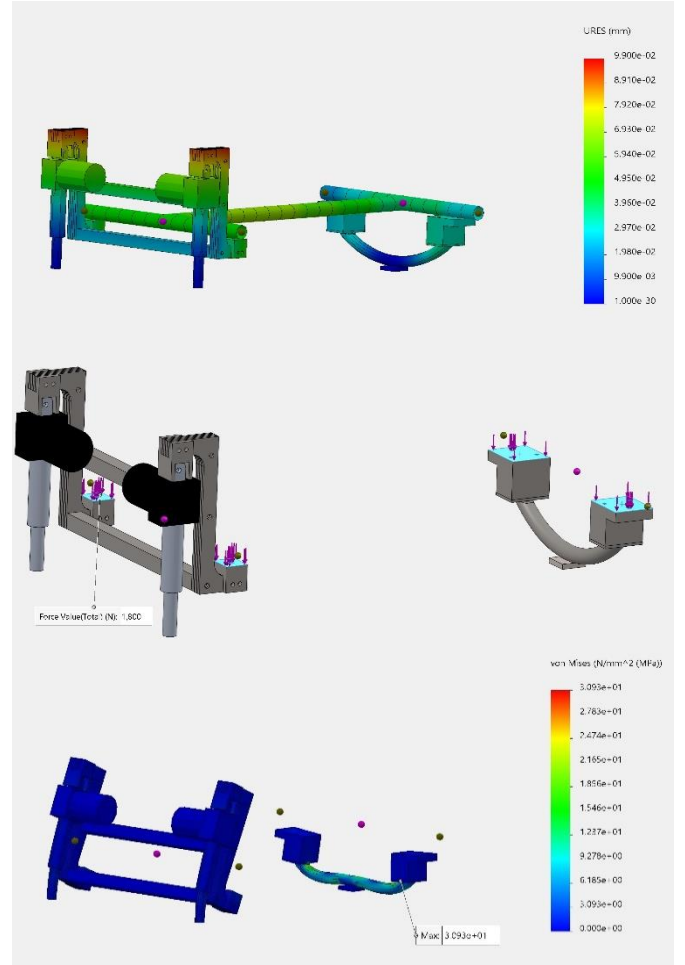


Şekil 5. Mekanik hareket sistemi bütün görünüm.

Figure 5. Complete view of Mechanical Motion system.

Mekanik sistem için gerekli kinematik bağıntılar temelde merkez noktasından ön orta nokta ile yaptığı açıyı bulmak için geometrik bir yaklaşımla hesaplanmaktadır. Tasarım aktüatörlerin toplamda 5000N yük altında çalışabileceği öngörüsüne göre yapılmıştır. Çünkü kondisyon bisikleti 100 kg ağırlığındadır ve üzerindeki kişinin ortalama 90 kg olması durumunda %100 üzerinde bir güvenlik alanı isteri ile bu parametre belirlenmiştir.

Çalışmada hareket sisteminin mekanik tasarımı, benzetim ortamında test edilerek çalışmanın gerektirdiği güvenlik isteklerine uygunluğu da analiz edilmiştir. Bu analizlerin çıktıları aşağıda Şekil 6'da verilmektedir. Bu benzetim sonuçlarına göre 5000N kapasitesindeki iki adet aktüatörün taşıdığı ön ve arka orta noktada bulunan pivot üzerine uygulanan 1800N toplam yük %100 ün üstünde güvenlik bölgesi içererek sistemin çalışabileceğini göstermektedir.



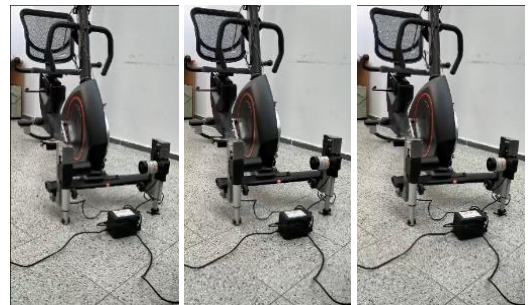
Şekil 6. Mekanik hareket sistemi benzetim sonuçları.

Figure 6. The simulation results of Mechanical motion system.

Mekanik hareket platformu benzetim çalışması ardından sistemin kurulumu yapılmış ve aşağıda Şekil 7'de verilen pitch ve roll açıları denemeleri yapılmıştır. Buna göre sistem tasarlandığı şekilde 10° sınırları içinde hareket edebilmektedir.



(a)



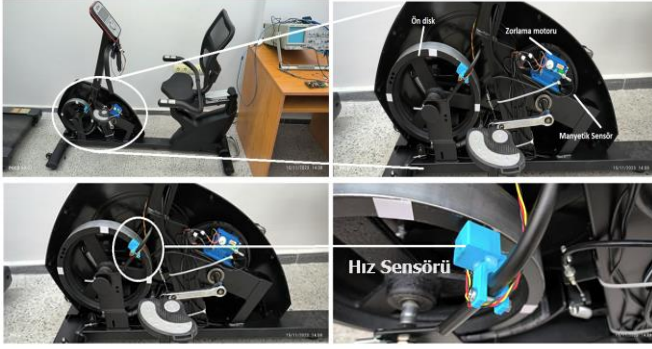
(b)

Şekil 7. Mekanik hareket sistemi a)roll ve b) pitch testleri.

Figure 7. Mechanical Motion System a)roll ve b) pitch tests.

2.2. Elektronik Tasarım

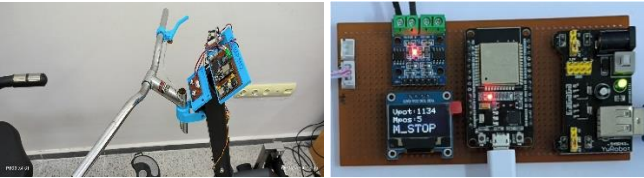
Sistemin elektronik tasarım ve uygulama kısmında temel olarak hazır olarak alınan sistemin çalışmaya uyumlandırılması yapılmıştır. Burada temel sorun bisikletin kontrol ekranının müdahaleye açık olmamasıdır. Bunu yerine bütün elektronik sistem yeniden tasarlanarak işlemci ve kontrol kartı üretilmiştir. Ayrıca yapılan denemelerde mevcut manyetik hız sensörünün arka disk üzerinde olması ve pedal hareketi durduğunda sinyal üretmemesinin gerçekçi olmadığı görüldüğünden ön disk üzerine yeni bir infrared sensör sistemi tasarlanarak üretilmiştir. Şekil 8 bu sistemi göstermektedir.



Şekil 8. Elektronik sistem revizyonları ve eklentileri.

Figure 8. The revisions and additions of the electronic system.

Elektronik kontrol sistemi, çalışmada planlanan ileri uygulamalar için gerçekçi tepkiler verebilmek için bisiklet üzerinde olmayan ek yapılar da barındırmak zorunda kalmıştır. Bunlar, serbest gidon üzerinde fren kolunu kontrol eden sistem, DC zorlama motorunu kontrol eden sürücü modülü, hareket platformu lineer aktüatörlerini süren devre ve bütün bunları yaparken dış bilgisayar sistemi ile haberleşme sağlayan işlemci kartı ve özellikle gömülü yazılım önemli ek bileşenlerdir. Bütün bu ek bileşenler tek bir kartta toplanarak bütünleştirilmiştir. Bu kart ve montajı aşağıda Şekil 9'da verilmektedir.

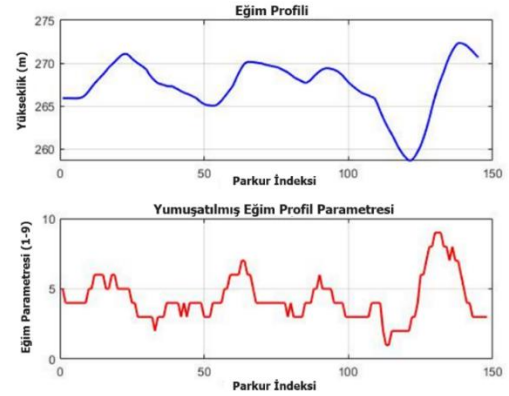


Şekil 9. Elektronik Kontrol kartı ve bisiklet üzerine montajı.

Figure 9. The electronic control card and mounting on the bicycle.

Elektronik sistemin çalışması sırasında kullanıcı pedal çevirmeyi bıraksa bile mevcut momentum ile gerçeğe uygun olarak dönmeye devam eden egzersiz bisikleti ön diski üzerinden alınan hız bilgisi, fren kolu seviyesi ile birleştirilerek 1 ile 20 arasındaki bir değere dönüştürülerek dış bilgisayara kablolu olarak bluetooth USB port üzerinden veya kablosuz olarak bluetooth ile aktarılmaktadır. Bu sayede dış bilgisayar oynatma hızını ayarlayabilecektir. Ayrıca aynı kablolu veya kablosuz haberleşme kanalı oynatma durumuna göre eğim bilgilerini tasarlanan ve içinde gömülü kontrol yazılımı bulunan kartımıza iletmektedir. Bu bilgi de anlık olarak mekanik hareket sistemi aktüatörlerini sürmek ve zorlama motorunu kontrol etmek için kullanılmaktadır. Bu sayede en az gecikme ile görüntü ile senkro şekilde pitch ve roll açıları uygulanan platform ve pedalın eğime göre zorlama değişimi kullanıcıya en etkin fiziksel geri beslemeyi sağlayarak egzersizin gerçekliğini arttırmaktadır.

Dış bilgisayardan alınması beklenen veriler yukarıda verildiği gibi oynatma hızı ile orantılı eğim verisidir. 1 ile 9 arasında olan bu değerler sistemimiz tarafından işlenmektedir. Bu çalışmada yaklaşık üç dakikalık Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Kampüs alanında bir parkurdan alınan GPS verisi ile oluşturulan sadece pitch açıları kullanılarak bütün olarak elektromekanik sistemimiz test edilmiştir. Bu testlerde kullanılan veri grafikleri Şekil 10'da verilmektedir. Yaklaşık üç dakikalık Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Kampüs alanında bir parkurdan alınan GPS verisi ile oluşturulan sadece pitch açıları kullanılarak bütün olarak elektromekanik sistemimiz test edilmiştir. Bu testlerde kullanılan veri grafikleri Şekil 10'da verilmektedir. Üst grafikte parkurdan alınan gerçek GPS yükseklik verilerinin her saniye başına farkları alınarak hesaplanmış ve alta verilen birim zamandaki eğim değişimlerini içeren grafiğe dönüştürülmüştür.

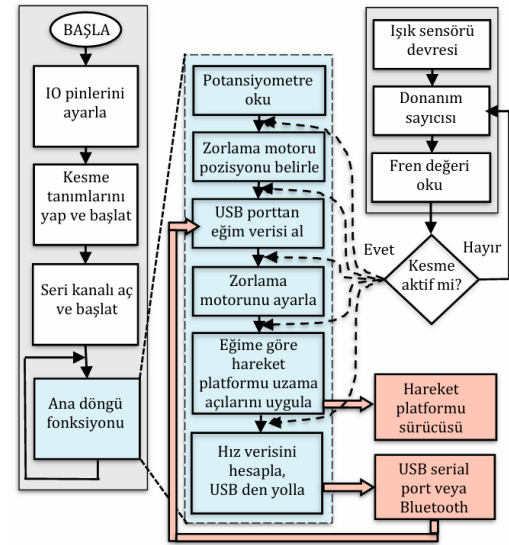


Şekil 10. Test Parkuruna ait eğim bilgisi ve işlenen pitch parametresi grafiği.

Figure 10. The slope angle data of the test parkour and processed pitch angle parameter result.

2.3. Gömülü yazılım

Yukarıda tasarlanan mekanik yapı ve elektronik devrenin oluşturduğu elektromekanik sistem, gömülü yazılım ile kontrol edilmek zorundadır. Bu gömülü yazılım akış şeması Şekil 11'de verilmektedir.



Şekil 11. Gömülü Yazılım akış diyagramı.

Figure 11. Flow chart of Embedded software.

Bu blok diyagramda zorlama motor sensörü, hız sensörü ve fren sensörü okunarak hız bilgisi oluşturulmakta ve dış bilgisayardan

alınan eğitim bilgisi okunarak mekanik hareket sistemi sürücülerini ve zorlama motoru sürücüsü bağımsız olarak kontrol edilmektedir. Bu yazılımın kritik yanı kesme kullanarak hiçbir veriyi kaybetmeden yeterince hızlı olarak ölçüm yaparak sürme sinyali üretebilmesidir.

3. Sonuçlar

Bu çalışmada fiziksel geribesleme sağlayarak ileri çalışmalar için temel oluşturacak elektromekanik bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistem, kullanıcının üzerinde egzersiz yaptığı elektronik ve mekanik olarak modifiye edilmiş güvenli bir egzersiz bisikletinin iki serbestlik dereceli hareket platformu ile entegre edilmiş ve elektronik devreleri baştan tasarlanarak kullanıma hazır hale getirilmiştir. Kablolu veya kablosuz olarak dışardaki bir uygulama bilgisayarına bağlanabilen bu sistem sanal gerçeklik ekipmanı kullanılarak sanal veya geliştirilmiş gerçeklik sistemi altyapısı olarak kullanılabilir durumdadır.

Geliştirilen sistem gerçek veya sanal 3D görüntülere uygun olarak hız ve eğim bilgisi işleyebilir kapasitededir. Bu platformun ± 10 derecelik açılarla pitch ve roll eksenlerinde hareket ve 7mm/sn maksimum hız özellikleri bulunmaktadır. Bu özellikler hareket sınırlı kişiler ve yaşlılar için uygundur. Ancak daha etkin sporcularda bu özelliklerin geliştirilmesi gerekir.

Bu sistem sayesinde ilerideki uygulamalarda kullanıcı baş üstü ekranındaki (HMD) parkur eğim hareketlerine uyumlu mekanik hareket ile gerçek parkur hissini alabilir. Görsel ve fiziksel uyaranlar nedeniyle beynin bu durumu kabullenmesi ile gerçeklik hissi (immerse) artırılabilir. Bu tür bir çalışma da ekibimiz tarafından geliştirilmeye devam etmektedir.

Bu sistem ile yapılacak uygulamalarda gerçeklik hissi sağlanabilmesi için birkaç noktanın da göz önünde tutulması gerekir. Bunlar gerekli dış bilgisayar yapısının hesaplama kabiliyeti ve görüntü işleme yeteneğine sahip olması, kablosuz veya kablolu bağlantı hızının yeterince yüksek olması ve kullanılacak render programının çıktısının çözünürlük değerinin yüksek olması zorunluluğudur. Bu şartlar sağlanmadan gerçekçi bir beyin hareket kabulü sağlanması mümkün olmayabilir. Bu bağlamda 4K görüntü verebilen bir çıkış çözünürlüğü ve en az 50-60 Hz yenileme hızı önerilmektedir.

Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur. Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma, DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FBA-2023-3112 numaralı BAP projesi ile desteklenmektedir.

Yazar katkılarının beyanı

Yazar 1: Fikir ve Kavram Geliştirme, Literatür taraması, Denetleme/Danışmanlık, yazım.

Yazar 2: Tasarım ve Benzetim, Mekanik üretim.

Yazar 3: Analiz ve yorum, Eleştirel inceleme, yazım ve düzeltme.

Yazar 4: Analiz ve yorum, Literatür taraması, Eleştirel inceleme, yazım ve düzeltme.

Kaynaklar

- [1] Tacgin, Z. 2020. Virtual and Augmented Reality: An Educational Handbook, ISBN (13): 978-1-5275-4813-8, Cambridge Scholars Publishing, 225s.
- [2] Lee, K. 2012. Augmented reality in education and training. TechTrends, Cilt.56(2), s.13-21.

- [3] Klein, A., De Assis, G.A. 2013. A markless augmented reality tracking for enhancing the user interaction during virtual rehabilitation. 2013 XV Symposium on Virtual and Augmented Reality, 117-124.
- [4] Wang, H.S., Hsu, C., Chiu, D., Tsai, S.N. 2010. Using augmented reality gaming system to enhance hand rehabilitation. 2010 2nd International Conference on Education Technology and Computer, Cilt.3, s.V3-243.
- [5] Hacıoğlu, A., Özdemir, Ö.F., Şahin, A.K., Akgül, Y.S. 2016. Artırılmış Gerçeklik Tabanlı El Bileği Rehabilitasyon Sistemi. Signal Processing and Communication Application Conference.
- [6] Heinrich, C., Langlotz, T., Regenbrecht, H. 2019. Heading Home-Adapting a Clinical Mixed-Reality Rehabilitation System for Patients' Home Use. 2019 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct), s.426-430.
- [7] Wang, Y.W., Chen, C.H., Lin, Y.C. 2020. Balance Rehabilitation System for Parkinson's Disease Patients based on Augmented Reality. 2020 IEEE Eurasia Conference on IOT, Communication and Engineering (ECICE), s.191-194.
- [8] Maculewicz, J., Serafin, S., Kofoed, L. 2015. A Stationary Bike in Virtual Reality: Rhythmic Exercise and Rehabilitation. DCBIOTEC 2015-Doctoral Consortium on Biomedical Engineering Systems and Technologies, s.3-8. SCITEPRESS Digital Library.
- [9] Hori, T., Furukawa, T., Fukumoto, H., Ohchi, M., Nakashima, Y. 2009. Improvement of reality on input device for virtual walk system. ICCAS-SICE, s.1100-1104.
- [10] Laera, F., Foglia, M.M., Evangelista, A., Boccaccio, A., Gattullo, M., Vito, M., Fiorentino, M. 2020. Towards sailing supported by augmented reality: Motivation, methodology and perspectives. IEEE ISMAR-Adjunct, s.269-274.
- [11] Shoman, M.M., Imine, H. 2021. Bicycle Simulator Improvement and Validation. IEEE Access, Cilt.9, s.55063-55076.
- [12] Liao, J., Huang, Y., Lin, C., Wang, H., Zhang, Y. 2020. A Virtual Reality Cycling System Based On Multi-Sensor Fusion. 2020 ICVRV, s.374-378.
- [13] Schramka, F., Arisona, S., Joos, M., Erath, A. 2017. Development of virtual reality cycling simulator. Arbeitsberichte Verkehrs-und Raumplanung, No.1244.
- [14] Leblanc, M.A., Sicard, P. 2010. EMR and inversion-based control of a virtual reality bicycle trainer. 2010 IEEE VPPC, s.1-7.
- [15] Matviienko, A., Müller, F., Zickler, M., Gasche, L.A., Abels, J., Steinert, T., Mühlhäuser, M. 2022. Reducing virtual reality sickness for cyclists in VR bicycle simulators. CHI Conf. on Human Factors in Computing Systems, s.1-14.
- [16] Ortet, C.P., Veloso, A.I., Vale Costa, L. 2022. Cycling through 360 Virtual Reality Tourism for Senior Citizens: Empirical Analysis of an Assistive Technology. Sensors, Cilt.22(16), s.6169.
- [17] Nor'a, M.N.A., Fadzli, F.E., Ismail, A.W., Vicubelab, Z.S.O., Aladin, M.Y.F., Hanif, W.A.A.W. 2020. Fingertips interaction method in handheld augmented reality for 3D manipulation. 2020 IEEE 5th ICCCA, s.161-166.
- [18] Ergün, O., Akın, Ş., Dino, İ.G., Surer, E. 2019. Architectural design in virtual reality and mixed reality environments: A comparative analysis. 2019 IEEE Conf. on VR and 3D User Interfaces, s.914-915.
- [19] Morales, C.C. 2015. The impact of augmented reality in society. Rehabilitation processes. 2015 IEEE CONCAPAN XXXV, s.1-6.
- [20] Ishigaki, S.A.K., Ismail, A.W., Kamruldzaman, M.Q. 2022. MR-MEET: Mixed Reality Collaborative Interface for HMD and Handheld Users. 2022 IEEE GlobConPT, s.1-7.
- [21] Arif, S.M.U., Carli, M., Battisti, F. 2021. A study on human reaction time in a mixed reality environment. 2021 ISSCS, s.1-4.
- [22] Babu, S., Grechkin, T., Chihak, B., Ziemer, C., Kearney, J., Cremer, J., Plumert, J. 2009. A virtual peer for investigating social influences on children's bicycling. 2009 IEEE Virtual Reality Conference, s.91-98.
- [23] Ullmann, D., Kreimeier, J., Götzelmann, T., Kipke, H. 2020. BikeVR: a virtual reality bicycle simulator towards sustainable urban space and traffic planning. Mensch und Computer 2020, s.511-514.