TÜBİTAK

Görsel ve İşitsel Uyaranlı Eklem Eğitim Cihazı ve Yazılımının Geliştirilmesi

Program Kodu: 1005

Proje No: 115E351

Proje Yürütücüsü:
Doç. Dr. Zübeyir SARI

Araştırmacı(lar):
Prof. Dr. S. Ufuk YURDALAN
Doç. Dr. İlkşan DEMİRBÜKEN

Danışman(lar):
Prof. Dr. M. Gülden POLAT

Bursiyer(ler):
Arş. Gör. Onur AYDOĞDU
Etki GÜR

MAYIS 2017
ANKARA

ÖNSÖZ

Sağlık bilimleri disiplinleri arasında özellikle fizyoterapi ve rehabilitasyon alanında son yıllarda teknolojik yaklaşımlar değerlendirme ve tedavi süreçlerinde sıklıkla ve giderek artan şekilde kullanılmaktadır. Sağlık alanı için üretilen tüm teknolojik sistemlerin, insan yaşamına ve ülkemiz ekonomisine katkısı açıktır. Teknoloji ve mühendisliği sağlık sektörüne uyarlayan yerli üretim proje sayısı oldukça sınırlıdır.

Geliştirdiğimiz yenilikçi sistem, fizyoterapi ve rehabilitasyon bilimi başta olmak üzere sağlık, mühendislik ve teknoloji alanlarını birleştiren ve bu bilim alanlarının multidispliner çalışmasını teşvik edecek ve insan sağlığı odaklı bir proje olmuştur. Geliştirdiğimiz sistem; herhangi bir fiziksel aktivite sırasında eklemin açısal değişikliklerini, propriosepsiyon düzeyinin ölçülmesini, ölçülen değerlerin kişinin mobil cihazına ve bu mobil cihaz aracılığıyla da merkezi sunucuya aktarılmasını sağlaması açısından özgün ve önemlidir.

Projede bilimsel ve akademik katkıları olan Sayın Prof. Dr. M. Gülden POLAT'a, Sayın Prof. Dr. S. Ufuk YURDALAN'a, çalışmaya deneysel aşamalarında araştırma deneyimi ile katılan Sayın Doç. Dr. İlkşan Demirbüken'e, olguların takibi ve değerlendirilmesi ile ulusal / uluslararası resmi organizasyonlarda tanıtımını gerçekleştiren Sayın Öğr. Gör. Onur Aydoğdu ve Sayın Arş. Gör. Begüm ÜNLÜ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Bu araştırma projesi, TÜBİTAK tarafından 115E351 numaralı 1005 – Ulusal Yeni Fikirler ve Ürünler Araştırma Destek Programı kapsamında desteklenmiştir. Kendilerine proje ekibi olarak teşekkürü bir borç biliriz.

İÇİNDEKİLER

ÖZET vi
ABSTRACT vii
1. GİRİŞ 1
2. LİTERATÜR ÖZETİ 2
3. GEREÇ VE YÖNTEM 8
3.1. Korse Tasarımı 8
3.2. Elektronik Gonyometre 11
3.3. Akıllı mobil cihaz yazılımı: 27
3.4. Merkezi sunucu yazılımı 62
4. BULGULAR 99
4.1. Elektronik Cihazın Laboratuvar ve Hasta Üzerinde Ölçümlerinin Yapılarak Standardizasyonunun Sağlanması 99
4.2. Elektronik Cihazın Altın Standart Olarak Gösterilen İzokinetik Sistemlerle Karşılaştırılması 100
4.3. Elektronik Cihazın Ortopedik Vakalar Üzerinde Uygulanması 102
4.4. Elektronik Cihazın Diğer Eklemlerde Kullanılması 104
5. TARTIŞMA 106
6. SONUÇ 109
7. KAYNAKLAR 110
8. EKLER 113

TABLO ve ŞEKİL LİSTELERİ

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Ayak bileği dorsifleksiyon açısını ölçmeye yarayan cihaz 2
Şekil 2. Üst ekstremite eklem hareket açıklığı ölçümü sağlayan cihaz 3
Şekil 3. Ayak bileği ekin kontraktürünü ölçmeye yarayan cihaz 3
Şekil 4. Diz ve dirsek eklemi fleksiyon açısını ölçmeye yarayan cihaz 3
Şekil 5. Eklem hareket açıklığı ölçümünü sağlayan DrGonyometre cihazı 5
Şekil 6. Eklem Hareket Ölçümünde Kullanılan Giyilebilir Eldiven 6
Şekil 7. Sistemin ilk versiyonunun tasarlanmış blok şeması 12
Şekil 8. Sırasıyla alt diz, üst diz modüllerinin ve sadece MPU6000 içeren ölçüm devrelerinin (ince uzun kartlar) şematik tasarımları 16
Şekil 9a. EC-ver1 PCB tasarımları yapılmış baskı devreler.
Sırası ile alt diz modülü, üst diz modülü, ivme ölçer/jiroskop modülü. 16
Şekil 9b. EC-ver1 imal edilmiş baskı devreler.
Sırası ile alt diz modülü, üst diz modülü, ivme ölçer/jiroskop modülü 17
Şekil 10. MPU6000 eksen ve açısal hız yönlerinin gösterimi (Solda), İvme sensörü ve jiroskop veri ile hesaplanan açıları kullanarak nihai açı hesabını yapan filtre blok şeması. 19
Şekil 11. Yazılımın nihai haline ilişkin blok şemalar
Gönderici ve alıcı yazılımlarının (alt ve üst diz) iç içe gösterildiği ana döngü (solda), her iki modülde de ortak olan ve 10 ms aralıklarla çalıştırılan zamanlayıcı kesmesi rutini (sağda) 21
Şekil 12. Sırası ile tasarlanmış olan elektronik kart (üstte) ve bu karta ilişkin şematik (altta) 24
Şekil 13. Üretimi tamamlamış kartın dizgiden çıkmış hali
Alt ve üst yüzler. Bluetooth modülü takılı değil (Diz altı ünitesine ait bir dizgi) 25
Şekil 14a. Kutunun tasarımsal çizimi. 25
Şekil 14b. Kutunun tasarımsal çizimi (son tasarım) 26
Şekil 14c. Kutunun tasarımsal çizimi (son tasarım) 26

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1. Elektronik cihazı uyluk ve baldır üzerinde stabilize etmek amacıyla üretilen ilk korse (K-ver1) 9
Resim 2. Elektronik cihazın ilk prototipi (EC-ver1) ile uyluk ve baldır korselerinin bir arada sabitlendiği ilk korse prototipi (K-ver1) 9
Resim 3. EC-ver1 ile K-ver2'nin birlikte pozisyonlanması....9
Resim 4. EC-ver3 için 3D printer aracılığı ile üretilen cihaz kutusu (a) ve kutuya açılan kanallardan geçirilen elastik velkrolar (b) 10
Resim 5. EC-ver4 (a) için 3D printer aracılığı ile üretilen cihaz kutusu(b)……..……..….11
Resim 6. EC-ver1 (solda), EC-ver2 (ortada) ve EC-ver3(sağda)....103
Resim 7. EC-ver4....104

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. MarVAJED (EC-ver1, K-ver1) ile Universal ve Elektronik Gonyometre karşılaştırmaları....99
Tablo 2. MarVAJED (EC-ver2, K-ver2) ile Universal ve Elektronik Gonyometre karşılaştırmaları....99
Tablo 3. MarVAJED (EC-ver3, K-ver3) ile Universal ve Elektronik Gonyometre karşılaştırmaları....99
Tablo 4. İki Ayrı Değerlendirici Tarafından İki Ayrı Günde Referans Açıların Ölçülmesi ve Hata Payları....100
Tablo 5. Tüm Ölçüm Yöntemlerinin Geçerlilik ve Güvenilirliği 101

DİYAGRAM LİSTESİ

Diyagram 1. Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu Geçiren Bireylerde Görsel ve İşitsel Uyarılarla Yapılan Rehabilitasyon Yaklaşımlarının Etkinliğinin Değerlendirilmesi Çalışmasında Olgu Diyagramı....103
Diyagram 2. Omuz Ekleminde MarVAJED Propriosepsiyon Uygulamasının Geçerlilik ve Güvenirliği Olgu Diyagramı....105

EKRAN GÖRÜNTÜSÜ LİSTESİ

Ekran Görüntüsü 1. Ana Menü (Solda) 35
Ekran Görüntüsü 2. Oyun Menüsü (Ortada) 35
Ekran Görüntüsü3. Oyun Başlangıç Menüsü (Sağda) 35
Ekran Görüntüsü 4. Gonyometre ekranı (Solda, ilk tasarım) 35
Ekran Görüntüsü 5. Gonyometre ekranı (Ortada, son tasarım) 35
Ekran Görüntüsü 6. Propriyosepsiyon ekranı (Sağda) 35
Ekran Görüntüsü 7. Koruma ekranı (Solda) 36
Ekran Görüntüsü 8. Aktivite ekranı (Sağda) 36
Ekran Görüntüsü 9. Oyun ayar ekranı (Solda) 36
Ekran Görüntüsü 10. Mobil cihaz bağlantı ekranı (Sağda) 36
Ekran Görüntüsü 11. Çılgın Kanatlar ekranı (Başlangıç, solda) 37
Ekran Görüntüsü 12. Çılgın Kanatlar ekranı (Oyun esnasında, sağda) 37
Ekran Görüntüsü 13. Patlayan Top ekranı (solda), ... 37
Ekran Görüntüsü 14. Maceracı Uçak zorluk derecesi seçim ekranı (ortada) 37
Ekran Görüntüsü 15. Maceracı Uçak başlangıç ekranı (sağda) 37

ÖZET

Son yıllardaki gelişmelere bağlı olarak sağlık alanında teknoloji kullanımı yaygınlaşmıştır. Özellikle fizyoterapi ve rehabilitasyon alanında değerlendirme ve tedavi süreçlerinde teknolojik yaklaşımlar yaygın ve giderek artan şekilde kullanılmaktadır. Geliştirdiğimiz sistem ile amacımız, hastalara eklem hareket kontrolünü kazandıran egzersizlerde hastanın klinik ortamda bulunması ve uzman kontrolü ihtiyacını minimize etmek, hastaların bu egzersizleri evlerinde bağımsız yapabilmelerine imkân tanımak, ayrıca profesyonellerin de mekân ve zaman bağımsız olarak hasta takiplerine olanak sağlayabilmektir. Bu amaçla, eklemin anlık açısal değişiklikleri ölçülerek, bu ölçümlerin dijital ortama ve hastanın kullandığı mobil cihaza aktarılması ile hastaya geri bildirim hedeflenmiştir. Tasarımında elektronik gonyometrenin üzerine monte edildiği korse, elektronik gonyometre cihazı ile bluetooth bağlantısıyla haberleşmeyi sağlayan akıllı mobil cihaz uygulaması ve mobil uygulamanın verileri gönderdiği, ayrıca kullanıcı bazlı kimlik doğrulama sağlayan ve hasta bazlı analizlere imkân tanıyan merkezi bir sunucu yazılımı yapılmıştır. Donanım ve yazılımı gerçekleştiren mühendislik ekibi ile hasta değerlendirme ve tedavilerini yürüten sağlık profesyonellerinden oluşan proje ekibi; cihazın işlevselliği, tedavide kullanılabilirliği ve yapılması gereken düzenlemeleri sürekli değerlendirmiştir. Elektronik cihazın laboratuvar ve hasta üzerinde ölçümleri yapılarak standardize edilmiştir. Tüm ölçüm yöntemlerinin geçerlilik ve güvenilirlik çalışmaları yapılmıştır. Geliştirdiğimiz sistemin, literatürde yer alan sistemlerden farklı olarak taşınabilir özelliği, mekan ve zamana bağımlı olmadan ölçüm yapabilmesi, kaydettiği ölçümleri sunucu üzerinden sağlık profesyonellerine iletmesi sistemin avantajlarıdır. Sistem diz eklemi için tasarlanmıştır, yakın gelecekte yazılımın diğer vücut eklemlerinin değerlendirilmesi amacına yönelik geliştirilmesi planlanmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Fizyoterapi, Rehabilitasyon, Teknoterapi

ABSTRACT

Depending on the developments in recent years, the use of technology in health has become widespread. Technological approaches in evaluation and treatment processes, especially in the field of physiotherapy and rehabilitation, are being used widely and increasingly. With our developed system, our goal is to minimize the need for specialist control, to allow patients to perform these exercises independently in their home, and to enable patients to follow up patients independently of the time and space. For this purpose, patient angles were measured by measuring angular momentum changes of the joints, and by transferring these measurements to the digital device and the mobile device used by the patient. Its design includes a corset mounted on an electronic goniometer, a smart mobile device application that enables Bluetooth communication with the electronic goniometer device, and a central server software that sends data to the mobile application, as well as user-based authentication and patient-based analysis. A project team consisting of an engineering team performing hardware and software and health professionals conducting patient evaluation and treatment; The functionality of the device, the availability of treatment and the arrangements to be made. The electronic device has been standardized by making measurements on laboratory and patient. Validity and reliability studies of all measurement methods have been done. Unlike the systems in the literature, the system we developed is advantageous in that it can measure its transportability without being dependent on location and time, and transmits its measurements to the health professionals via the server. The system is designed for the knee joint, and in the near future it is planned to develop the software for the purpose of evaluating other body joints.

Key Words: Physiotherapy, Rehabilitation, Technotherapy

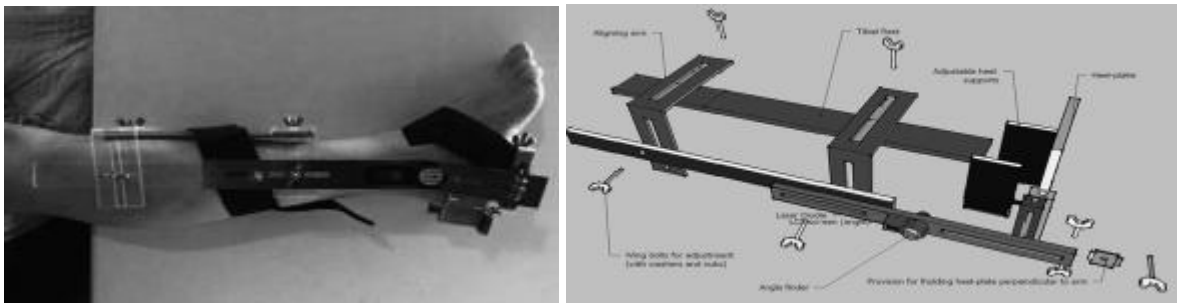
1. GİRİŞ

Eklem hareketinin kontrolü; bulunduğu ekstremitenin stabilitesinde özellikle diz eklemi açısından yürüme fonksiyonunun gerçekleştirilmesinde elzemdir, hatta temel gereksinimlerdendir (Gatt & Chockalingam, 2013). Eklem hareket açıklıkları, her ne kadar eskiden beri geleneksel bir yöntem olan mekanik gonyometre ile ölçülüyorsa da, ölçümde yaşanan zorluklara bağlı olarak gonyometrik ölçümlerin güvenilirliğinin az olduğu, mesleki tecrübeyle bile bu güvenilirliğin ve ölçülen açısal değerin ölçüm yapan kişiler arasında değişkenlik gösterdiği iyi bilinmektedir (Gatt & Chockalingam, 2013; Werner et al., 2014). Ayrıca, gonyometre gibi eklem açıölçerlerin kullanımı sırasında klinisyenin her iki elini kullanması, test ettiği eklemin stabilizasyonunu sağlamasını güçleştirir. Bu durum ölçüm sırasındaki hata payını arttırmaktadır. Benzer şekilde, objektif veri sağlayan eklem açıölçerlerin çoğu ancak laboratuvar ortamında analizler yaparken, bazıları da kıyafet üzerinden takılma zorunluluğu nedeni ile hatalı ölçümlere yol açmakta, üstelik verileri sadece laboratuvar ortamında hastayı takip eden kişiye gönderebilmektedir (Kilber & Hanney, 2012). Bu projede hedeflenen sistemin en önemli bileşeni olan elektronik gonyometre, eklemin açısal değişikliklerini birkaç farklı yolla objektif ve güvenilir şekilde ölçen, hastanın kendi tedavi sürecine aktif katılımını kolaylaştıran, vücut dengesi ve postüral stabiliteyi geliştirdiği bilinen işitsel (Rosati, Rodà, Avanzini, & Masiero, 2013) ve görsel uyaranların bulunduğu, kullanımı kolay ve taşınabilir maliyet etkin bir çözüm olacaktır. Bu yönü ile proje kapsamında yapılacak çalışmalar literatürde az çalışılmış bir alanı dolduracaktır.

Sağlık bilimleri disiplinleri arasında özellikle fizyoterapi ve rehabilitasyon alanında son yıllarda teknolojik yaklaşımlar değerlendirme ve tedavi süreçlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Hastaların değerlendirmesinde video bazlı (Weiss, Rand, Katz, & Kizony, 2004) ya da hareket analizi sistemleri (Lu & Chang, 2012) ön plana çıkmaktadır. Özellikle hareket analizi sistemlerinde; statik modeller dışında hareket sırasında eklem hareket açıklığını değerlendiren farklı markalarda üç boyutlu hareket analizi sistemleri de bulunmaktadır (Neumann, 2013). Bu sistemlerin geçerlilik ve güvenilirlikleri yüksek olmasına rağmen, en büyük dezavantajları laboratuvar ortamında gerçekleştirilme zorunluluğudur ve bireye herhangi bir geri bildirim yapmamaktadır. Aynı zamanda bu sistemler sadece değerlendirme donanımı olarak kullanılmaktadır, tedavi sürecinde kullanılamamaktadır. Bu sistemlerin mekan bağımlı olmaları nedeniyle; bazı eklemlere spesifik değerlendirmelerin yapılmasına olanak veren elektronik gonyometreler geliştirilmiştir.

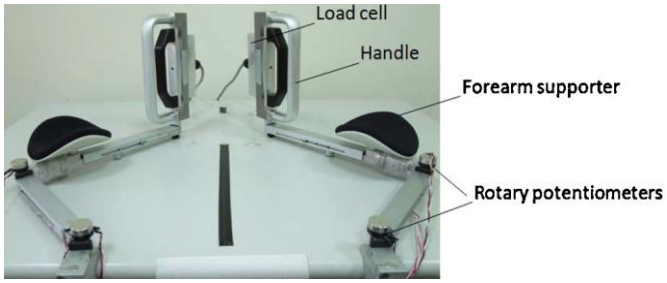
2. LİTERATÜR ÖZETİ

Literatürde mekanik gonyometrelerin yeterli olmadığı, inovatif bir ölçüm yöntemine ihtiyaç duyulduğu, bu nedenle, ayak bileği dorsifleksiyon açısını objektif şekilde ölçmeye yarayan bir cihaz tasarlandığı görülmektedir (Şekil 1). Bu cihazın, ayak bileği eklem hareket açıklığını ölçmede geçerliliği ve güvenilirliği hastalar ve sağlıklı bireyler üzerinde ortaya konmuştur. Üretimi kolay olan bu cihaz, eklem açısal değerini dijital ve güvenilir şekilde vermesinin yanı sıra ayak bileği eklemini önceden belirlenmiş derecede tutmaya da imkân tanımaktadır. Ancak cihaz portatif bir ürün değildir. Bu nedenle, eklem hareket açısı birey hareketsizken ölçülmek zorundadır. Cihaz, bireyin yürüyüş ya da ayakta duruşu esnasında eklem hareket açısını ölçememektedir. Cihazın bir diğer dezavantajı herhangi bir geri bildirime sahip olmamasıdır. Tasarlamış olduğumuz sistem ile bireye görsel ve işitsel uyaranlar yardımıyla eklemin hangi pozisyonda konumlandığı bildirilirken, sözü edilen cihaz da böyle bir avantaj söz konusu değildir (Gatt & Chockalingam, 2013).



Şekil 1. Ayak bileği dorsifleksiyon açısını ölçer cihaz

Tayvan'da Lin ve ark. tarafından tasarlanan bir diğer cihaz ile üst ekstremite eklem hareket açıklığı dereceleri ölçülmüş ve bu cihazın da sağlıklı bireylerde açısal değerin elde edilmesi açısından güvenilir ve geçerli olduğu saptanmıştır (Şekil 2). Tasarlanan bu cihazın, diğer gonyometrelerden farklı olarak kavrama kuvvetini de güvenilir şekilde ölçtüğü belirtilmiştir. İlerleyen süreçte cihazın internete veya bilgisayara bağlı bir program aracılığıyla tele-rehabilitasyon sağlayacağı, üst ekstremite motor fonksiyonları ve kavrama kuvvetini geliştirmek için geribildirim sağlayan bir sisteme sahip olacağı planlanmıştır. Cihaz bu tip avantajlarına rağmen, şimdiye kadar sadece sağlıklı bireylerde denenmiş, hasta gruplar üzerindeki etkisi incelenmemiştir. Cihazın ölçüm mekanizması 10'ar derecelik açılar şeklindedir. Bu anlamda ciddi bir dezavantaja sahip olan cihaz, tasarlamış olduğumuz sistem ile karşılaştırıldığında, çok küçük açısal değerlerin ölçümünü gerçekleştirememektedir (Lin et al., 2014).



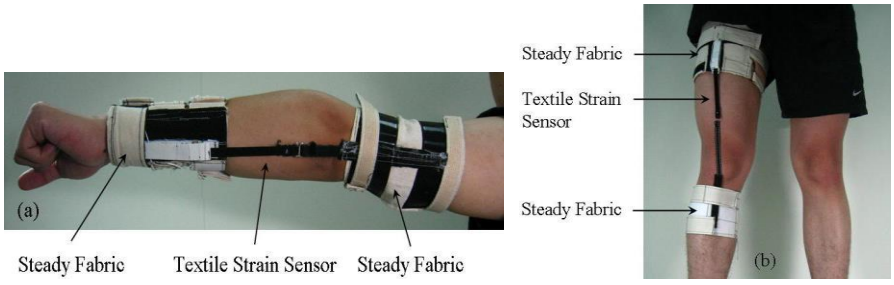
Şekil 2. Üst ekstremite eklem hareket açıklığını ölçer cihaz

Bir başka çalışmada ise, ayak bileği ekin kontraktürünün saptanabilmesi için ayak bileği dorsifleksiyon derecesini hesaplayan el yapımı bir cihaz tasarlanmıştır (Şekil 3). Yapılan çalışmalarla bu cihazın ayak bileği dorsifleksiyon derecesini objektif olarak ölçtüğü tespit edilmiştir. Bununla birlikte cihazın portatif bir ölçüm aracı olmaması nedeniyle, bireyin stabil pozisyonda olması gerekmektedir. Ayrıca, tasarlamış olduğumuz sistem ile karşılaştırıldığında, başta görsel ve işitsel uyaranlar olmak üzere cihazın önemli eksiklikleri olduğu göze çarpmaktadır (Assal et al., 2003).



Şekil 3. Ayak bileği ekin kontraktürünü ölçer cihaz

Diğer bir çalışmada bizim üreteceğimiz cihaza benzer olarak dirsek ve diz ekleminin fleksiyon açısını ölçmek için giyilebilir tekstil temelli bir sensör cihazı kullanılmıştır (Şekil 4). Kesin ölçüm vermesi, giyilebilir olması ve ölçüm yapılan kişide rahatsızlık yaratmaması cihazın avantajları olarak sayılmıştır. Belirtilen avantajlarına rağmen, cihaz, sistemimizde olduğu gibi bireyi tedavi sürecine dahil edecek uyaranlara sahip değildir. Ayrıca, cihazın bir diğer önemli eksiği, iki farklı eklemde sadece fleksiyon derecesini ölçmesi ve diğer hareket yönleri hakkında bilgi vermemesidir (Shyr, Shie, Jiang, & Li, 2014).

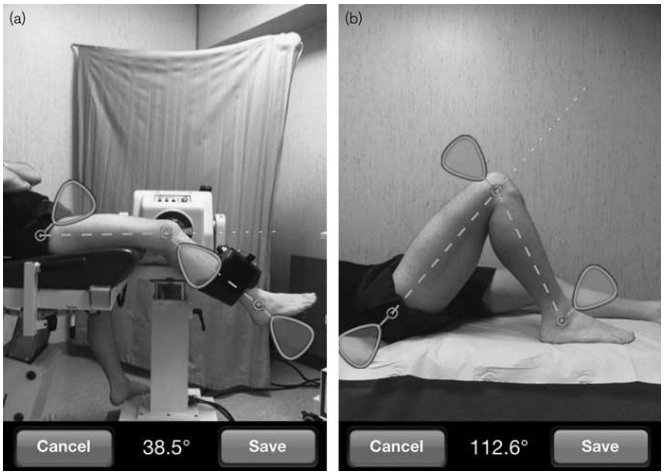


Şekil 4. Diz ve dirsek eklemi fleksiyon açısını ölçer cihaz

Farklı bir çalışmada ise eklemin açısı ve hızını ölçmek için akselerometre ve hız jiroskoplu fonksiyonel elektrik stimulasyon cihazı, T5 seviyeli paraplejik bir hastanın ve sağlıklı iki kişinin kalça eklemi ve ayakkabı iç tabanına entegre edilmiştir (Williamson & Andrews, 2001). Yine bu cihaz ile belli bir eklemde açı ölçümü sağlayan analizler yapılabilmektedir.

Hawi ve ark., 14 sağlıklı birey üzerinde omuz ve dirsek eklemi hareket açıklığını değerlendirdikleri çalışmada, universal gonyometre ile Kinect sistemini karşılaştırmışlardır. Çalışmada, kinect sisteminin test-retest güvenilirlik değerleri, iyi sonuçlar gösterse de; eklem hareket açıklığı ölçümünde bu sistemin, gonyometrelere kıyasla, düşük isabetlilik gösterdiği sonucuna varılmıştır. Klinik merkezlerde eklem hareket ölçümü amacıyla kullanılması için bu özelliğinin geliştirilmesi gerektiği belirtilmiştir (Hawi et al., 2014). Oysa tasarlamış olduğumuz sistem sayesinde, küçük açısal değerleri hesaplamada bile objektif veriler alacağımızı düşünmekteyiz. Ayrıca sistem üzerinde yer alan sensörler sayesinde hastaya eklem açısının konum ve derece bilgisi görsel veya sesli uyaranla bildirilecek, bu sayede hasta eklemini sağlıklı bireyde olması gerektiği konumda pozisyonlayabilecektir.

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte ortaya çıkan akıllı telefonlar, sağlık alanında da faydalı aplikasyonlar sunmaktadır. Bu aplikasyonlardan bir tanesi de eklem hareket açıklığı ölçümleyen uygulamalardır. Literatürde bu uygulamaların değerlendirildiği çok sayıda çalışma mevcuttur (Bedekar, Suryawanshi, Rairikar, Sancheti, & Shyam, 2014; Milanese et al., 2014; Ockendon & Gilbert, 2012; Werner et al., 2014). Wei Lee ve ark'nın stroke geçirmiş 5 hasta üzerinde yapmış oldukları pilot çalışmada akıllı telefonlarda yer alan eklem hareket açıklığını ölçmeye yarayan aplikasyonların universal gonyometre ile kıyaslandığında çok isabetli sonuçlar verdiği saptanmıştır (Lee et al., 2014). Benzer şekilde, Ferriero ve ark, akıllı telefon aplikasyonu ile uyumlu fotoğraf çekmeyi sağlayan bir gonyometrenin etkinliğini sağlıklı bireyler üzerinde değerlendirmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda da eklem hareket açıklığı açısından, DrGonyometre (Şekil 5) adı verilen cihazın universal gonyometre ile yüksek oranda benzerlik gösterdiği ifade edilmiştir (Ferriero et al., 2013).

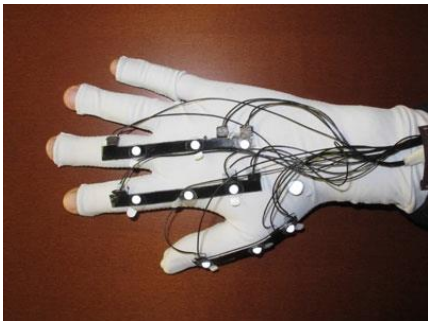


Şekil 5. Eklem hareket açıklığını ölçer DrGonyometre cihazı

Bu tip aplikasyonların kolay kullanılabilir, taşınabilir ve düşük maliyetli olması klinikte fizyoterapistler tarafından tercih edilmesini sağlar. Fakat bu tip aplikasyonların universal gonyometrelerden pek farkı bulunmamaktadır. Oysa tasarlamış olduğumuz sistem aracılığıyla, bu tip aplikasyonların sahip olduğu tüm avantajlara ek olarak, fizyoterapistlerin ölçüm sırasında herhangi bir efor sarf etmesine gerek kalmadan hastalar hareketli bir pozisyondayken bile eklem hareket açıklığı kolaylıkla ölçümlenecektir. Ayrıca hastaların, görsel ve işitsel uyaranlar yardımıyla tedavi sürecine katılımı mümkün olmaktadır.

Eklem hareket açıklığının ölçülmesinde kullanılan bir diğer cihaz, Xsense cihazıdır. Ha ve ark tarafından 26 sağlıklı hastada yapılan çalışmada, Xsense cihazı ile lumbal omurganın hareketliliği değerlendirilmiştir. Çalışmada, 3 boyutlu ölçüm sağlayan bu cihazın lumbal bölgenin hareketliliğini yüksek isabetle ölçtüğü belirtilse de, cihazın üzerinde bulunan sensörlerinin göreceli olarak büyük olmasının, uygulanan bölgeden hatalı bildirimler alınmasına yol açacağı dile getirilmiştir (Ha, Saber-Sheikh, Moore, & Jones, 2013). Ayrıca tasarlanan bu cihaz 3 boyutlu yürüme analizl sistemlerine göre uygun maliyetli ancak genel anlamda oldukça pahalıdır.

Carbonaro ve ark, yapmış oldukları çalışmada, eklem hareket açıklığının değerlendirilmesinde harekete duyarlı giyilebilir eldiven kullanmışlardır (Şekil 6). Ölçümler sonunda, bu eldivenin ticari elektrogonyometrelerden daha isabetli sonuçlar verdiği gösterilmiştir. Çalışmada giyilebilir eldivenin, sadece ±3 derece yanılma payı olduğu saptanmıştır (Carbonaro et al., 2014). Çok hassas derecelerin hesaplanmasında olumlu sonuçlar veren bu eldiven, sadece belli bir ekleme ait ölçümlemeye sahiptir. Öte yandan, tasarlamış olduğumuz sistem, birçok eklemde kullanılabilecek özelliğe sahiptir. Ayrıca, cihazımızda bulunan, hastanın tedavide etkin rol almasını sağlayacak işitsel ve görsel uyaran özelliğine, giyilebilir eldivenin sahip olmaması önemli bir dezavantajdır.



Şekil 6. Eklem Hareket Ölçümünde Kullanılan Giyilebilir Eldiven

Literatürde yer alan tüm bu farklı cihazların ayrı ayrı yapmış olduğu ölçümlerin, tasarlamış olduğumuz sistemden tümü ile elde edilebileceği düşünülmüştür. Bunlara ek olarak tasarlamış olduğumuz sistem sayesinde hastalarda titreşimle birlikte hem işitsel hem de görsel bir uyaran oluşturarak hastaların da eklem kontrolüne aktif olarak katılmaları ve böylece iyileşme süreçlerinde tedavi programına dahil edilmeleri amaçlanmıştır. Literatürde özellikle nörolojik hastalarda görsel ya da işitsel geri bildirimlerin hastanın hareket kontrolü ve gelişimini olumlu yönde etkilediği ortaya konulmuştur (Baram, 2013; Rosati et al., 2013; Stanton, Ada, Dean, & Preston, 2011). Bu nedenle muskuloskeketal problemlerde doğru hareketin gerçekleştirilmesinde geribildirimin önemi vurgulanmaktadır.

Elektronik gonyometrelerin bir diğer araştırma alanı biyomekaniksel çalışmalardır. Elektronik gonyometreler özellikle alt ekstremiteye ait eklem ve kasların çalışma mekanizmalarının araştırılmasında sıklıkla kullanılan cihazlardandır (Baumbach et al., 2014; Hung & Gross, 1999). Geliştirdiğimiz sistemdeki geri bildirim özelliği ile farklı hareket patenlerinde benzer çalışmaların gerçekleştirilmesine öncül olunacağı düşünülmüştür.

Yukarıda belirtilen cihazlardan farklı olarak, cihazımızın taşınabilir ve ekleme kolaylıkla uyarlanabilir olması ile objektif klinik verilerin elde edilmesinde göz ardı edilemeyecek bir avantaj sağladığı yadsınamaz. Böylelikle, literatürdeki önemli bir eksik tamamlanacağı gibi, eklem kontraktürü gibi durumlarda bireyde farkındalık yaratarak bireyi tedavi sürecine dahil edebilecek, taşınabilen ve maliyet etkin bir cihaz temin edilmiş olacaktır.

AMAÇ:

Geliştirdiğimiz sistem ile amacımız, hastalara eklem hareket kontrolünü kazandırmaya yönelik egzersizlerde klinik ortamda bulunma ve uzman kontrolü ihtiyacını minimize etmek, hastaların bu egzersizleri kendi başlarına evlerinde yapabilmelerine imkân tanımak, ayrıca profesyonellerin de mekân ve zaman bağımsız olarak hasta takiplerine olanak sağlayabilmekti. Bu amaçla, eklemin anlık açısal değişiklikleri ölçülerek, bu ölçümlerin dijital ortama ve hastanın kullandığı mobil cihaza aktarılması ile hastaya geribildirim sağlanmaktadır. Böylelikle riskli hareket sınırlarının titreşim ve sesle hastaya bildirilerek

hastanın gereken eklem açılarına yönlendirilmesi mümkün olmaktadır. Tüm bunların yanında sistemin internet bağlantısı sayesinde elde edilen verilerin merkezi sunucu aracılığıyla hastayı takip eden sağlık profesyonellerine aktarılması ile veri havuzu oluşturma ve objektif analizler yapılması sağlamaktadır. Sonuç olarak projenin oluşturduğu prototip ile klinik etkin ve hastanın tıbbi gereksinimlerine tam olarak uyarlanmış bir rehabilitasyon gerçekleştirilebilecektir.

HEDEF:

Proje çalışmaları ile üretilen prototip sistem korseler dışında 3 teknik parçadan oluşmaktadır. Bunlar:

1. Eklemin anlık açısal değişikliklerini ölçen gelişmiş elektronik bir gonyometre,
2. Gonyometreye bluetooth bağlantısı ile bağlı bir akıllı mobil cihaz yazılımı ve
3. Bu mobil cihaz yazılımınının yine 3G ya da kablosuz internet bağlantısı yardımıyla verileri aktarabileceği bir merkezi sunucu yazılımı.

Prototip sistemimiz kullanılarak nörolojik ve ortopedik problemler ile tanılanmış beyin felçli ve diz ve/veya kalça protezi takılmış olgularda pilot çalışmalar (30 olguluk seriler ile) yapılmaya başlanmıştır, bu aşamayı takiben sistemin sağladığı ölçüm verileri ve fiziksel eğitim desteği özellikleri ile bireye özgü rehabilitasyon programları uygulanmaktdır.

Üretilen sistemin, diz ekleminin açısal değerlerini ölçmedeki doğruluk yüzdesini değerlendirme amacı ile üretilecek sistem – MarVAJED ve İzokinetik Dinamometre (Biodex Pro System 4) karşılaştırılmıştır. Buna ek olarak, üretilecek sistemin sanal rehabilitasyon uygulamalarının ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu geçirmiş ortopedik vakalar üzerinde kullanımı test edilmektedir.

Donanım ve yazılımı gerçekleştiren mühendislik ekibi ile hasta değerlendirme ve tedavilerini yürüten sağlık profesyonellerinden oluşan proje ekibi; cihazın işlevselliği ve tedavide kullanılabilirliği / aksamalar ve yeniden düzenlemeler ile zaman ve işlev kontrollü düzenli izlemler gerçekleştirmektedir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Proje kapsamında tasarımı yapılan sistem ile eklem kontrolünün kazandırılması, riskli eklem hareket açılarına ulaşılmasının engellenmesi, aynı zamanda uzman gözetiminde yapılan egzersizlerde bu zorunluluğun minimize edilerek bu egzersizlerin hasta tarafından bağımsız yapılabilmesi amaçlandı. Bu amaçla üretilen sistem 4 ana bileşenden oluşmaktadır.

Bunlar:

1. Elektronik gonyometrenin üzerine monte edilen korse/korseler,
2. Elektronik gonyometre cihazı,
3. Elektronik gonyometre cihazı ile bluetooth bağlantısı üzerinden haberleşmeyi sağlayan akıllı mobil cihaz uygulaması ve
4. Mobil uygulamanın verileri gönderdiği, ayrıca kullanıcı bazlı kimlik doğrulama sağlayan ve hasta bazlı analizlere imkân tanıyan merkezi bir sunucu yazılımı.

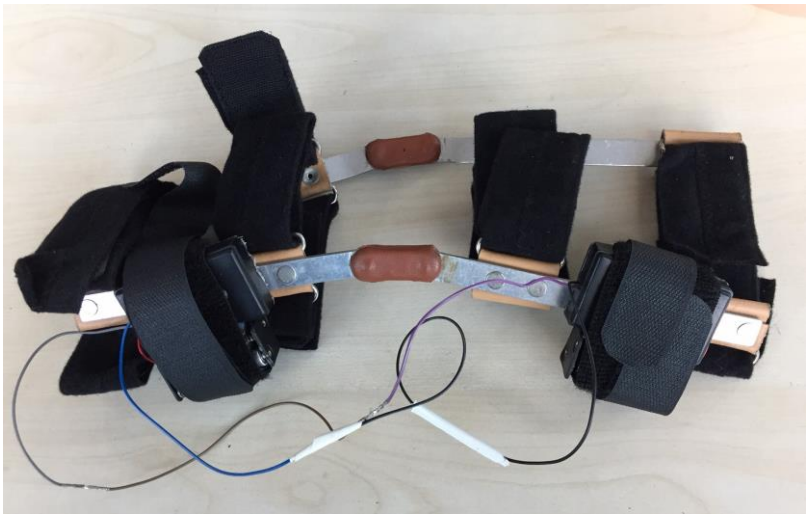
Yürütülen proje çalışmalarını; yapısal dört ana başlık ve üretilen sistemin başarı değerlendirme çalışmalarına ilişki bir başlık olmak üzere toplam 5 ana başlık altında toplamak ve açıklamak mümkündür.

1. Korse Tasarımı

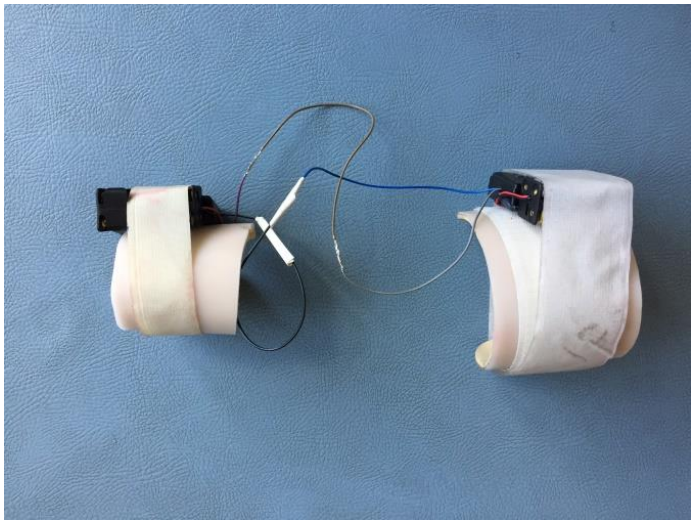
İlk aşama (3 - 5 Ay): **MarVAJED** (Marmara Visual Auditory Joint Education Device) ismini verdiğimiz elektronik cihazın uyluk ve baldırda stabilizasyonunu sağlamak üzere üretilen ilk prototip korse (K-ver1) (Resim 1) ve elektronik cihazın ilk prototipinin (EC-ver1) (Resim 2) ağır olması (K-ver1: 260 gram ve EC-ver1: 144 gram olmak üzere toplam 404 gram) nedeniyle; korse ile elektronik cihazın uyluk ve baldır üzerinde sabitlenmesi sorunu yaşandı. Korsenin hafifletilmesi amacıyla daha hafif bir malzeme olan polietilenden uyluk ve baldır korseleri üretildi (K-ver2). K-ver2'nin ağırlığı 95 gram olarak tartıldı. Bu hali ile yeni sistem ağırlığı toplam 239 gram'a düşürülmüş oldu (Resim 3). Daha hafif bir elektronik cihaz tasarlanıncaya kadar EC-ver1'in test çalışmalarında cihaz, uyluk ve baldır üzerine kinezyolojik bant kullanılarak pozisyonlandı. Pozisyonlama işlemleri amaca uygun sonuç vermedi ve bantların çabuk erken gevşemesi ile pozisyonlama sorunları yaşandı.



Resim 1. Elektronik cihazı uyluk ve baldır üzerinde stabilize etmek amacıyla üretilen ilk korse (K-ver1)



Resim 2. Elektronik cihazın ilk prototipi (EC-ver1) ile uyluk ve baldır korselerinin bir arada sabitlendiği ilk korse prototipi (K-ver1)



Resim 3. EC-ver1 ile K-ver2'nin birlikte pozisyonlanması

İkinci aşama (6. Ay): Daha hafif pil ile geliştirilen elektronik cihazın 2. prototipi,(EC-ver2) EC-ver1'e göre çok daha hafif oldu (79 gram). Ağırlığı belirgin azalan EC-ver2 ve K-ver2, birlikte kullanıldığında toplam ağırlık 174 grama kadar düşürüldü. Yeni setin daha hafif olması nedeniyle stabilizasyon sorunları büyük ölçüde çözüldü. Ancak daha stabil bir pozisyon yaratmak için polietilen malzemeye ilave olarak neoprene malzeme kullanımlı 3. korse prototipinin yapılması düşünüldü ve korsenin 3. prototipi (K-ver3) sipariş edildi. Farklı bedenlerde üretilen polietilen destekli neoprene korselerle yararlanılarak elektronik cihaz farklı genişlikteki uyluk ve baldırlar üzerinde pozisyonlandı. Ancak yeni set daha stabil olmasına rağmen ağırlığında artış oldu ve buna bağlı ölçüm zorluğu yaşanmaya, kutunun korse üzerinde sabitlenmesi sorunu başlandı. Kinezyolojik bant kullanılarak EC-ver2 doğrudan cilt üzerine sabitlendi (Resim 5). Kinezyolojik bantla korseye sabitlemedeki benzer sorunlar, cilt üzerine yapıştırıldığında da gelişti. Bu uygulamada da 10-15 dakika sonrasında erken gevşemeler gelişti, daha iyi çözümler bulunulmasına gidildi.

Üçüncü aşama (9. Ay): Elektronik cihazın 3. prototipinde (EC-ver3) tamamen kablosuz iletişim sağlanması ile birlikte, 3D printerdan yararlanılarak yeni kutular üretildi ve elastik velkro (K-ver4) ile sabitlenmeye imkan tanıyan cihaz taşıma kutularında pozisyonlama kulakları oluşturuldu ve elastik velkrolar ile cihazlar uyluk ve baldır üzerinde pozisyonlanarak ileri laboratuvar testleri başlatıldı (Resim 4a ve 4b). Uzun süreli kullanımlarda velkroların dar alana baskı uygulaması nedeniyle dolaşım problemlerine benzer, uyuşma şikayetleri oldu. Bunun üzerine daha geniş neoprene destekli ve temas zemini hastaya daha uyum sağlayacak bir malzemeden pozisyonlama bantları üretilmesi ve elektronik cihazların pozisyonlamalarının kolaylaştırılması amacıyla da bu bantlara mıknatıs ile tutturulması planlandı. İzleyen ilk ay içinde bu sorunun çözülmesi kararlaştırıldı.



Resim 4. EC-ver3 için 3D printer aracılığı ile üretilen cihaz kutusu (a) ve kutuya açılan kanallardan geçirilen elastik velkrolar (b)

Dördüncü aşama (12 - 18. Ay): Elektronik cihazın 4. ve son prototipinde (EC – ver4), yine 3. prototipindeki gibi kutular 3D printerdan yararlanılarak üretildi. Bir önceki versiyondan farklı

olarak, bu prototipte pozisyonlama kulakları, cihaz taşıma kutuları üzerinden kaldırılarak ayrı bir aparata yerleştirildi ve bu aparat mıknatıs sistemi ile cihaz taşıma kutularına tutturuldu (Resim 5a ve 5b). Mıknatıs sistemli bu aparatın üzerinde yer alan kulakçıkların içinden elastik velkrolar geçerek, ekleme tutunması sağlandı. Prototipin bir önceki sürümde ölçüm yapabilmek için ekleme yerleştirilip pozisyonlaması ve çıkarılıp başka bir pozisyona getirilmesi zaman almaktaydı. Yeni üretilen mıknatıs sistemli prototip sayesinde, cihaz kolaylıkla bir ekleme yerleştirilmekte ve yine kolaylıkla farklı bir pozisyona getirilmektedir. Bu durum ölçüm yapmada ve tedavi sırasında uygulayıcıya avantaj sağlamaktadır. Cihaz böylelikle hem taşıyıcı korse, hem de kutusu itibariyle son halini almıştır.



Resim 5. EC-ver4 (a) için 3D printer aracılığı ile üretilen cihaz kutusu (b)

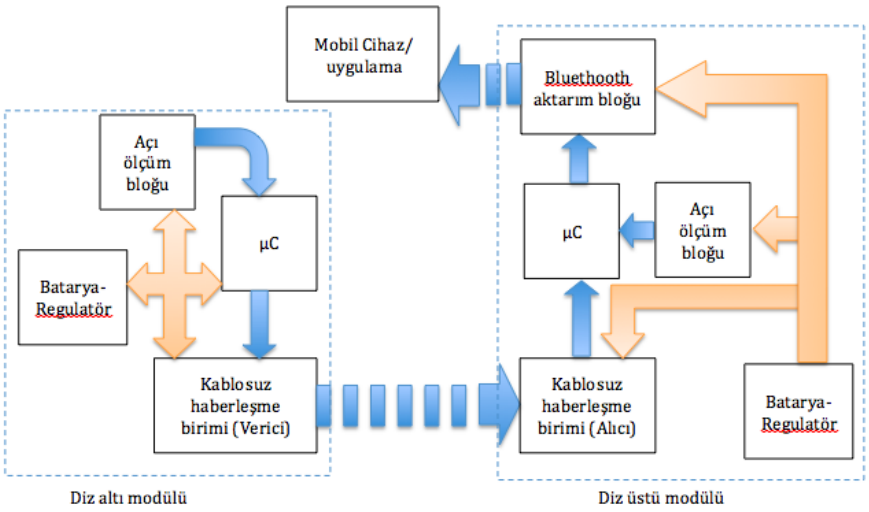
2. Elektronik Gonyometre

1 - 6. Ay: İş paketi kapsamında yapılan çalışmalar 8 madde halinde sıralanabilir: 1. Devre yapısı ve bloklarının belirlenmesi 2. Belirlenen bloklar içerisinde kullanılacak elemanların tespiti ve şematik çizimlerin yapılması 3. Devre kartlarının tasarım ve üretimi (EC-ver1) 4. µC yazılımı çalışmaları 5. Testler ve modifikasyon çalışmaları ve geçiş versiyonunun (EC-ver2) testleri 6. Test sonrası düzeltmeler ve yeni versiyonun tasarımı (EC-ver3). 7. Yeniden üretim ve testler 8. Kutu tasarım ve üretimi. Bu başlıklar sırası ile aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir:

1. Devre yapısı ve bloklarının belirlenmesi

Elektronik gonyometrenin çalışma prensibi dizin alt ve üst bölümlerinin yere göre açılarının ayrı ayrı ölçülmesi ve bu veriler kullanılarak eklem açısının belirlenmesi prensibine dayanmaktadır. Burada dizin alt ve üst bölümleri birbirleri ile kablosuz haberleşecek, diz üst bölümündeki modül içerisinde bulunan bluetooth aktarıcı vasıtası ile hesapladığı eklem açısını mobil telefon yada tablet'e gönderecektir. Dizin üst ve altındaki modüller yere göre

açı ölçümünü ivme ölçer ve jiroskop kullanarak gerçekleştirecektir. Dolayısı ile dizin alt bölümünde bulunan modül içerisinde açı ölçüm bloğu, kablosuz haberleşme bloğu, işlemci ve batarya-regülatör bloğu kullanılmıştır. Dizin üst kısmında bulunan modül ilaveten bir de bluetooth aktarım bloğu içermektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Sistemin ilk versiyonunun tasarlanmış blok şeması

Tasarımı yapılan ilk versiyonda açı ölçüm bloğu 4 adet jiroskop ve ivme ölçer içermektedir. Diz altı modülü birbirine dörtlü kablo ile bağlanmış, SPI haberleşmesi yapan, bir ana devre kartı ve 3 ölçüm devre kartından oluşmaktadır. Ölçüm modüllerinde sadece ivme sensörü ve jiroskop bulunurken, ana modülde yukarıdaki blok şemada gösterilen tüm bloklar yer almaktadırlar. İlk versiyonda tasarlanmış ve üretilmiş olan ana devre kartı ve 3 adet ölçüm kartı ekil 1'de görülebilir. Burada diz altı için toplam 4 kart ve diz üstü için toplam 4 kart kullanılması planlanmıştır. Her iki tarafta da ana devre kartı dizin ön tarafında diğer 3 devre kartı ise dizin etrafında 90 derece açı ile kullanılacaktır. Toplam 4 noktadan açısal ölçüm ile yapılacak hatanın azaltması planlanmaktadır.

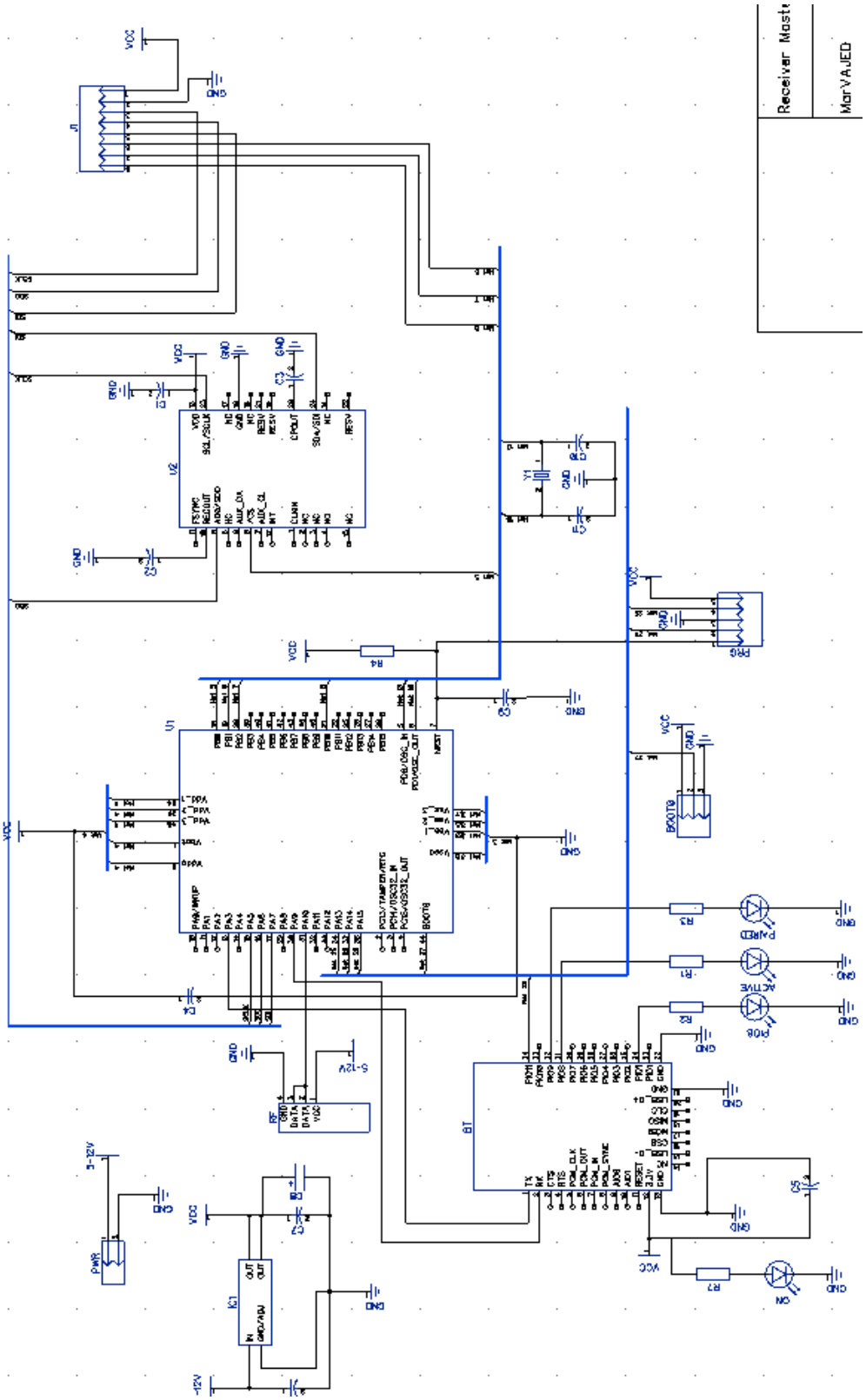
2. Belirlenen bloklar içerisinde kullanılacak elemanların tespiti ve şematik çizimlerin yapılması

Blok içlerinde kullanılacak eleman seçimleri de bu aşamada yapılmıştır. Açı ölçümü için sıklıkla kullanılan ve ivme ölçer ile jiroskobu tek bir çip içerisinde bulunduran MPU6000 entegre devresi seçilmiştir. Açı ölçüm uygulamalarında ekseriyetle kullanılıyor olması, saniyede en az 50 ölçüm alma hedefimizle uyumlu özellikleri, az sayıda çevre elemanına ihtiyaç duyması ve uygun fiyatı bu sensörü seçmemize sebep olmuştur. MPU6000 SPI haberleşmesi desteklemektedir ve kullanmak istediğimiz mikrokontrolör çevre birimleri açısından incelenmiş, SPI desteleyen, birden fazla seri haberleşme arabirimi içeren ve

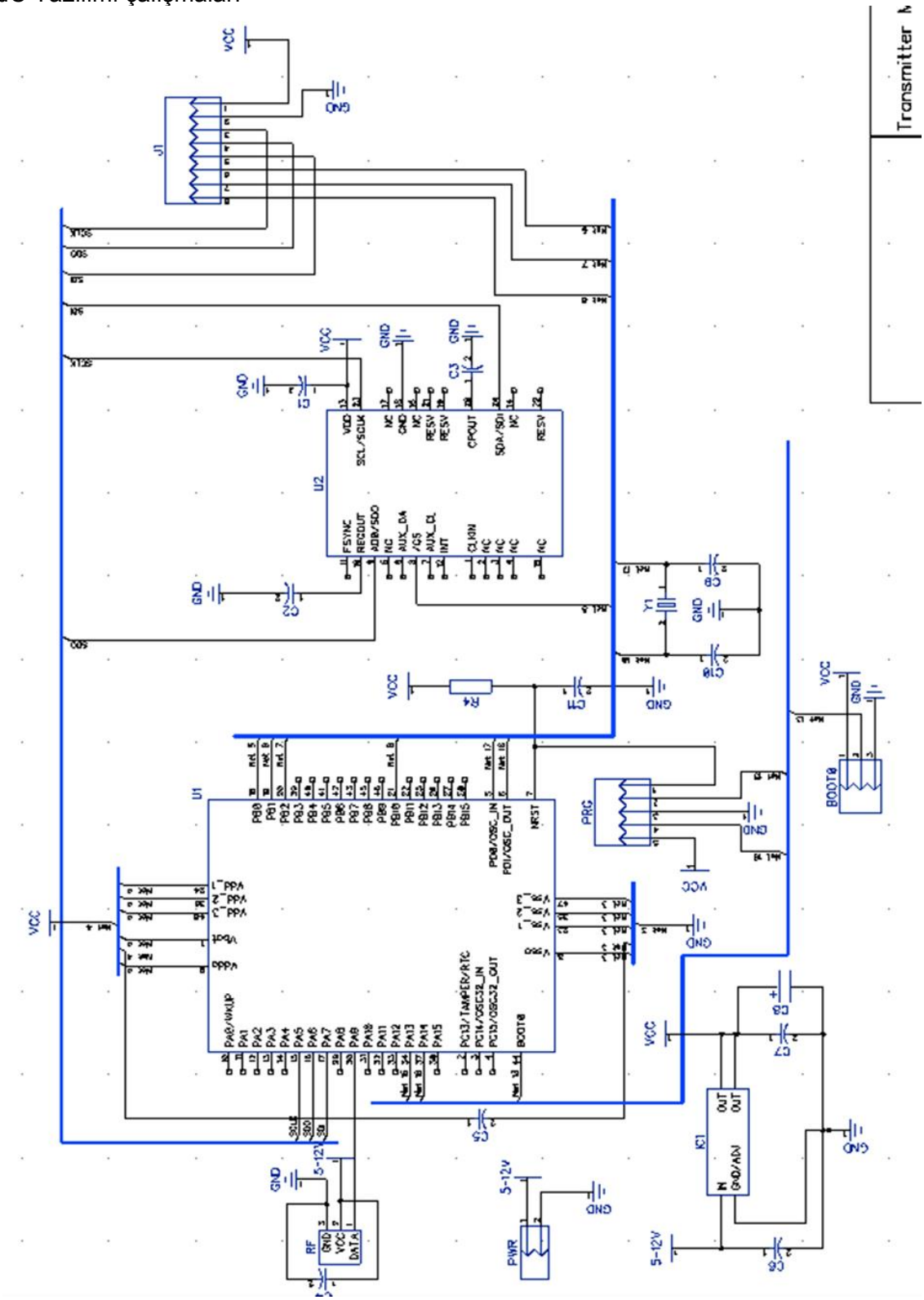
yeterince hızlı frekansta çalışan bir µC seçimi yapılmıştır. Daha önceden üzerinde tecrübe sahibi olduğumuz STM32f103 84 MHz çalışma frekansı ve fazla sayıdaki çevre birimi ile tatmin edicidir. Bunun yanında bu ARM tabanlı işlemci çok popüler ve fiyat/performans oranı açısından üst düzeydedir. Bluetooth modülü olarak HC05 seçilmiştir. Bu seçim yeterli çekim gücü, fiyat, az sayıda çevre elemanı ve kolay temin kriterlerine göre yapılmıştır. Ayrıca güç tüketimi fazla olmasına rağmen özellikle Blutooth 3.0 teknolojisi kullanılmıştır, bunun nedeni piyasada bulunan tablet ve telefonların bir kısmının henüz Blueooht 4.0 teknolojisini desteklememesidir. Birinci versiyon tasarımımızda yapısını belirleyip, sonraki versiyonda değiştirmek zorunda kaldığımız iki blok bulunmaktadır. İlk versiyonda diz altı ve diz üstü modüllerin birbiri ile haberleşmesini sağlayan kablosuz haberleşme modülü yakın mesafe haberleşmesinde sıklıkla kullanılan 433 MHz RF kartlardan seçilmiştir. Bu seçim sırasında uygun fiyat ön planda tutulmuştur. Diğer bir değişime uğrayan modül ise batarya kısmıdır. İlk versiyonda 4 adet AAA tipi kalem pil kullanımı tercih edilmiş fakat uygulamada problemler ile karşılaşılmıştır. Standart pillerin kullanımı regülatör devresini basitleştirmiş, şarj ihtiyacını ortadan kaldırmıştır. Fakat uygulanabilirlik oldukça zayıf görülmüştür. Devre elemanlarının tespiti sonrasında uygun şematik çizim gerçekleştirilmiştir. Bu çizim Şekil 8 ile verilmiştir.

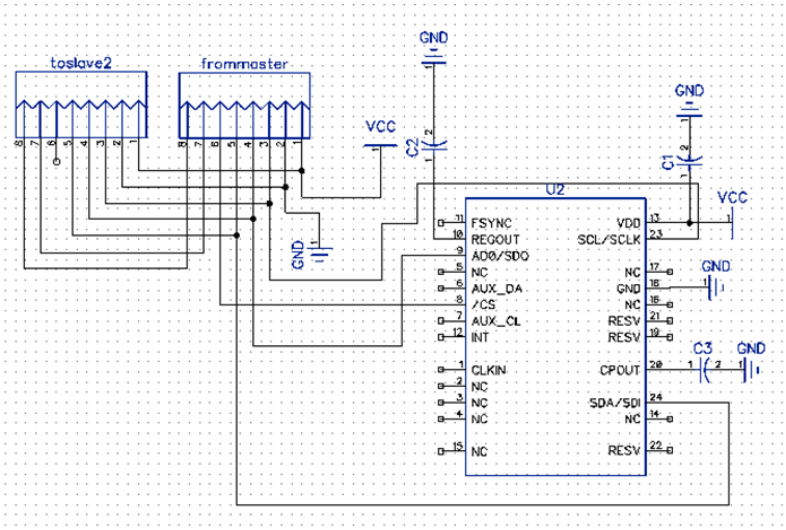
3. Devre kartlarının tasarım ve üretimi (EC-ver1)

Şematik tasarım ve devre kartı çizimlerinin yapılması için serbest lisanslı bir yazılım olan dip-trace tercih edilmiştir. 2. Aşamada çizilen şematik tasarımlar devre kartı haline getirilmiş olup, bu işlem sırasında kartların ince ve uzun olmasının bacak çevresine yerleşimini kolaylaştıracağı düşünülmüştür. Tasarımı yapılıp ürettirilen kartlar Şekil 3'de verilmiştir. Burada diz altı ve diz üstü için kare şeklinde 2 ana modül ve her bir ana modüle bağlanacak ince uzun şekilde tasarlanmış 3 ivme ölçer/jiroskop modülü görülmektedir. Bu kartlar direkt olarak korseye gömülecek şekilde düşünüldüğünden bir kutuya uyumlu değil, korse ergonomisine uyumlu tasarlanmıştır.


Receiver Mast
MarVAJED

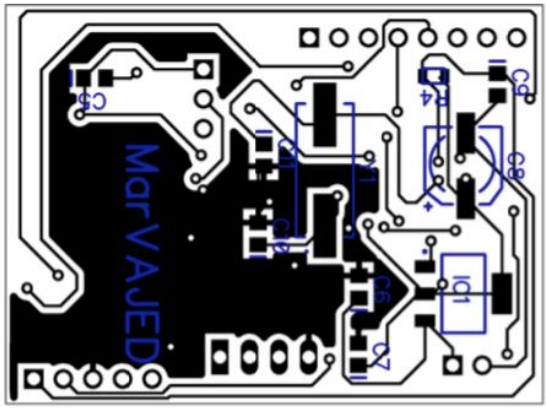
4. µC Yazılımı çalışmaları

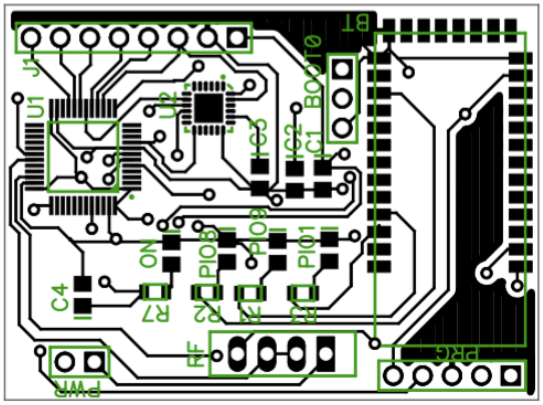


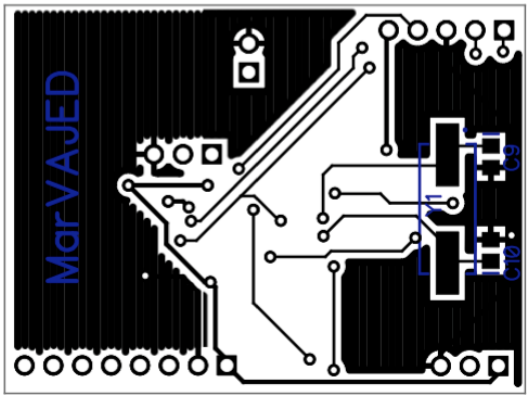


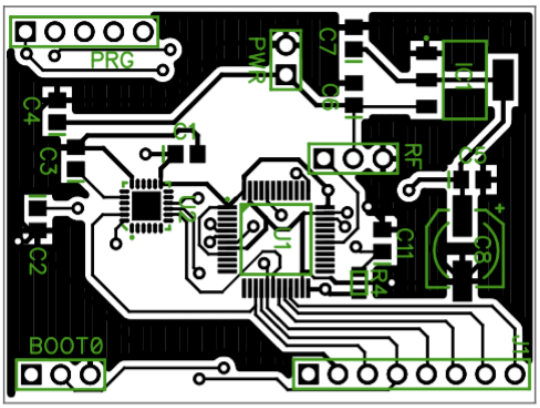
Şekil 8. Sırasıyla alt diz, üst diz modüllerinin ve sadece MPU6000 içeren ölçüm devrelerinin (ince uzun kartlar) şematik tasarımları

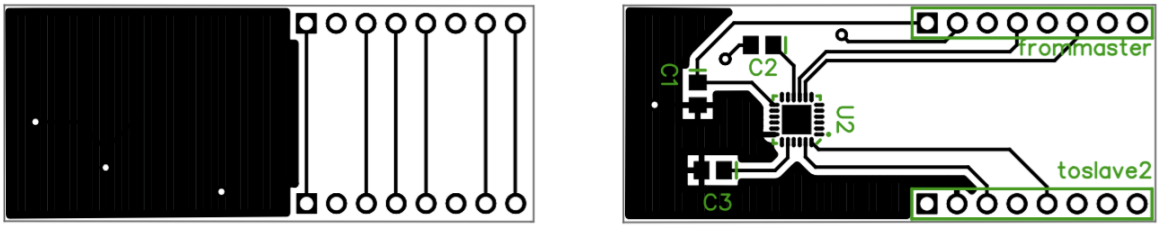
,,











Şekil 9a. EC-ver1 PCB tasarımları yapılmış baskı devreler.
Sırası ile alt diz modülü, üst diz modülü, ivme ölçer/jiroskop modülü.



Şekil 9b. EC-ver1 imal edilmiş baskı devreler.
Sırası ile alt diz modülü, üst diz modülü, ivme ölçer/jiroskop modülü

4. Mikrokontrolör (µC) yazılımı çalışmaları

Diz altı ve üstü modülleri için iki ayrı yazılım geliştirilmiştir. Açı ölçümü için her iki yazılımda da 4 adet ivme ölçer ve 4 adet jiroskop verisini okuyup 4 adet açı değeri bulan ve ortalama alarak hatayı azaltmaya çalışan bir algoritma kullanılmıştır. 4 adet MPU6000 çipi aynı SPI bus ile mikrokontrolöre bağlıdır ve İvme ölçer/jiroskop verileri SPI protokolü ile

okunmaktadır. Bu okumalar 10 ms aralıklarla bir zamanlayıcı kesmesi kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Böylelikle saniyede 100 defa açı hesaplaması yapılmakta, bu da egzersiz durumunda bir insanın diz ekleminin hareket hızına uyumlu sonuçlar vermektedir. Alınan ivme verileri öncelikle düşük geçiren dijital bir filtreden geçirilmekte ve 1 kHz üzerindeki yüksek frekans gürültüleri atılmaktadır (Bakınız Şekil 10, blok şema).

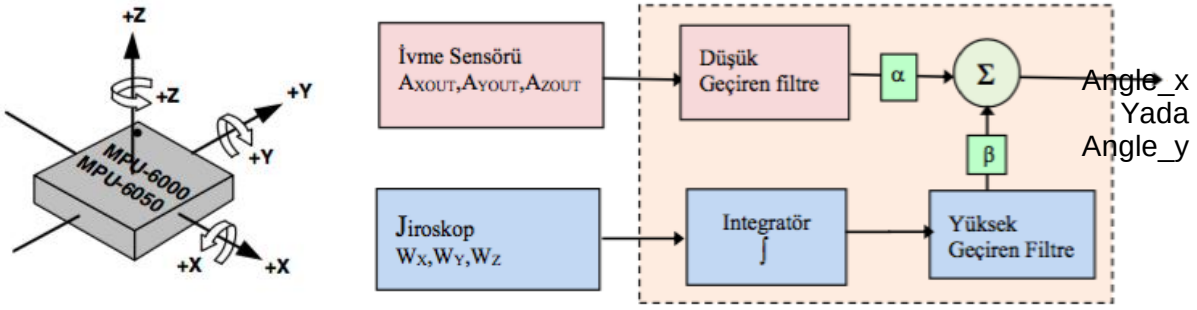
Açı ölçümü öncelikle sadece ivme bilgisi kullanılarak yapılmış fakat bu şekilde yeterince hızlı tepki veremediği, yapılan denemelerde görülmüştür. Sadece ivme bilgisi ile yapılan hesaplama (1) numaralı formülde verilmiştir. Burada Ax, Ay ve Az sırasıyla x, y ve z eksenlerine göre ivmeleri vermektedir. ßy ve ßx ise x-z ve y-z eksenleri arasındaki açıyı derece cinsinden vermektedir. MPU 6000'e ilişkin eksen tanımlamaları Şekil 10'da görülebilir.

$$ßx=(180/\pi)*arctg(Ay/Az), \quad ßy=(180/\pi)*arctg(Ax/Az) \qquad (1)$$

Bu hesaplamanın yeterli olmayacağı öngörüsü zaten proje önerisi dokümanında ifade edilmişti. Sadece ivme sensörü değil jiroskop ve ivme sensörü verilerinin birlikte kullanılması gerektiği literatürde de yer alan bir bilgidir. Bu sebeple jiroskop verileri de okunmuş ve açısal hız verilerini kullanarak yine x-z ve y-z eksenleri arasındaki açılar hesaplanmıştır. Bu hesaplama açısal hız değerlerini toplayarak gerçekleştirilmektedir ve (2) numaralı ifadelerde hesaplama yöntemi verilmiştir. Burada Wx, Wy ve Wz sırasıyla her üç eksendeki açısal hızları vermektedir. MPU6000 için jiroskop ile ölçülen hızların pozitif yönleri her eksen için Şekil 10'da gösterilmiştir. (2) ile verilen ifadelerde θx ve θy gyroskop verisi ile hesaplanan x-z ve y-z eksenleri arasındaki açıları işaret etmektedir. Burada dt jiroskoptan hızları okuma aralığıdır ve bizim uygulamamızda 10 ms olarak seçilmiştir. Bu hesaplama yönteminin zayıf tarafı hatanın kümülatif olarak artmasıdır. Bu sebeple proje öneri dokümanının metot bölümünde bahsedildiği gibi ivme sensörü ve jiroskop verilerini aynı anda kullanan bir filtre ile açı değeri hesaplanmıştır (Şekil 10, blok şema). Hesaplanan nihai değer, ifadelerde angle_x ve angle_y ile gösterilmiştir. Jiroskop ile hesaplanan açı değerinde kümülatif artan hatayı önlemek için jiroskoptan ölçülen açı değeri son hesaplanan açının (angle_x veya angle_y) üzerine ilave ediilmiştir. Angle_x ve Angle_y açılarının hesabı ise Şekil 4'te verilen blok şemadaki filtre kullanılarak yapılmaktadır. Filtre parametreleri (α ve β) test çalışmaları ile eniyilenmiştir. Optimizasyon sonrası yazılımda filtreyi uygulayan ifade ise (3) ile verilmiştir. Anlaşılabileceği gibi x-z ve y-z eksenleri arasında yapılan açının nihai değeri Angle_x ve Angle_y olarak hesaplanmıştır. Optimizayon ile elde edilen α ve β değerleri ise sırası ile 0.05 ve 0.95 olarak ortaya çıkmıştır.

$$\theta x = Angle_x + Wx*dt, \quad \theta y = Angle_y + Wy*dt \qquad (2)$$

$$Angle_x = ßx*0.05 + \theta x*0.95, \; Angle_y = ßy*0.05 + \theta y*0.95 \qquad (3)$$



Şekil 10. MPU6000 eksen ve açısal hız yönlerinin gösterimi (Solda). İvme sensörü ve jiroskop veri ile hesaplanan açıları kullanarak nihai açı hesabını yapan filtre blok şeması.

Yukarıda verilen açı ölçüm algoritması ürünümüzün son hali için uygun bulunmuş, hastalar üzerinde de bu hali ile denenmiştir. Yapılan denemeler sonrası değişikliğe yol açan tek sonuç: alt ve üst diz çevresinden alınan 4 ölçümün açı hesabı üzerinde fazlaca bir iyileştirmeye neden olmadığı tam aksine bazı durumlarda (*özellikle hasta kaymış şekilde monte ederse)* kayma miktarına bağlı rastlantısal hatalara neden olduğu görülmüştür. Bu sebeple hem maliyeti düşürmek, hem hastanın kullanacağı korsenin yapısını ve kullanımını basitleştirmek hem de projemizin ticari yada özgün değerine bir katkısı olmayan ve ölçümler üzerinde de fazlaca olumlu etkisi olmayan 4 ölçüm almak yerine tek bir ölçüm alınma yoluna gidilmiştir. Böylelikle cihazın EC-ver1 hali 4 değil de tek sensörlü olarak sadece ana modül kullanılarak üretilmiştir. Bu bir ara geçiş versiyonu olarak test çalışmaları sonrasında ortaya çıkmıştır ve EC-ver2 olarak isimlendirilmiştir. Yazılım çalışmalarında önemli başka bir fonksiyon ise alt ve üst modüller arası haberleşmeyi sağlayan bölümdür. Bu bölüm alt modül için sadece gönderici üst modül için ise sadece alıcı olarak çalışmaktadır. Ver1 tasarımda bu işlemleri gerçekleştirmek için sistemde düşük maliyetli ve sıradan bir 433 MHz gönderici/alıcı çifti kullanılmıştır. Fakat bu modülün anteni yönlü ve olduğundan eklem açısının 90 dereceye yakın değerlerinde bağlantı gücü oldukça zayıflamaktadır. Antenin yönü ve çeşidi ile ilgili yaptığımız çalışmalardan da sonuç alınamamıştır. Zayıf bağlantı gücü yüksek gürültüyü beraberinde getirdiğinden yolladığımız veriyi çok sayıda tekrar ile yollamamız gerekmekte bu da haberleşme hızını oldukça düşürmektedir. Bu soruna engel olmak için veriyi 2 byte içerisine sıkıştıran bir kodlama yapılmasına karşın yine de çekim gücü zayıflamasını kompanse edecek bir yol bulunamamıştır. Sonuç olarak versiyon2'de yönsüz bir anten kullanan yüksek frekanslı bir ZigBee modülü probleme çözüm olmuş fakat cihaz maliyetini 10-15$ arttırmıştır. Bununla beraber cihazın satış fiyatı ile kıyaslandığında

bu artış ihmal edilecek kadar düşüktür. Cihaz yazılımının son halinde gerekmemesine karşın alt dizden üst dize yollanan açı bilgili iki byte içerisine sıkıştırılmış haldedir.
Hesaplanan açı bilgisi derece olarak virgülden sonra tek basamak hassasiyetindedir.

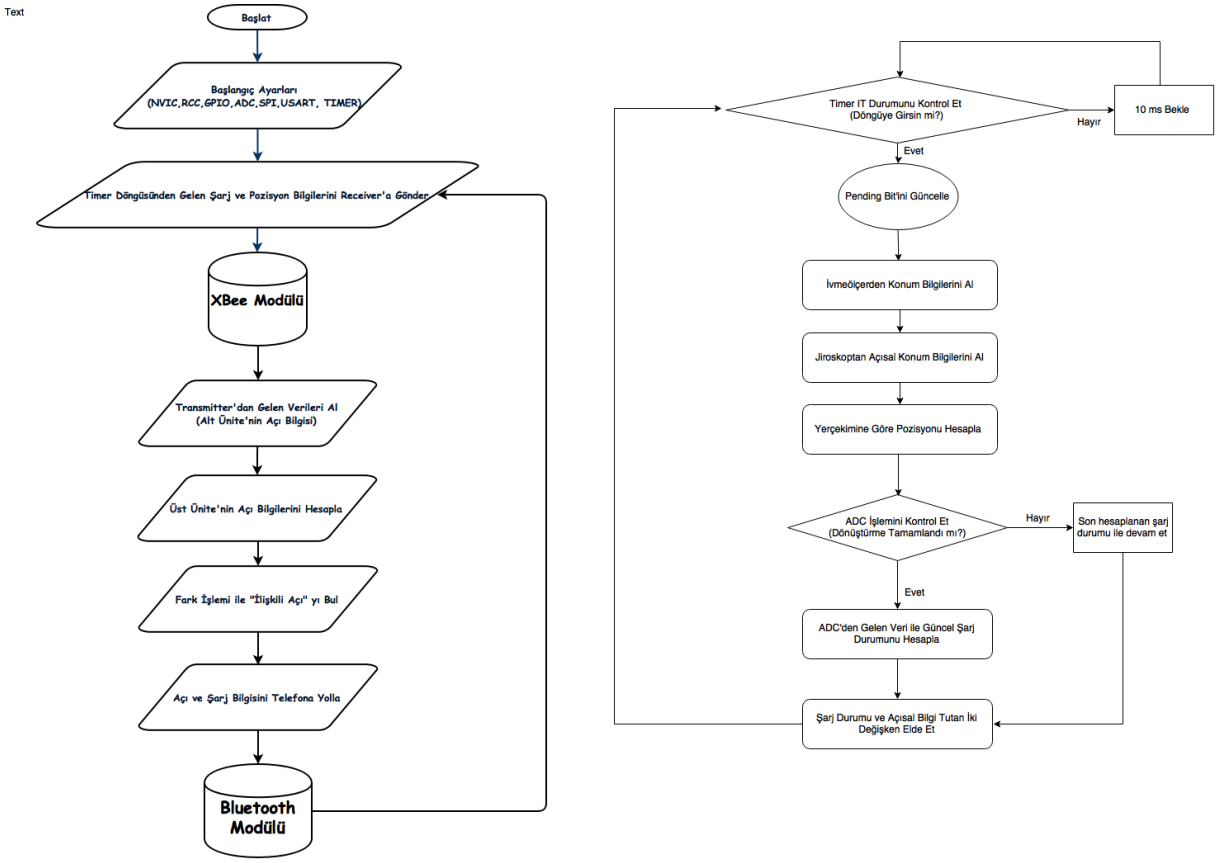
Alt dizde hesaplanan açı değeri gönderilmeden evvel 10 ile çarpılıp tamsayı haline getirilir. Bu açı değeri max. 12 bit ile kodlanacaktır. Dolayısıyla yüksek değerlikli 6 bit bir byte ile ve düşük değerlikli 6 bit ise ikinci bir byte ile gönderilmektedir. Her byte için kalan 2 bitlik alan eğer 00 ise veri hatalı, 01 ise açı bilgisinin düşük değerlikli 6 biti, 11 ise açı bilgisinin yüksek değerlikli 6-biti olarak şifrelenmiştir. Yani üst diz tarafından alınan herhangi bir byte'da bakılır baş tarafı 00 ise veri hatalıdır discard edilir, baş tarafı 01 ise veri bir açının düşük değerli bitlerini taşımaktadır hemen ardından baş tarafı 11 olan başka bir byte daha beklenir. Eğer gelmezse baş tarafı 01 ile başlayan veri dikkate alınmaz. Eğer gelirse her iki verinin son 6-bitleri alınıp birleştirilir ve ölçülen açı bulunur. Bu kodlama verinin doğru aktarımı için faydalı olmakla beraber aslında ZigBee modül kullanımı sonrası gereksiz hale geldiği de söylenebilir. Fakat çalışma üzerinde olumsuz etkisi yoktur.

Aktarım, diz altı modülde seri porta bağlı, 9600 bps hızında çalışan RF verici ile sağlanmakta ve alım ise dizüstü modülde ise RF vericinin karşılığı ile yapılmaktadır. Dolayısıyla alt iz modül ve üst diz modül yazılımları arasındaki bir fark alt tarafta UART gönderici, üst tarafta UART alıcı çalışmaktadır. Üst dizde alttan gelen açı ve üstte hesaplanan açı değerleri kullanılarak eklem açısı hesaplanır. Bu açı basitçe üst ve alt dizlerin yer ile yaptıkları açıların farkları alınarak hesaplanır. Eklem açısı ise başka bir UART kanalı üzerinden bluetooth modüle gönderilir.

Bluetooth modül, bir tablet yada telefona bağlı ise açı sürekli olarak mobil cihaz tarafına aktarılır. Gonyometre saniyede 100 kadar açı bilgisini bluetooth üzerinde aktarabilmektedir. Bu hedefin sağlandığı ve hatasız çalıştığı, testlerimizde ve klinik çalışmalarda net olarak görülmüştür. Ayrıca Bluetooth modüle, her zaman bulma kolaylığı sağlaması açısından MARVAJED0x (x: bir sayı)ismi verilmektedir.

Yazılıma nihai eklenen başka bir özellik ise alt ve üst modüllerin pil miktarlarını gösteren bölümlerdir. Pil gerilimleri, µC'ün ADC modülü ile ölçülüp her iki modül için ayrı ayrı %doluluk oranı olarak mobil yazılıma bildirilmektedi.

Alt ve üst diz yazılımlarının son haline ilişkin akış diyagramları Şekil 11 ile verilmiştir.



Şekil 11. Yazılımın nihai haline ilişkin blok şemalar

Gönderici ve alıcı yazılımlarının (alt ve üst diz) iç içe gösterildiği ana döngü (solda), her iki modülde de ortak olan ve 10 ms aralıklarla çalıştırılan zamanlayıcı kesmesi rutini (sağda)

5. Testler ve modifikasyon çalışmaları ve geçiş versiyonunun (EC-ver2) testleri

Bu çalışmalarda ortaya çıkarılan hardware testleri yapılmış, bu testler ışığında iyileştirmeler yapılmıştır. Test çalışmaları ortaya çıkarılan temel problemler:

i. Alt ve üst dizde dörder devre kartı kullanmanın karmaşıklığı gereksiz arttırdığı anlaşılmıştır. Üst ve alt bacak bölümlerinde sadece birer modül kullanımı yeterlidir.

ii. Alt-üst diz arasındaki haberleşmeyi sağlayan 433 MHz modüllerinin uygun olmadığı anlaşılmıştır.

iii. Besleme olarak pil kullanımı devreyi basitleştirse de cihazın kullanımını zorlaştırmaktadır. Ayrıca pil ağır olduğundan cihazın bacakta sabitleştirilmesi kolay olmamaktadır. Bu sebeple tasarımda değişiklik yaparak cihazı 250 mAh 3.7 V lityum polimer bir batarya ile besledik.

Yapılan bu testler neticesinde hem fizyoterapi ekibinin hastalar üzerinde bir an önce çalışmaya başlamaları için hem de açı ölçümü performansının daha fazla teste tabi

tutulabilmesi için yukarıda sıralanan 3 maddedeki problemleri hızlıca çözen ara bir versiyon üretilmiştir (EC-ver2). Bu versiyonda:

1. Alt ve üst bacak açılarını ölçen, her iki tarafta da tek bir modül kullanılmıştır.
2. Haberleşme problemine hızlı bir çözüm sağlamak için bu versiyonda alt ve üst modüller yeterince uzun bir kablo ile birbirine bağlanmıştır.
3. Problemlere yol açan 4'lü kalem pil yuvası atılmış, yerine daha hafif ve kompakt olan lityum polimer bir pil hücresi kullanılmıştır. Bu pil dışarıdan kendi şarj aleti vasıtasıyla doldurulmaktadır.

6. Test sonrası düzeltmeler ve yeni versiyonun tasarımı (EC-ver3).

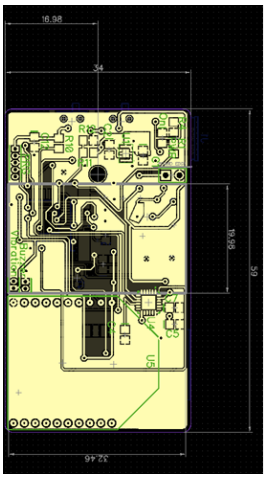
EC-ver2 cihazının testleri açı ölçümü performansının ve açıyı yazılıma iletme hızının yeterince iyi olduğunu göstermiştir. Majör bir geri besleme olmasa da, cihazı dizin ön tarafına değil de yan tarafına bağladığımızda açı değerleri hatalı ölçülmekte olduğu görülmüş, bazı olgularda yan taraftan da açı ölçebilmek için açı hesaplamalarında eksenlerin yerlerinin değiştirilmesi gerektiği anlaşılmıştır. Bu amaçla cihaz üzerine açma kapama anahtarı haricinde bir de oryantasyon (ön diz-yan diz) anahtarı koyulması düşünülmüştür.

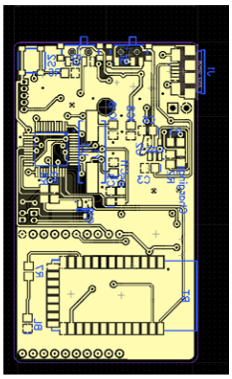
Bunun yanında ara versiyonda hızlıca çözüm sağlanan fakat nihai versiyonda çözümüne son şekli verilecek problemler bulunmaktaydı; bunlar alt ve üst diz arası haberleşme sorunu ve lityum polimer pil hücresinin kompakt bir şekilde entegrasyonu problemiydi. Haberleşme sorununa çözüm olarak ZigBee alternatifi en baştan beri gündemimizde olmasına karşın maliyeti arttırmadan haberleşmeyi sağlamak için çaba sarf edilmişti. Cihazın güvenli bir şekilde çalışmasının temininin daha öncelikli olması sebebiyle ZigBee modülünün entegrasyonu yapılmıştır. Devre üzerinde 433 MHzlik verici/alıcı modülleri, yine UART üzerinden haberleşen ZigBee modülleri ile yer değiştirilmiş, yazılım fazlaca değiştirilmeden çözüm sağlanmıştır. İkinci bir değişiklik ise, kullanılan Li-Po pilin şarj ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Li-Po hücrelerinin şarjı için sıklıkla kullanılan bir şar şarj entegresi seçilmiş ve devreye ekleniştir (MCP7383). Şarj işlemi standart bir mikro-USB konektörü üzerinden, bir bilgisayara bağlanarak yapılmaktadır. 250 mAh Li-Po pilin şarj süresi <30 dk olarak ölçülmüştür. Cihaz bu pil ile 5 saat çalışabilmektedir. On/Off anahtarı açık pozisyonda iken cihaz çalışmakta fakat pil şarj edilememekte, kapalı pozisyonda ise pil şarjı yapılabilmektedir. Batarya-regülatör bloğuna yapılan önemli bir iyileştirme de regülatör çipinde sağlanmıştır. Önceki tasarımda kullanılan regülatör Li-Po pil 4.2 V gerilimden en fazla 3.5 V gerilime düşene kadar sabit 3.3V üretebiliyordu. Hem yükseltici hem de alçaltıcı başka bir regülatör çipi kullanılarak 4.2V'tan 2.0V pil gerilimine kadar sabit 3.3V çıkış elde edilmesi sağlanmıştır. Böylelikle cihazın çalışma süresi önemli ölçüde uzatılmıştır. Kullanılan

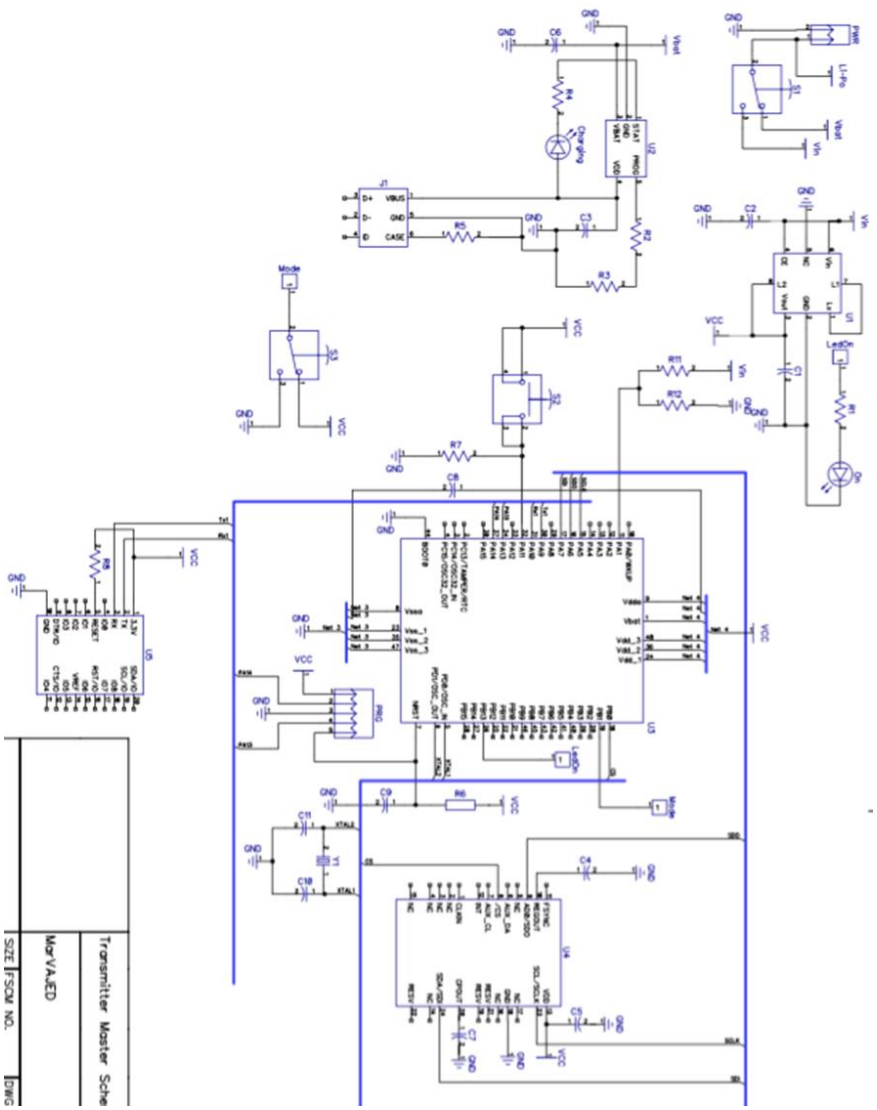
regülatör çipinin çevre elemanlarının sayısı oldukça az ve maliyeti düşük olduğu göze çarpmaktadır (XCL210C33).

Önceki versiyonda alt ve üst diz için ayrı ayrı iki devre kartı üretilmiştir. Fakat bu çizimi yaparken iki kartın hemen hemen aynı olduğu, sadece üst dizde fazladan bluetooth modülü olduğu fark edilmiştir. Bu sebeple alt ve üst diz için aynı kart tasarımı yapılmış olup, sadece alt dizdeki kartta bluetooth modülü takılı olmayacaktır.

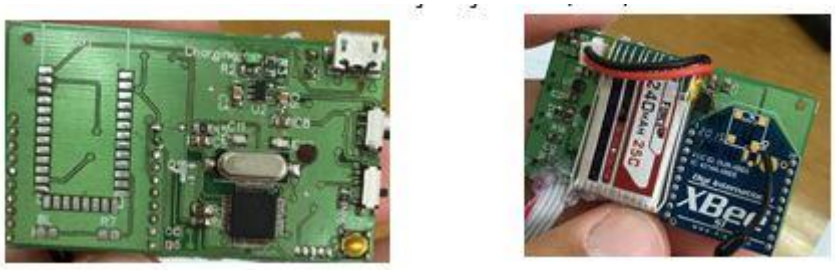
Bahsedilen iyileştirme çalışmaları sonrası devrenin son haline ilişkin şematik ve PCB çizimi Şekil 6 ile verilmiştir. Burada tasarlanan kartın ölçüleri de görülebilir. Üretilen devre kartı ve nihai versiyonun dizgiden çıkmış hali ise Şekil 13'te görülebilir. Pil ve şarj devresi ile birlikte oldukça küçük bir kutuya sığabilir (37 mm X 60 mm X 17 mm) halde olan cihaz, ağırlık olarak da oldukça hafif (36 gram) tasarlanmış ve imal edilmiştir.







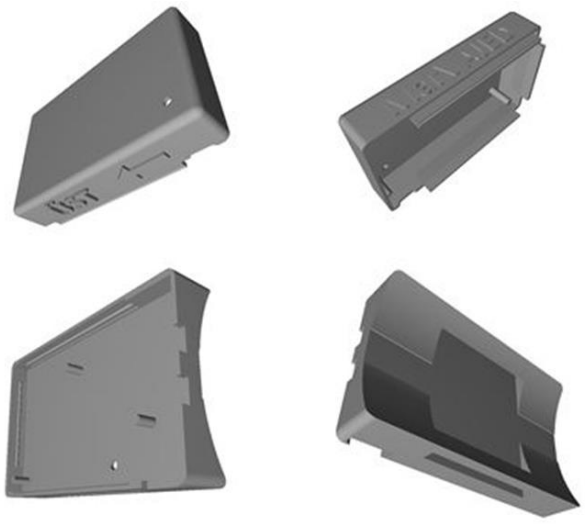
Şekil 12. Sırası ile tasarlanmış olan elektronik kart (üstte) ve bu karta ilişkin şematik (altta)



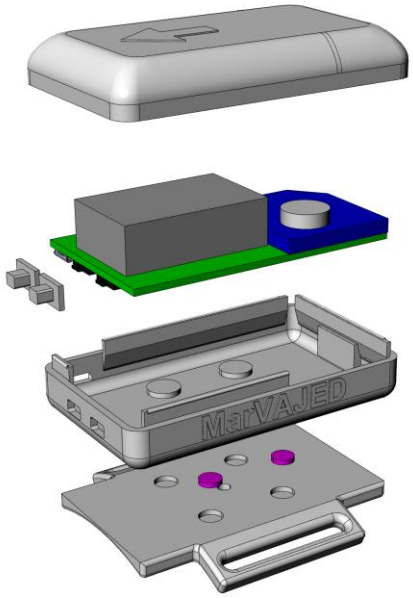
Şekil 13. Üretimi tamamlamış kartın dizgiden çıkmış hali
Alt ve üst yüzler. Bluetooth modülü takılı değil (Diz altı ünitesine ait bir dizgi)

7. Kutu tasarım ve üretimi.

Cihazın ilk versiyonları alınan standart kutulara, kutu kesilip biçilmek sureti ile yerleştirilmekteydi. Nihai versiyon oldukça küçük ve hafif bir şekilde tasarlanıp netleştirildikten sonra doktor ve mühendis ekibi birlikte, ergonomiye ve devre tasarımına uygun bir kutu tasarımı ortaya konulup, 3 boyutlu yazıcı ile üretim yaptırılmıştır (Şekil 14a ve 14b). Burada teknik anlamda dikkat edilmesi gereken en önemli detay jiroskop entegresinin kutu içerisinde tam olarak yatay şekilde durması gerekliliğidir. Bunu temin etmek üzere kutu tabanına doğru distans'lar kullanılmıştır. Ayrıca bu tasarımda dize yapışacak bölüm yuvarlatılmıştır ve bu bölümde elastik bandajın rahatlıkla içerisinden geçebileceği bir oluk bulunmaktadır. Kutu üzerine 3 adet LED gösterge (On/Off, şarj ve bluetooth) bulunmaktadır. Ayrıca kutu üzerinde On/Off ve oryantasyon anahtarları bulunmaktadır (EC-ver3'de oryantasyon anahtarı kullanımına yönelik yazılım eklemeleri yapılmamıştır).



Şekil 14a. Kutunun tasarımsal çizimi.
Devre alt parçaya yerleştirilip kapak tırnaklar yardımı ile kapanıyor



Şekil 14b. Kutunun tasarımsal çizimi (son tasarım).



Şekil 14c. Kutunun tasarımsal çizimi (son tasarım).

3. Akıllı mobil cihaz yazılımı:

İş paketi kapsamında öncelikle mobil uygulama tarafının tamamlanması, daha sonra sunucu yazılımı bölümü üzerinde çalışıldı. Mobil uygulama tarafında ana ekranda eklem açısını gösterir bir panel ve menülerin bulunması ve ayrıca eklem açısının değişimi ile oynanabilen üç adet oyun yazılması düşünüldü. Ana ekrandaki menüler doktorlar tarafından yapılan testler ışığında zenginleştirilmiş olup başlangıçta bu menü diz eklemine bağlı cihaz ile bağlantı kurma, gelen verilerin mobil cihaza kaydı ve cihaz kalibrasyonun gibi fonksiyonlara yönelik tasarlanmıştır.

Tasarlanan oyunlar ise, 1. Tuğla Patlatmaca, 2. Maceracı Uçak ve 3. Patlayan Top.

Öncelikli olarak dize bağlı cihaz ile mobil cihaz arasındaki haberleşme gerçekleştirilmiştir. Bluetooth cihazı ile Android cihaz arasında iletişimin kurulması ve iki yönlü veri transferinin sağlanması amaçlanmıştır. Dokümanın bu bölümünde bu amaçla işlenen metotlar; Bluetooth cihaz desteği ve durumu, eşleşme (pairing), cihazın bluetooth görünürlüğü, seri biçimde veri aktarımı ve alınması ile yazılımdaki implementasyon konuları ele alınacaktır.

Çalışmalarımızda Android Bluetooth API'si kullanılmıştır ve bu API ile aşağıdaki işlemler gerçekleştirilebilmektedir:

Diğer Bluetooth cihazlar için tarama, Daha önceden eşleştirilmiş cihazlar için sorgu oluşturma, RFCOMM kanalı oluşturma, Diğer cihazlara servis keşfi ile bağlanma, Diğer cihazlar ile veri transferi.

Bütün Bluetooth API'si android.bluetooth paketinde bulunmaktadır. Bu paket içerisinde kullanılan sınıflar ve ara yüzler:

BluetoothAdapter

BlutoothAdapter sınıfı bütün Bluetooth iletişimi için giriş noktasıdır, yerel Bluetooth adaptörünü(Bluetooth radyo) temsil eder. Bu sınıf kullanılarak diğer Bluetooth cihazları keşfedilebilir, daha önceden eşleştirilmiş cihazlar için sorgu yapılabilir, MAC adresi bilinen bir cihaza ulaşılabilir ve BluetoothServersocket'i oluşturularak diğer cihazların bağlanma istemleri dinlenmeye başlanabilir.

BluetoothDevice

BluetoothDevice sınıfı hem kodun yazılı olduğu hem de uzak Bluetooth cihazlarını temsil eder. Bu sınıf ile cihazdan gerekli bilgiler (ad, adres, bağlanma durumu, vb.) alınıabilir veya BlueoothSocket sınıfı vasıtası ile uzak bir cihaza bağlantı isteminde bulunulabilir.

BluetoothSocket

BluetoothSocket sınıfı, Bluetooth soketini (TCP soketine benzer şekilde) temsil eder. Bu sınıf bağlantı noktası olup uygulamanın diğer Bluetooth cihazları ile InputStream ve OutputStream sınıfları aracılığı ile veri iletişimini sağlar.

BluetoothServerSocket

Bu sınıf gelen bağlantı isteklerini dinleyen (TCP ServerSocket'ine benzer şekilde) açık sunucu soketini temsil eder. İki Android cihazı birbirine bağlayabilmek için sunucu soketi açılmalıdır. Bir cihaz sunucu soketi açık cihaza bağlantı isteğinde bulunduğunda BluetoothServerSocket'i sınıfı, bağlantı kabul edildiğinde BluetoothSocket sınıfı nesnesi döndürmektedir.

Bahsedilen API kullanılarak hazırlanan yazılımda sırası ile aşağıdaki adımlar takip edilmektedir:

Adım 1: Öncelikle Mobil Cihazın Bluetooth bağlantısı aktifleştirilir:

1 - İzinleri Ayarla

Blutooth izinleri AndroidManifest.xml dosyasından ayarlanmaktadır. android.permission.BLUETOOTH izni ile Bluetooth cihazlara bağlanma, android.permission.BLUETOOTH.ADMIN izni ile görünürlüğü açma, Bluetooth bağlantısını ayarladan aktif hale getirme istemi gibi işlevlere izin sağlanmaktadır.

```
<uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH"/>
<uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH_ADMIN"/>
```

2 - BluetoothAdapter sınıfı nesnesini oluşturma

BluetoothAdapter sınıfı uygulamanın tamamında kullanılacak adaptörü temsil eder. BluetoothAdapter sınıfının statik getDefaultAdapter() metodu kullanılarak bir nesnesi(instance) oluşturulur. Eğer cihazda Bluetooth desteği yok ise bu nesne ile tespit edilebilir.

```
BluetoothAdapter mBluetoothAdapter = BluetoothAdapter.getDefaultAdapter();
if(mBluetoothAdapter == null) {
        // Cihazın Bluetooth desteği olmadığı bir durum ortaya çıktı.
}
```

3 - Bluetooth Bağlantısını aktif hale getirme

Bluetooth bağlantısının aktif olup olmadığını kontrol etmek için BluetoothAdapter sınıfını isEnabled() metodu çağırılır. Eğer aktif değil ise sonuç istemi ile Intent sınıfı nesnesi aracılığı ile yeni bir aktivite başlatılır. Bu aktivite cihazını Bluetooth ayarlarını gösterir.

```
if (!mBluetoothAdapter.isEnabled()) {
        Intent enableBtIntent = new Intent(BluetoothAdapter.ACTION_REQUEST_ENABLE);
        startActivityForResult(enableBtIntent, REQUEST_ENABLE_BT);
}
```

Bu aktivite sonucunda onActivityResult() metodu çağırılır.

```
@Override
protected void onActivityResult(int requestCode, int resultCode, Intent data) {
super.onActivityResult(requestCode, resultCode, data);

        if (requestCode == REQUEST_ENABLE_BT && resultCode == RESULT_OK) {
                isBluetoothOn = true;
        }
}
```

Eğer sonuç olumlu dönmüş, resultCode değişkeni ***RESULT_OK*** sabitine eşit, ise Bluetooth bağlantısı aktif hale getirilmiştir. Burada bunu sisteme bildirmek için Boolean türünde isBluetoothOn değişkeni kullanılmıştır.

Adım 2: Bluetooth cihazını bulma:

1 - Daha önceden eşleşmiş cihazları bulma

Eğer daha önceden bir şekilde eşleşmiş bir cihaz mevcut ise o cihaza BluetoothAdapter sınıfı ile ulaşulabilir.

```
private void getPairedDevices() {

Set<BluetoothDevice> mAvailableDevices = mBluetoothAdapter.getBondedDevices();

      if (mAvailableDevices != null && mAvailableDevices.size() > 0) {
            for (BluetoothDevice device : mAvailableDevices) {
                //Add paired devices to array adapter
                mArrayAdapter.add(device.getName() + "\n" + device.getAddress());
            }
      }
}
```

2 - Görülebilen Bluetooth cihazlarını bulma

Cihaz arama işlemi BluetoothAdapter sınıfının nesnesine ait startDiscovery() metodu ile gerçekleştirilir. Bu metot standart olarak12 saniye boyunca mevcut cihazları arar.

```
mBluetoothAdapter.startDiscovery();
// Cihaz hareketlerini dinlemek için BroadcastRecevier oluştur
private final BroadcastReceiver mReceiver = new BroadcastReceiver() {

    public void onReceive(Context context, Intent intent) {
        String action = intent.getAction();

          // Yeni bir cihaz bulunduğunda
        if (BluetoothDevice.ACTION_FOUND.equals(action)) {
            // Get the BluetoothDevice object from the Intent
            BluetoothDevice                          device                          =
intent.getParcelableExtra(BluetoothDevice.EXTRA_DEVICE);
            // Bulunan cihazın adını ve adresini ArrayAdapter'e ekle
            mArrayAdapter.add(device.getName() + "\n" + device.getAddress());
        }
    }
};

// BroadCastReceiver'ı kaydet.(register)
IntentFilter filter = new IntentFilter(BluetoothDevice.ACTION_FOUND);
registerReceiver(mReceiver, filter);
// BroadcastReceiver kaydı onDestroy metodunda silinmeli
```

Eğer cihaz bulunursa BluetoothDevice.ACTION_FOUND, cihaz bulundu bayrağı tetiklenir. Bu ve cihazın farklı durumlarını dinlemek için BroadcastReceiver kullanılmaktadır. BroadcastReceiver içerisinde bu bulunan cihaz için BluetoothDevice sınıfından bir nesne

oluşturulur ve cihazın özellikleri bu nesneye aktarılır. Bulunan cihaz bulunan cihaz olarak listelenmiş olur.

3 - Cihazı diğer cihazlar tarafından görülebilir hale getirme

Eğer cihaz görünür durumda değilse mevcut cihazı görünür hale getirmek için BluetoothAdapter.SCAN_MODE_CONNECTABLE_DISCOVERABLE bayrağı, yani cihazın görünür durumda olup olmadığı kontrol edilir. Eğer görünür halde değilse görünürlük açma işlemi için Intent oluşturulur ve BluetoothAdapter.***ACTION_REQUEST_DISCOVERABLE*** bayrağı ile 300 saniye zaman aşımlı cihaz görülebilirlik isteği kullanıcıya iletilir.

```
protected void ensureDiscoverable() {
      if                    (mBluetoothAdapter.getScanMode()                    !=
BluetoothAdapter.SCAN_MODE_CONNECTABLE_DISCOVERABLE) {
            Intent            discoverableIntent            =            new
Intent(BluetoothAdapter.ACTION_REQUEST_DISCOVERABLE);
            discoverableIntent.putExtra(BluetoothAdapter
                        .EXTRA_DISCOVERABLE_DURATION, 300);
            startActivity(discoverableIntent);
      }
}
```

Adım 3: Bluetooth cihazlarını birbirine bağlama:

1 - Sunucu oluşturma ve Bluetooth istemcilerini dinleme

İki cihazı bağlamak için en cihazlardan biri sunucu gibi davranmalı ve BluetoothServerSocket'i açmalıdır. Bu sunucu soketinin amacı sunucuya gelecek bağlantı isteklerini dinlemek, istek kabul edildiği takdirde BluetoothSocket'i oluşturmalıdır. Bluetooth soketi oluşturulduğunda BluetoothServerSocket nesnesi sonlandırılmalıdır.

Sunucu oluşturmak için gerekli adımlar:

- BluetoothAdapter sınıfının listenUsingRfcommWithServiceRecord(String, UUID) metodunu çağırarak BluetoothServerSocket'I oluşturmak.
- accetpt() metotu çağırılarak dinlemeye başlamak. Bu cağırıldığı Thread'I kilitleyen bir metottur. Bu yüzden ya olumlu ya da hata döndürerek sona erer. Bağlantı, istemci sunucu ile aynı UUID'ye(128 bitlik şifreleme) sahip bir istek göndermişse sağlanır. Başarılı olduğunda accept() metodu BluetoothSocket'I döndürür, bu metod kilitleyen bir metod olduğundan dolayı cihazın ANR(uygulama cevap vermiyor) hatası vermemesi için farklı bir Thread içersinde çalıştırılmalıdr.
- Close() metodu ile sunucu soketini kapatmak

```
public class AcceptThread extends Thread {
    private final BluetoothServerSocket mmServerSocket;

    public AcceptThread() {

        BluetoothServerSocket tmp = null;
```

```
        try {
            //   MY_UUID   sunucu   ve   istemici   tarafından   kullanılan   şifre
             tmp = mBluetoothAdapter
                        .listenUsingRfcommWithServiceRecord(NAME, MY_UUID);
        } catch (IOException e) { }
        mmServerSocket = tmp;
    }

    public void run() {
        BluetoothSocket socket = null;
        // Hata olana ya da BluetoothSocket'i dönüdürülene kadar dinlemeye devam
        while (true) {
            try {
                socket = mmServerSocket.accept();
            } catch (IOException e) {
                break;
            }
            // If a connection was accepted
            if (socket != null) {
                // Do work to manage the connection (in a separate thread)
                manageConnectedSocket(socket);
                mmServerSocket.close();
                break;
            }
        }
    }

    /** Soketi dinlemeyi bitirip Thread'i sonlandırır*/
    public void cancel() {
        try {
            mmServerSocket.close();
        } catch (IOException e) { }
    }
}
```

2 - İstemci olarak bağlanma

Uzak bir cihaza (açık soket bulunduran cihaz) bağlanmak için öncelikle BlueTooth sınıfı nesnesi ile bu cihaza ulaşmak gerekir. Ardından BluetoothDevice sınıfı ile Bluetooth soketine ulaşılarak bağlantı isteği başlatılır.

İstemci olarak bağlanmak için adımlar:

- BluetootthDevice sınıfı nesnesi (bağlanılmak istenilen cihaz) sınıfın createRfcommSocketToServiceRecord(UUID) metodu kullanarak, BluetoothSocket, bağlanma isteği oluşturmak. Bu metoda argüman olrak aktarılan UUID, sunucu oluşturuken oluşturulan ile eşleşmelidir.
- Elde edilen BluetoothSocket nesnesinin connect() metodunu kullanarak bağlanma isteğinde bulunmak. connect() metodu ile bağlanılmak istenilen cihaz ile isteği gönderen cihazın UUID'leri eşleşmeleri durumunda ve Service Discovery Protocol sonucunda sunucu bağlantıyı kabul eder. Bağlantı sırasında aynı RFCOMM kanalı

kullanılır, connect() metodu kilitleyici bir metottur. Herhangi bir nedenle bağlantı kurulamaz ise 12sn kadar sonra zaman aşımı olur ve hata oluşur. İstemci bağlanma işlemleri de farklı bir Thread içerisinde gerçekleştirilmelidir. Ayrıca cihaz bağlantı isteminde bulunurken cihaz, diğer cihazlar için arama yapıyorsa (BluetoothAdapter'in startDiscovery() metodu) bu arama iptal edilmelidir zira arama yapma bant genişliğini azaltmaktadır.

```
public class ConnectThread extends Thread {
    private final BluetoothSocket mmSocket;
    private final BluetoothDevice mmDevice;

    public ConnectThread(BluetoothDevice device) {

        BluetoothSocket tmp = null;
        mmDevice = device;
        // Bağlanmak istenilen cihazdan BluetoothSocket'i al
        try {
            // MY_UUID hem istemcinin hem de sunucun 128-bitlik şifresi
            tmp = device.createRfcommSocketToServiceRecord(MY_UUID);
        } catch (IOException e) { }
        mmSocket = tmp;
    }

    public void run() {
        // Cihaz aramayı iptal et zira bu bağlantı hızını düşürür
        mBluetoothAdapter.cancelDiscovery();
        try {
            // Soket ile istenilen cihaza bağlan. Bu kilitleyen bir metottur.
            // Bağlantı başarılı olana ya da hata dönene kadar devam eder.
            mmSocket.connect();
        } catch (IOException connectException) {
            // Unable to connect; close the socket and get out
            try {
                mmSocket.close();
            } catch (IOException closeException) { }
            return;
        }

        // Bağlantı başarılı, dönen soketi başka bir Thread'a gönder, açık soket
       // ile veri transferi gerçekleştir
        manageConnectedSocket(mmSocket);
    }

    /** Will cancel an in-progress connection, and close the socket */
    public void cancel() {
        try {
            mmSocket.close();
        } catch (IOException e) { }
    }
}
```

3 - Açık olan soket ile veri transferi gerçekleştirme

Cihazlar arasında bağlantı kurulduğunda her birinde de bir adet açık BluetoothSocket bulunmaktadır. Bu soket aracılığı ile veri yazma/okuma işlemleri ayrı bir Thread içerisinde gerçekleştirilmektedir.

```
public class ConnectedThread extends Thread {
    private final BluetoothSocket mmSocket;
    private final InputStream mmInStream;
    private final OutputStream mmOutStream;

    public ConnectedThread(BluetoothSocket socket) {
        mmSocket = socket;
        InputStream tmpIn = null;
        OutputStream tmpOut = null;

        // Get the input and output streams, using temp objects because
        // member streams are final
        try {
            tmpIn = socket.getInputStream();
            tmpOut = socket.getOutputStream();
        } catch (IOException e) { }
        mmInStream = tmpIn;
        mmOutStream = tmpOut;
    }
    public void run() {
        byte[] buffer = new byte[1024];  // buffer store for the stream
        int bytes; // bytes returned from read()

        // Keep listening to the InputStream until an exception occurs
        while (true) {
            try {
                // Read from the InputStream
                bytes = mmInStream.read(buffer);
                // Send the obtained bytes to the UI activity
                mHandler.obtainMessage(MESSAGE_READ, bytes, -1, buffer)
                        .sendToTarget();
            } catch (IOException e) {
                break;
            }
        }
    }
    /* Call this from the main activity to send data to the remote device */
    public void write(byte[] bytes) {
        try {
            mmOutStream.write(bytes);
        } catch (IOException e) { }
    }

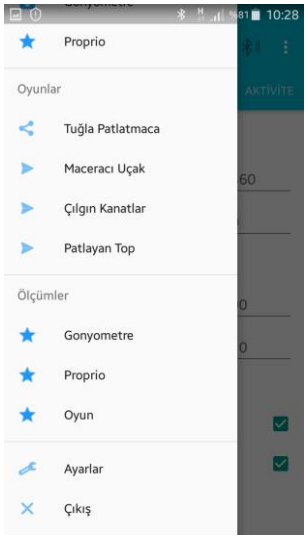
    /* Call this from the main activity to shutdown the connection */
    public void cancel() {
        try {
            mmSocket.close();
        } catch (IOException e) { }
    }
}
```

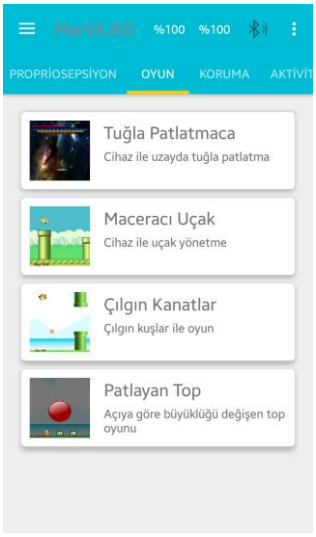
Veri transferi için gerekli adımlar:

- Soket aracılığıyla veri almak için getInputStream metodu ile InputStream, veri göndermek için getOutputStream() metodu ile OutputStream açmak.
- Veriyi read(byte[]) ile okumak ve write(byte[]) metodu ile yazmak.

Bağlantı kurulduktan sonra oluştrulan Thread constructoru içerisinde soketten yazma ve okuma bağlantıları oluşturulduktan sonra Thread içerisinde sürekli olarak okuma ve bu okunan bilgi Handler sınıfı nesnesi aracılığı ile ana Thread'e(ana ekran Thread'i) gönderilmektedir read(byte[]) metodu kilitleyen bir metot olduğu için ana Thread'ten farklı bir Thread içerisinde çalıştırılması gerekmektedir. Okuma-yazma işlemleri için oluşturulan bu Thread içerisindeki write(byte[]) metodu ile cihazdan, bağlantı kurulan cihaza, istenilen aktivite içinden veri göndermek mümkün olmaktadır.

Açı verileri saniyede yukarıda bahsedilen API ve yukarıda verilen fonksiyonlar kullanılarak saniyede 100 defa okunmaktadır. Okunan bu açı değerine göre ana ekrandaki panel sürekli güncellenir. Okunan açı bilgi aynı zamanda oyunları oynamak için de kullanılacaktır. Maceracı uçak adlı oyun, açı değeri kullanılarak uçağın yüksekliğinin ayarlandığı ve bu sayede uçağın karşılaştığı engellerden kaçması prensibine dayanan bir oyundur. Top patlatmaca, ayak düz olduğu sürece (eklem açısı 180 dereceye yeterince yakın) balon havası inmekte aksi halde şişmekte ve bir süre sonra patlamaktadır. Balonun patlamadan geçtiği sürenin uzunluğu skoru arttırmaktadır. 3. Tuğla patlatmaca, yaygın olarak bilinen space hunter oyunu örnek alınmıştır. Eklem açısı topu yakalayan platformun konumunu kontrol etmektedir. Giriş ekranı, menüler ve otunların nihai hallerine ilişkin ekran görüntüleri “Ekran Görüntüleri 1-15” ile verilmiştir. Bu bölümde oyunlar ve nasıl ortaya çıkarıldıkları anlatılacak ve ilgili yazılımlar ve ilgili yazılım akış şemaları verilecektir.



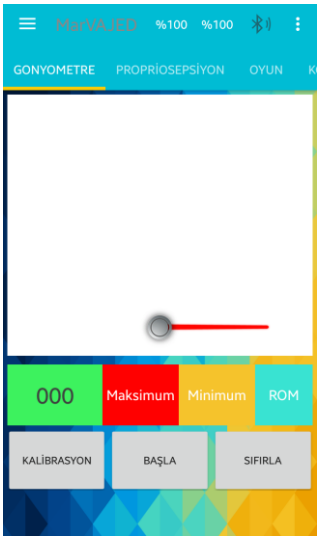




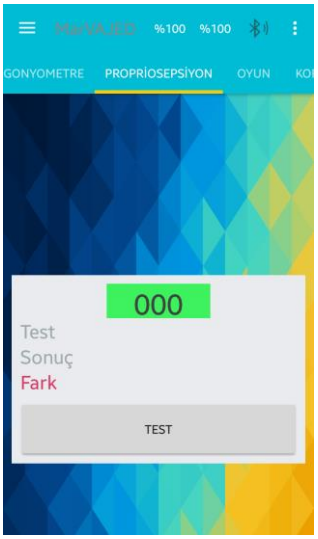
Ekran Görüntüsü 1. Ana Menü (Solda)

Ekran Görüntüsü 2. Oyun Menüsü (Ortada)

Ekran Görüntüsü 3. Oyun Başlangıç Menüsü (Sağda)





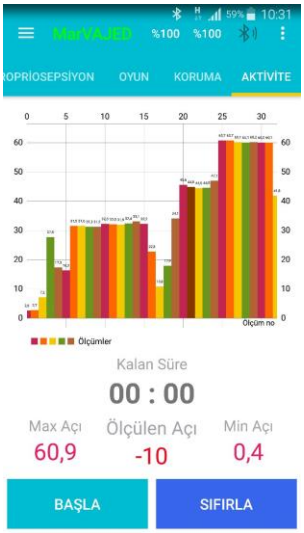


Ekran Görüntüsü 4. Gonyometre ekranı (Solda, ilk tasarım)

Ekran Görüntüsü 5. Gonyometre ekranı (Ortada, son tasarım)

Ekran Görüntüsü 6. Propriyosepsiyon ekranı (Sağda)

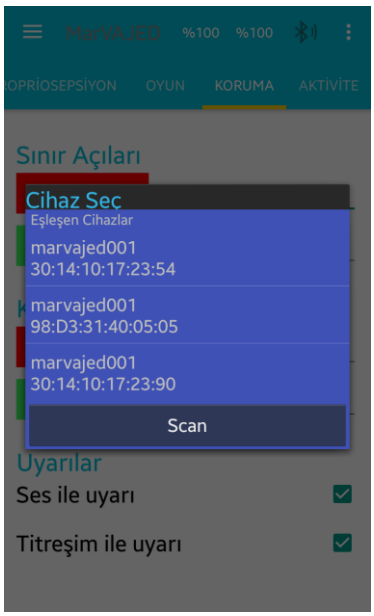




Ekran Görüntüsü 7. Koruma ekranı (Solda)

Ekran Görüntüsü 8. Aktivite ekranı (Sağda)





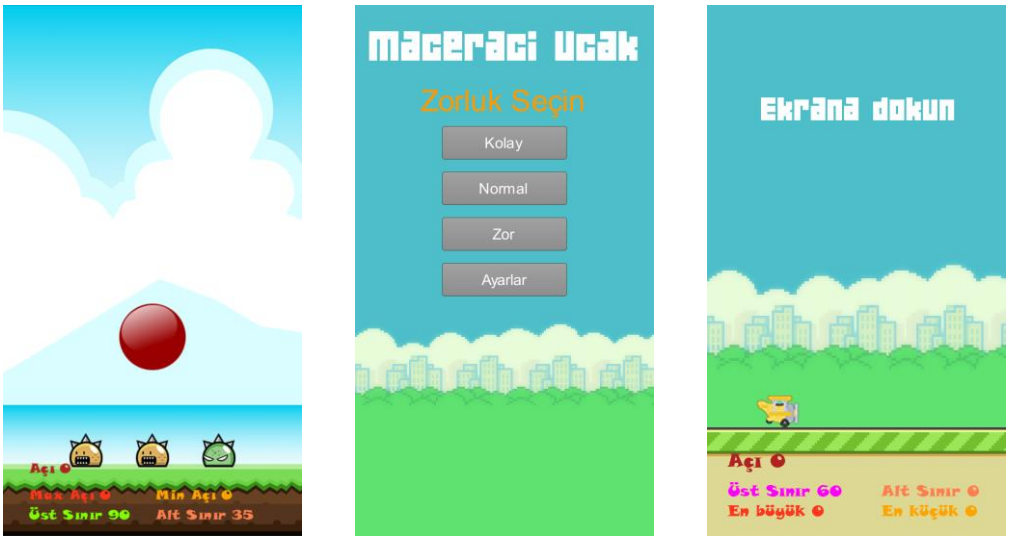
Ekran Görüntüsü 9. Oyun ayar ekranı (Solda)

Ekran Görüntüsü 10. Mobil cihaz bağlantı ekranı (Sağda)



Ekran Görüntüsü 11. Çılgın Kanatlar ekranı (Başlangıç, solda)

Ekran Görüntüsü 12. Çılgın Kanatlar ekranı (Oyun esnasında, sağda)



Ekran Görüntüsü 13. Patlayan Top ekranı (solda),

Ekran Görüntüsü 14. Maceracı Uçak zorluk derecesi seçim ekranı (ortada)

Ekran Görüntüsü 15. Maceracı Uçak başlangıç ekranı (sağda)

Oyunların Bluetooth Cihazı ile Kontrolü

Bluetooth cihazından gelen açı değeri GameControllerAngleReceiver sınıfı ile alınıp bu sınıf içerisnden, bu sınıfın bir nesnesine(instance) sahip oyunlara aktarılmaktadır. Bu sınıf ayrıca verinin DatabaseManager sınıfı nesnesi ile veri tabanına kaydedilmesi ve açı değerinin sınır değerler dışına çıkması durumunda sesli ve titreşimli uyarıları gönderen AngleAlertManager_sınıfı nesnesi ile bu uyarıları kontrol etmektetir.

```
/**
 * This class gets angle values, if used sets x and y values and returns them.
 * Also manages alerts used inside games, and executes alerts
 * </br> This class is used by <b>Games, and AnimationAngle</b> class.
 * @author Fatih
 *
 */
public class GameControllerAngleReceiver extends InputAdapter implements
Handler.Callback, OnAngleValueChangeListener {

	private static final String TAG =
GameControllerAngleReceiver.class.getSimpleName();

	// Angle values
	private int angle = 0;
	private double angleDouble = 0.0d;

	private Context mContext;

	// Database manger to save values to database
	private long timeDatabaseSave = 0;
	private DatabaseManager mDatabaseManager;
	private static AngleAlertManager mAngleAlertsManager;

	/**
	 * Use this constructor from games to be able to use handler callback
	 *
	 * @param context
	 *            context of the activity that started this game
	 * @param isHandlerUsed
	 */
	public GameControllerAngleReceiver(Context context, boolean isHandlerUsed)
{

		if (isHandlerUsed) {
			((MyApplication)
(context).getApplicationContext()).setCallback(this);
			mContext = context;
			// Database
			mDatabaseManager =
DatabaseManager.getDatabaseManager(context);
			mDatabaseManager.openDatabase();
			// Angle alerts
			mAngleAlertsManager = new AngleAlertManager(mContext);
		}
		Log.w(TAG, "mContext: " + mContext);

	}

	/**
	 * Use this constructor to obtain callback of MainActivity Used in angle
	 * measure fragment's AnimationAngle class
	 *
	 * @param context
	 *            context of MainActivity
```

```
	 */
	public GameControllerAngleReceiver(Context context) {
		((MainActivity) context).registerOnAngleValueChangeListener(this);
//		System.out.println("ControllerAngleReceiver constructor");
		mContext = context;
		// Angle alerts
		mAngleAlertsManager = new AngleAlertManager(mContext);
		// Database
		mDatabaseManager =
DatabaseManager.getDatabaseManager(MadBirdSquad.mContext);
		mDatabaseManager.openDatabase();
	}

	public void unRegisterController() {
		((MainActivity) mContext).unRegisterOnAngleValueChangeListener(this);
//		System.out.println("ControllerAngleReceiver
unRegisterOnAngleValueChangeListener()");
	}

	public boolean isBluetoothOn() {
		return MainActivity.isBluetoothConnected;
	}
	public int getAngleInt() {
		return angle;
	}

	public double getAngleDouble() {
		return angleDouble;
	}

	private void getAngleValue(double data) {
		angleDouble = data;
		angle = (int) data;
		checkGameAngleAlert();
	}

	/**
	 * Write the values to the database
	 *
	 * @author Fatih
	 * @param gameName
	 *            name of the game
	 * @param angle
	 *            current angle
	 * @param angleMax
	 *            biggest angle value since the start
	 * @param angleMin
	 *            lowest angle value since the start
	 */
	public void writeMeasureToDatabase(String gameName, double angle, double
angleMax, double angleMin) {

		if (System.currentTimeMillis() - timeDatabaseSave > 10000 && angleMax
>= angleMin) {
			mDatabaseManager.addMeasureGame(gameName,	angleDouble,
angleMax, angleMin);
			timeDatabaseSave = System.currentTimeMillis();
```

```
		}
	}

	// ******** SOUND AND VIBRATION ALERTS ********
	private void checkGameAngleAlert() {
		mAngleAlertsManager.checkGameAngleAlert(angle);
	}

	/**
	 * Cancel angle alerts in games in dispose() method of GameScreen and class
	 * that extends Game
	 *
	 * @author Fatih
	 */
	public static void cancelAngleAlerts() {
		mAngleAlertsManager.cancelAngleAlerts();
	}

	public static void setAngleAlerts(boolean isVibrationOn, boolean
isSoundAlertOn, double angleProtectionMax,
			double angleProtectionMin) {
		mAngleAlertsManager.setGameAngleAlerts(isVibrationOn, isSoundAlertOn,
angleProtectionMax, angleProtectionMin);
	}

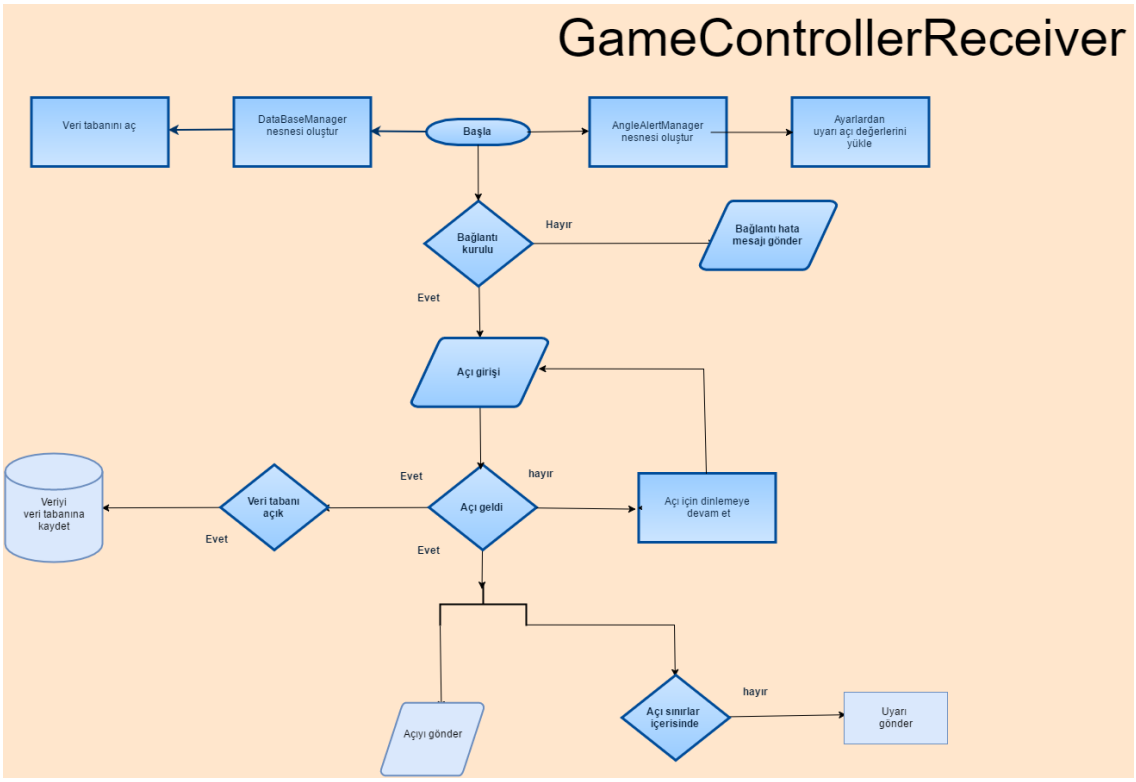
	// +++++++++++++++++ CALLBACK METHOD VARIATIONS +++++++++++++++++

	// Use this if Handler.Callback is implemented
	@Override
	public boolean handleMessage(Message msg) {
		switch (msg.what) {
		// Read and Write operations
		case Constants.MESSAGE_READ:
			getAngleValue((Double) msg.obj);
			break;
		case Constants.MESSAGE_SERVICE_CONNECT_LOST:

			// Change bluetooth text in MainActivity if connection is lost
			MainActivity.isBluetoothConnected = false;

		}
		return true;
	}

	// Use this if MainActivity Callback is implemented
	@Override
	public void onDataChanged(double angle) {
		getAngleValue(angle);
	}
}
```



GameControllerReceiver Sınıfı Akış Diyagramı

Oyunlardan Alınan Verinin Veri Tabanına Kaydedilmesi

Oyunlardan elde edilen açı değerleri GameControllerAngleReceiver sınıfının sahip olduğu DatabaseManager sınıfı nesnesi ile yapılmaktadır.

Bu sınıf sunucusuz veri tabanı motoru olan SQLite kullanmaktadır. DatabaseOpenHelper sınıfı nesnesi ile TableConstants sınıfında bulunanan veri tabanı yargıları ile,CRUD(Create, Read, Update, Delete) işlemlerini gerçekleştirmektedir. DatabaseManager sınıfının birden çok nesnesi oluşturulmaması için Singleton Şablonu(Pattern) kullanılmıştır.

```
private AtomicInteger mOpenCounter = new AtomicInteger();

private static DatabaseManager instance;
private static SQLiteOpenHelper mDatabaseHelper;
private SQLiteDatabase mDatabase;
public static synchronized DatabaseManager getDatabaseManager(SQLiteOpenHelper
helper) {
            if (instance == null) {
                  instance = new DatabaseManager();
                  mDatabaseHelper = helper;
            }
            return instance;
      }

      public static synchronized DatabaseManager getDatabaseManager(Context
context) {
```

```
            if (instance == null) {
                  instance = new DatabaseManager();
                  mDatabaseHelper = new
DatabaseOpenHelper(context.getApplicationContext());
            }

            return instance;
      }
```

Singleton Şablonu ile `DatabaseManager` sınıfı nesnesi oluşturmayı sağlayan constructorlar.

Veri tabanındaki tablolara eş zamanlı ulaşımda kilitleme yapmak için Java'nın senkron(`synchronized`) metodları ile veri tabanı açma ve kapama işlemeleri yapılmaktadır.

```
/**
       * Get a writable database
       */
      public synchronized SQLiteDatabase openDatabase() {
            if (mOpenCounter.incrementAndGet() == 1) {
                  // Opening new database
                  mDatabase = mDatabaseHelper.getWritableDatabase();
                  // System.out.println("DataBaseManager: Database Opened");
            } else {
                  //    System.out.println("DataBaseManager:    Database    Already
Open");
            }
            return mDatabase;
      }

      public synchronized void closeDatabase() {
            if (mOpenCounter.decrementAndGet() == 0) {
                  // Closing database
                  mDatabase.close();
                  // System.out.println("DataBaseManager: Database Closed");
            } else {
                  //    System.out.println("DataBaseManager:    Database    is    NOT
Closed");
            }
      }
```

Oyunlar

Oyun Materyalleri

Oyunlar için kullanılan materyallerin çoğu Google üzerinden çeşitli sitelerden serbest kullanılabilir lisanlı ve ücretsiz içerikten oluşmaktadır. Materyallerin bir bölümü ise Adobe Photoshop ve Adobe Illustrator programı kullanılarak oluşturulmuştur. Oyun fontları da tamamen serbest kullanılabilir lisanslı fontlardan oluşmaktadır.

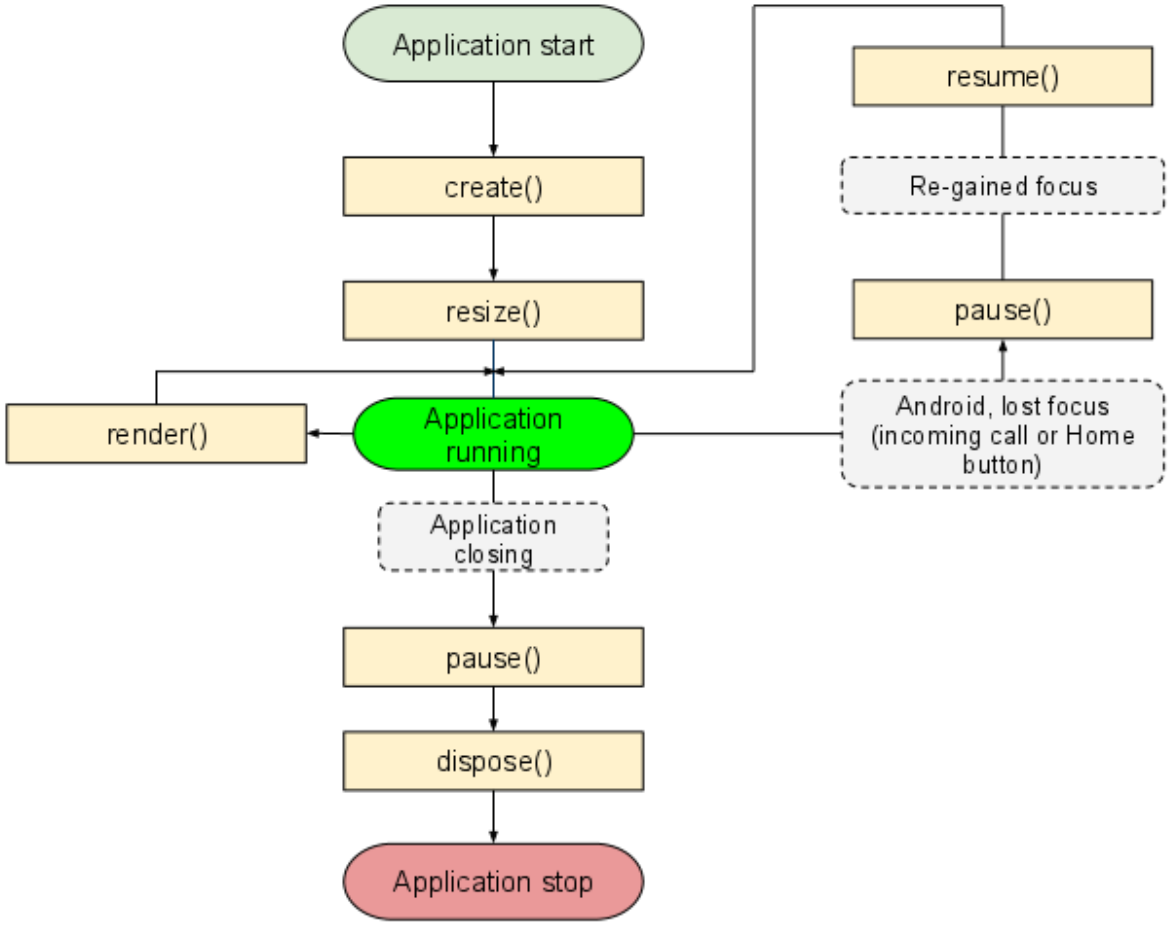
Oyun Motoru

Oyunlar multi-platform destekli LibGDX framemork'ünü kullanmaktadır. Java tabanlı bu framework, Android, IOS, masaüstü platformlarda oyun oluşturmaya izin vermektedir.

Maceracı Uçak

Flappy Bird adlı oyunu temel alarak oluşturulmuş bir oyundur. Bu oyunda açı değeri aralığı (Azami ve asgari açı değerleri arası) ekrandaki oynanabilir dikey aralığa tekabül eder. Her açı değeri için yer kısmını oluşturan kısımdan değer kadar piksel yukarı yönlü dikey hareket eder. Amaç kullanıcının kullandığı uçağa doğru gelmekte olan borulardan kaçarak sayı almaktır.

Diğer oyunlarda da olduğu gibi LibGDX framework'ünün ApplicationAdapter sınıfını extend eden bir sınıf, FlappyBirdGame, ile oyun çalıştırılmaktadır. FlappyBirdGame sınıfı içerisinde oyunun çözünürlüğü, ekrana çizim yapmayı sağlayan SpriteBatch sınıfı nesnesi ve bu oyunu başlatan aktiviteye ait Context sınıfı nesnesi ile GameControllerAngleReceiver sınıfı ile açı transferi yapabilmektedir. Ayrıca oyun ekranlarını çalıştırıp sonlandırmayı kontrol eden GameScreenManager sınıfı nesnesi bulunmaktadır. ApplicationAdapter sınıf create(), show() metodları ardından oyun sonlandırılana kadare render() metdounu çağırmaktadır. Öncelikle oyunun güncellenmesi ardından da güncellenen konum ve nesne durumları verilerine göre ekrana çizdirme işlemi gerçekleştirilmektedir.



LibGDX metodları döngüsü

```
public class FlappyBirdGame extends ApplicationAdapter {

	public static final int WIDTH = 480;
	public static final int HEIGHT = 800;
	public static final String TITLE = "Maceracı Uçak";
	public static SpriteBatch batch;
	public static Context mContext;
	public static GameControllerAngleReceiver controller;
	private GameScreenManager mGameStateManager;
	// private float beginTime = 0;

	public FlappyBirdGame(Context context) {
		mContext = context;
		controller = new GameControllerAngleReceiver(FlappyBirdGame.mContext,
true);
	}

	@Override
	public void create() {
		batch = new SpriteBatch();
```

```
		Settings.initializeSettings();
		AssetLoaderFlappy.load();
		/*
		 * Game considers Android back button as an input
		 */
		Gdx.input.setCatchBackKey(true);
		mGameStateManager = new GameScreenManager();
		mGameStateManager.push(new MenuScreenFlappy(mGameStateManager));

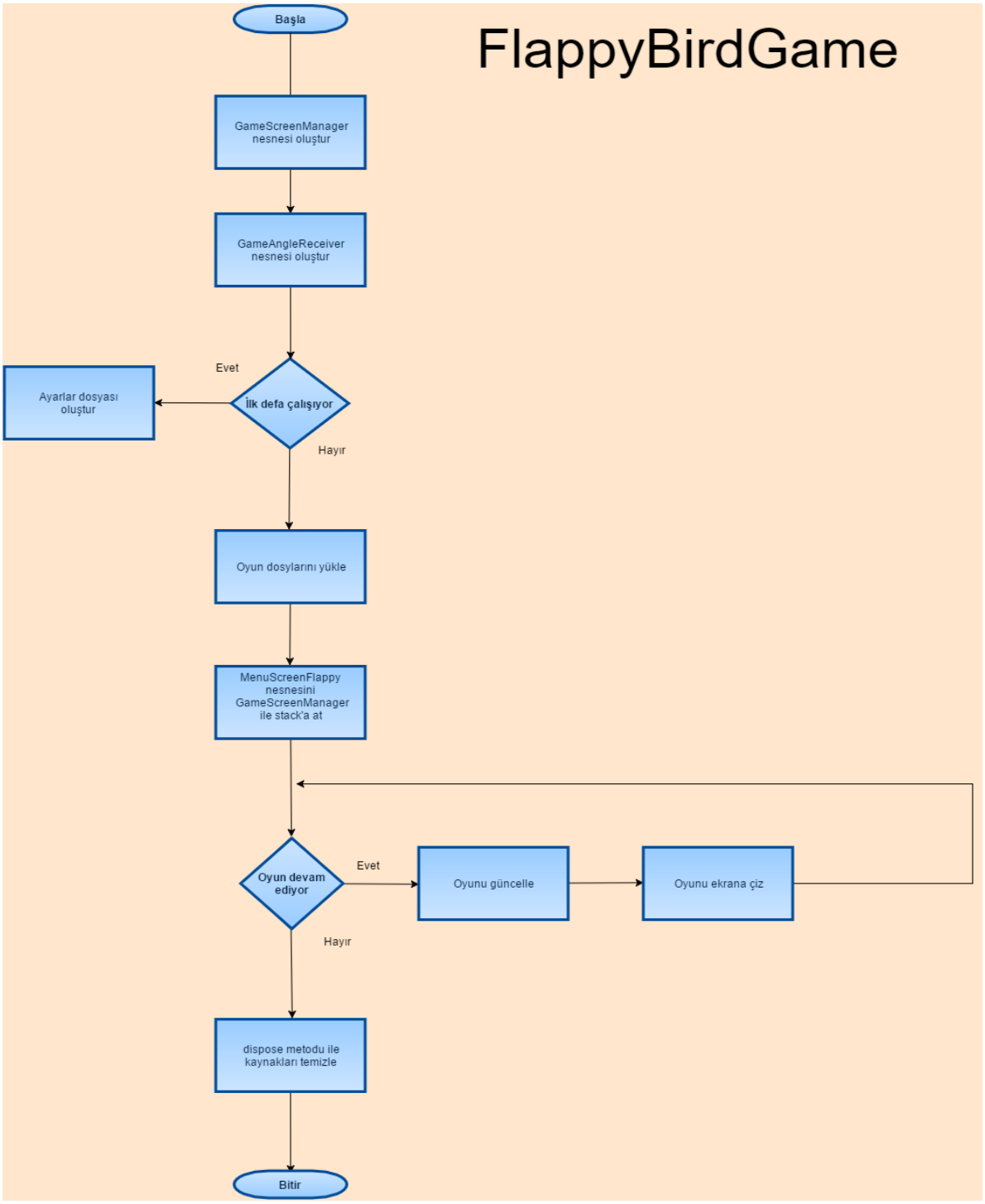
		Gdx.gl.glClearColor(1, 0, 0, 1);

	}

	@Override
	public void render() {
		// beginTime = System.nanoTime();
		Gdx.gl.glClear(GL20.GL_COLOR_BUFFER_BIT);
		mGameStateManager.update(Gdx.graphics.getDeltaTime());
		mGameStateManager.render(batch);
		// Gdx.app.log(TITLE, "FPS: " + Gdx.graphics.getFramesPerSecond());
	}

	@Override
	public void dispose() {
		super.dispose();
		batch.dispose();
		AssetLoaderFlappy.dispose();
		// TODO Cancel angle based alerts
		GameControllerAngleReceiver.cancelAngleAlerts();
		((MyApplication)
(FlappyBirdGame.mContext).getApplicationContext()).setCallback(null);
		System.out.println("FlappyBirdGame dispose()");
	}
}
```

crate()_metodu_içerisinde_mGameStateManager.push(newMenuScreenFlappy(mGameStateManager)); satırı ile oyun ilk ekranı olan ana ekrana geçmektedir.



FlappyBirdGame (Maceracı Uçak) akış şeması

Ana Menü Ekranı

Ana ekranda görünen düğmeler oluşturma ve bu düğmelere basılınca tepki vermesini sağlayan dinleyiciler eklenmektedir. Oyunun ayarları xml dosyasına kaydedilmektedir ve bu ana ekranda ayarlar bu dosyalardan yüklenmektedir. Oyunun ana ekran müziği mevcutsa bu ekranda çalmaya başlar ve ana ekran görselleri ekrana çizdirilir.

```
public class MenuScreenFlappy extends Screen {
```

```
	protected static final String TAG = MenuScreenFlappy.class.getSimpleName();
	private Stage stage;
	private Skin skin;
	private Table table;
	private TextButton buttonEasy, buttonNormal, buttonHard, buttonSettings;
	private Label labelGameName, labelDifficulty;

	Texture background;
	// Sprite playBtn;
	public static int difficulty = 1;
	// private ShapeRenderer shape;

	public MenuScreenFlappy(GameScreenManager gsm) {
		super(gsm);
		// shape = new ShapeRenderer();
		// shape.setColor(Color.YELLOW);
		background = new Texture("flappybird/images/bg.png");
		// playBtn = new Sprite(new Texture("playbtn.png"));
		cam.setToOrtho(false, FlappyBirdGame.WIDTH, FlappyBirdGame.HEIGHT);
		createTableMenu();
		loadSettings();
		Gdx.input.setInputProcessor(stage);
		AssetLoaderFlappy.playMusic(AssetLoaderFlappy.musicTheme);

	}

	@Override
	public void handleInput() {
		/*
		 * backbutton is pressed
		 */
		if (Gdx.input.isKeyJustPressed(Keys.BACK) ||
(Gdx.input.isKeyJustPressed(Keys.ESCAPE))) {
			Gdx.app.exit();
		}
	}

	@Override
	public void update(float dt) {
		handleInput();
		cam.update();
	}

	@Override
	public void render(SpriteBatch sb) {
		sb.setProjectionMatrix(cam.combined);
		sb.begin();
		sb.draw(background, 0, 0, FlappyBirdGame.WIDTH,
FlappyBirdGame.HEIGHT);
		sb.end();
		stage.getBatch().begin();
		stage.getBatch().end();
		stage.draw();
	}

	@Override
```

```
	public void dispose() {
		stage.dispose();
		skin.dispose();
		background.dispose();
		// playBtn.getTexture().dispose();
		System.out.println("Menu Screen dispose()");
	}

	private void createTableMenu() {
		skin = new Skin(Gdx.files.internal("uiskin.json"));
		stage = new Stage(new ScreenViewport(), FlappyBirdGame.batch);
		// Table, buttons, and dialogs
		table = new Table(skin).align(Align.top | Align.center);
		table.setWidth((stage.getWidth()));
		// controls added to the table will be placed to center and top
		table.setPosition(0, stage.getHeight() - 50);

		// Create Labels
		labelGameName = new Label("Maceraci Ucak", skin, "large-xx-fleppy");
		labelDifficulty = new Label("Zorluk Seçin", skin, "large-orange");
		// create buttons
		buttonEasy = new TextButton("Kolay", skin, "main-button");
		buttonNormal = new TextButton("Normal", skin, "main-button");
		buttonHard = new TextButton("Zor", skin, "main-button");
		buttonSettings = new TextButton("Ayarlar", skin, "main-button");

		// add labels to the table
		table.add(labelGameName).padBottom(40);
		table.row();
		table.add(labelDifficulty).padBottom(20);
		table.row();
		// add buttons to the table and add 20px padding to botom
		table.add(buttonEasy).padBottom(30).width(300).height(80);
		// add row to the table
		table.row();
		table.add(buttonNormal).padBottom(30).width(300).height(80);
		table.row();
		table.add(buttonHard).padBottom(30).width(300).height(80);
		table.row();
		table.add(buttonSettings).padBottom(40).width(300).height(80);
		table.row();
		// Set debug lines on/off
		// table.setDebug(true);
		stage.addActor(table);
		Gdx.input.setInputProcessor(stage);

		// Add listeners to buttons
		addListenersToButtons();
	}

	private void addListenersToButtons() {

		buttonEasy.addListener(new InputListener() {
			@Override
			public boolean touchDown(InputEvent event, float x, float y,
int pointer, int button) {
				difficulty = 1;
```

```
		AssetLoaderFlappy.playSound(AssetLoaderFlappy.soundClick);
                        gsm.set(new GameScreenFlappy(gsm));
                        return true;
                }

        });

        buttonNormal.addListener(new InputListener() {
                @Override
                public boolean touchDown(InputEvent event, float x, float y,
int pointer, int button) {
                        difficulty = 2;

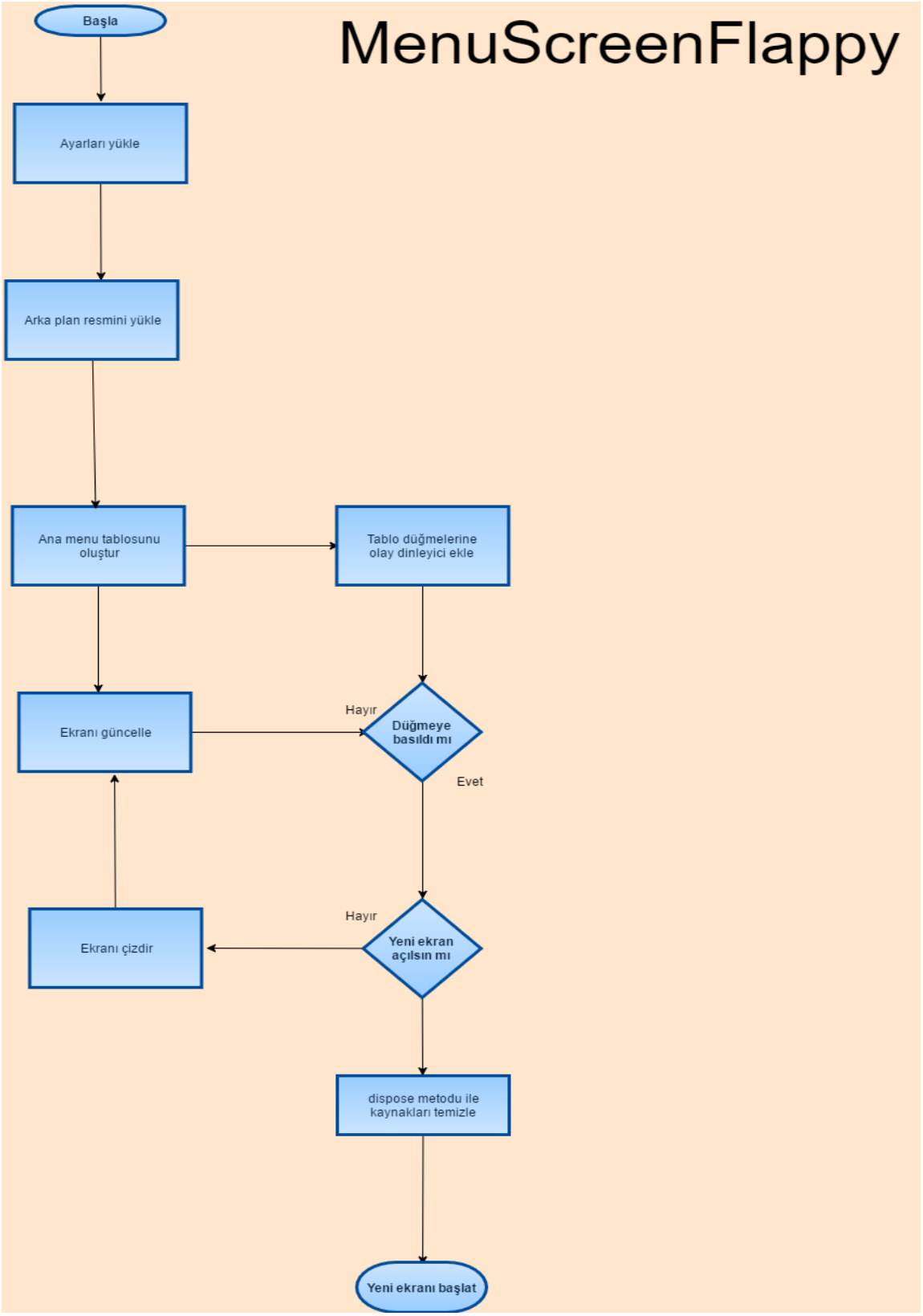
		AssetLoaderFlappy.playSound(AssetLoaderFlappy.soundClick);
                        gsm.set(new GameScreenFlappy(gsm));
                        return true;
                }
        });
        buttonHard.addListener(new InputListener() {
                @Override
                public boolean touchDown(InputEvent event, float x, float y,
int pointer, int button) {
                        difficulty = 3;

		AssetLoaderFlappy.playSound(AssetLoaderFlappy.soundClick);
                        gsm.set(new GameScreenFlappy(gsm));
                        return false;
                }
        });
        buttonSettings.addListener(new InputListener() {

                public boolean touchDown(InputEvent event, float x, float y,
int pointer, int button) {
                        Gdx.app.log(TAG, "Settings screen");

		AssetLoaderFlappy.playSound(AssetLoaderFlappy.soundClick);
                        gsm.set(new SettingsScreen(gsm));
                        return true;
                }
        });
	}

	private void loadSettings() {
        Preferences prefs = Gdx.app.getPreferences(Settings.SETTINGS);
        if (prefs != null && prefs.contains(Settings.ANGLE_MIN_SETTING)) {
                Settings.ANGLE_MIN                                      =
prefs.getInteger(Settings.ANGLE_MIN_SETTING);
                Settings.ANGLE_MAX                                      =
prefs.getInteger(Settings.ANGLE_MAX_SETTING);
                // Music and sound settings
                Settings.musicEnabled                                   =
prefs.getInteger(Settings.MUSIC_SETTING);
                Settings.soundEnabled                                   =
prefs.getInteger(Settings.SOUND_SETTING);
        }
	}
```



MenuScreenFlappy akış diyagramı (Maceracı Uçak)

Oyun Ekranı

Oyun ekranında uçağın, boruların, arka plan ve yerin konumları güncellenerek ekrana çizdirilmektedir. Ayrıca bu ekranda açı değerleri; ölçülen, azami, asgari ve sınır açı değerleri tablo olarak ekranda gösterilmektedir. Bu kısımda ayrıca veri tabanına açı değerlerinin yazdırılması ve açı değerlerine göre uyarı verilmesi sağlanır. Oyunun farklı durumlarına göre

```
enum GameState {
            Ready, Start, Running, HighScore
}
```

farklı tablolar ve ekranlar gösterilir ve güncelleme ve çizdirme metodları bu durumlara göre değişkenlik gösterir.

Ayarlar Ekranı

Ayarlar ekranında oyuna ait müzik, ses, titreşim ayarları ayrıca açılarla ilgili sınır açıları ve uyarı açıları seçenekleri bulunmaktadır. Bu ekranda yapılan seçimler onaylandığı takdirde Settings sınıfının statick saveSettings() metodu ile xml dosyasına kaydedilmektedir.

Patlayan Top

Bu oyunda diğer oyunlarla aynı yapıyı kullanmaktadır. Farklı olan kısım oyun ekranındadır. Oyunda amaç ayarlanan derecenin altında kalarak topun küçülmesini ya da en küçük halde kalmasını sağlayarak puan kazanmaktır. Bu sınır derecesi geçildiği takdirde top büyümektedir. Topun dikenlerle temas etmesi halinde top patlayarak oyun sona ermektedir.

Oyun Ekranı

Oyun ekranı GameRenderer, GameWorld ve InputHandler nesnelerine sahiptir. Bu nesneler ile coupling (bağımlılık) azaltılmış ve her nesnenin sadece kendini ilgilendiren işlevleri gerçekleştirmesi sağlanmıştır.

GameWorld sadece oyundaki verilerin güncellenmesi işlemini gerçekleştirmektedir. InputHandler sınıfı nesnesi ControlleAngleReceiver sınıfı ile aldığı açı değerlerine göre topun hareketleri(büyüme/küçülme) için GameWorld sınıfının büyüme veya küçülme metodlarını çağırır. Bu sayede oyun dünyasındaki nesneler ile ilişkiye girmeden oyun dünyasındaki hareketleri kontrol eder. GameRenderer nesnesi ise güncellenmiş duruma ait görsellerin pozisyon ve durumlarını(döndürme vb.) GameWorld sınıfına ait nesneden alarak ekrana çizdirir.

```
public class GameScreen implements Screen, GameUpdateManager {
	private PatlayanTop game;
	private GameWorld world;
	private GameRenderer renderer;
	private InputHandler inputHandler;
	private float runTime;
```

```
	// This is the constructor, not the class declaration
	public GameScreen(PatlayanTop game, boolean isAdventure) {
		this.game = game;
		world = new GameWorld(isAdventure);
		renderer = new GameRenderer(world);
		world.setRenderer(renderer);
		inputHandler = new InputHandler(game, world);
		if (PatlayanTop.adController != null &&
PatlayanTop.adController.isOnline())
			PatlayanTop.adController.hideBanner();
	}

	@Override
	public void render(float delta) {
		handleInput();
		if (!world.isPaused()) {
			runTime += delta;
		}
		world.update(delta, runTime);
		renderer.render(delta, runTime);
		// System.out.println("GAMESCREEN HEAP: " + Gdx.app.getJavaHeap());
		// System.out.println("GAMESCREEN NATIVE HEAP: " +
		// Gdx.app.getNativeHeap());
	}

	@Override
	public void resize(int width, int height) {
		// System.out.println("GameScreen - resizing");
	}

	@Override
	public void show() {
		// System.out.println("GameScreen - show called");
		// AssetLoader.playMusic(AssetLoader.musicGame);
	}

	@Override
	public void hide() {
		System.out.println("GameScreen - hide called");
		dispose();
	}

	@Override
	public void pause() {
		// System.out.println("GameScreen - pause called");
	}

	@Override
	public void resume() {
		// System.out.println("GameScreen - resume called");
	}

	@Override
	public void dispose() {
		System.out.println("GameScreen dispose()");
		AssetLoaderPatlayanTop.stopMusic(AssetLoaderPatlayanTop.musicScare);
```

```
            AssetLoaderPatlayanTop.stopMusic(AssetLoaderPatlayanTop.musicGame);
            GameControllerAngleReceiver.cancelAngleAlerts();
            System.gc();
            renderer.disposeRenderElements();
        }

        @Override
        public void handleInput() {
            inputHandler.handleInput();
        }

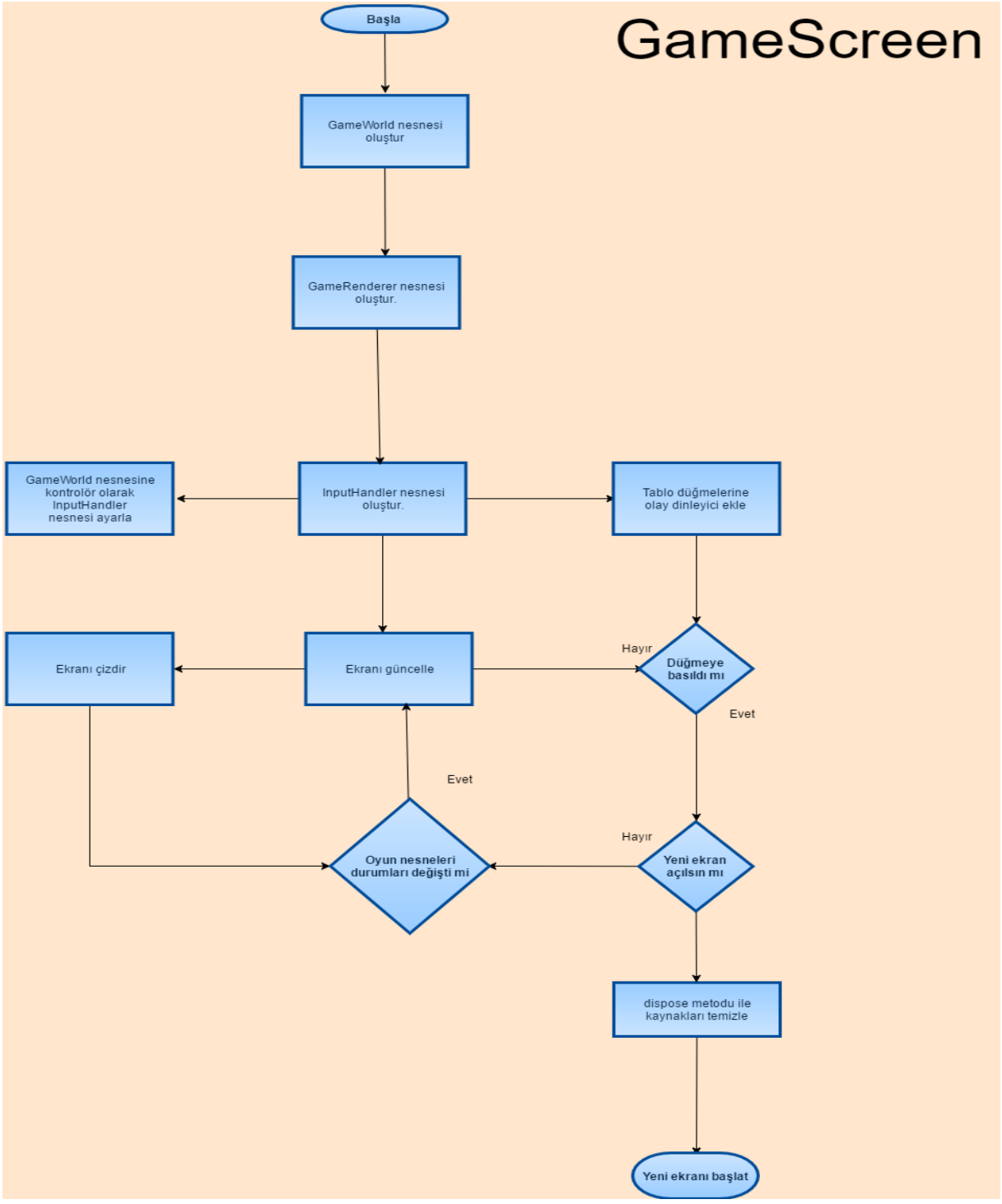
        @Override
        public void update(float dt) {

        }

        @Override
        public void draw() {

        }

}
```



GameScreen akış diyagramı (Tuğla Patlatmaca)

Tuğla Patlatmaca

Bu oyunda diğer oyunlarla aynı yapıyı kullanmaktadır. Farklı olan kısım oyun ekranındadır. Oyunda amaç top ile tuğlaları patlatarak puan kazanmaktır. Tuğlalarda olasılığa bağlı olarak oyuncuya özel güçler sağlayan eşyalar düşmektedir. Topun hareket açısı, yatay ve dikey hızları tablanın hangi bölümüne çarptığına göre değişiklik göstermektedir.

Oyun Ekranı

Oyun içerisinde

```
enum GameState {
	Ready, Running, Paused, GameOver, Restart, Victory
}
```

ile gösterilen 6 farklı oyun durumu vardır.

İlk olarak oyundaki tablolar skor, oyunun durma ve bitiş durumundaki tablolar yüklenmektedir. Ardından top, tablo yüklenir ve tuğlaları içeren dizi brickArray dizisi oluşturulur.

Oyunda tuğlaların konumları MapLoader.*loadMap*(level, brickArray); komutu ile brickArray nesnesi içerisindeki tuğlalara, bölüme karşılık gelen text dosyasından yüklenmektedir. Tablonun hareketleri GameControllerAngleReceiver sınıfı nesnesinden gelen açıya göre yorumlanarak sağlanır.

Tabla konumunu ayarlayan komutlar aşağıda gösterilmektedir.

```
private float diffAngle = (SettingsScreen.ANGLE_MAX - SettingsScreen.ANGLE_MIN);
paddlePositionPerAngle = (gameTableWidth - paddle.r.getWidth()) / diffAngle;
```

`diffAngle` : Ayarlanan azami ve asgari açı arasındaki fark
`paddle.r.getWidth()`: Tabloyu matematiksel olarak temsil eden dikdörtgenin boyutu
`gameTableWidth` : Oyun sahasının eni
`paddlePositionPerAngle` : 1 derecelik açı değişiminde tablanın gitmesi gereken mesafe

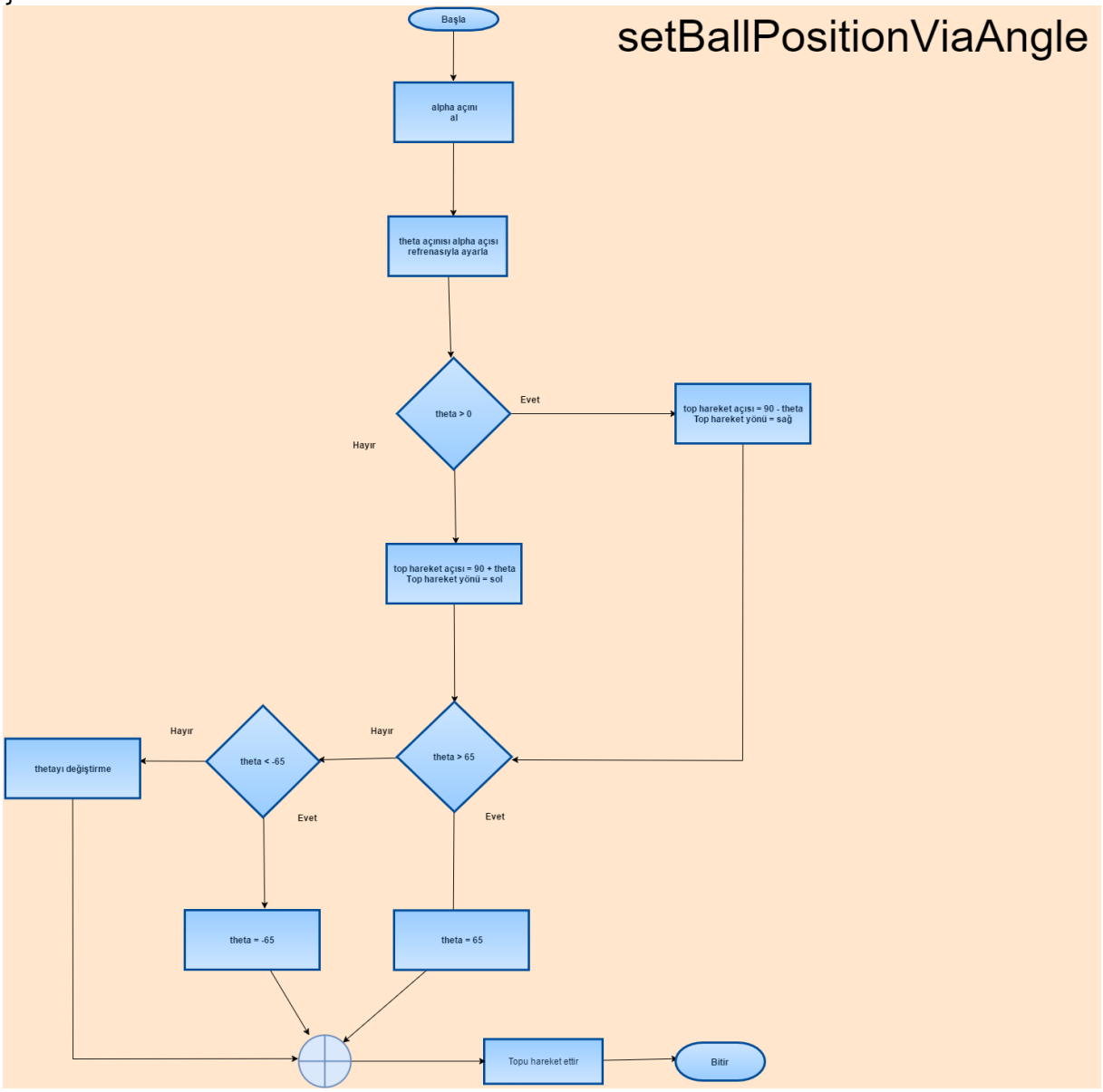
Topun tablanın hangi yatay konumuna çarptığına göre sahip olacağı hız ve açı değeri komutları

```
/**
 * Check the position ball and paddle collided and set angle and speed due
 * C@author Fatih
 */
private void setBallPositionViaAngle(Ball ball) {

	alpha = (ball.ballRect.x - r.x) / r.width;
	theta = 130 * alpha - 65;
	if (theta > 0) {
		ball.movemetAngle = 90 - theta;
	} else {
		ball.movemetAngle = 90 + theta;
	}
	// Set direction depending on which part of the paddle is ball on
	if (theta > 0) {
		ball.getSpeed().setxDirection(Speed.DIRECTION_RIGHT);
	} else {
		ball.getSpeed().setxDirection(Speed.DIRECTION_LEFT);
	}
	if (theta > 65) {
		theta = 65;
	} else if (theta < -65) {
```

```
            theta = -65;
        }
        // If ball speed on y-axis is too small, increase it
        if (ball.getSpeed().getYv() < 1.5) {
            ball.getSpeed().setYv(1.5f);
        }

        ball.getSpeed().toggleYDirection();
}
```



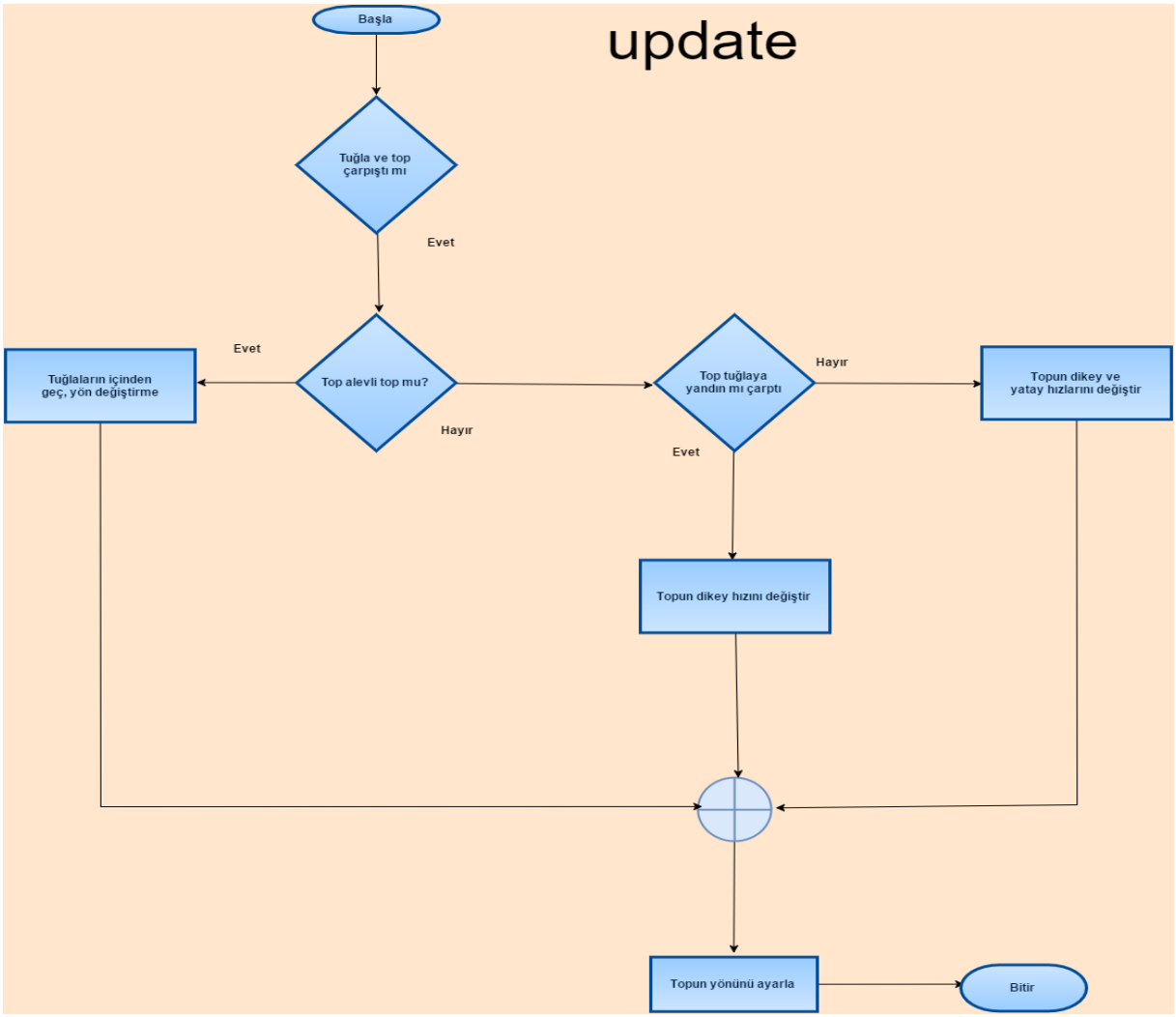
Topun tablaya çarptığında hareket açısını gösteren akış şeması (Tuğla Patlatmaca)

Top tuğlalara çarptığında, çarpılan tuğlanın yok olması ve merkez konumunda patlama efekti için gereklidir. Brick sınıfına ait her tuğla nesnesi top en alttaki tuğlalara belirli mesafeye geldiğinde update() metodu ile top ile çarpışma kontrolü yapar.

```
public boolean update(Ball ball) {
```

```
        // r.set(PosX, posY, tileImage.getRegionWidth() ,
        // tileImage.getRegionHeight());
        r.set(PosX, posY, width, height);

        // Check collision with ball
        if (ball.ballRect.overlaps(r) && type != 0) {
              if (ball.isFireBall()) {
                    return true;
              }
              // Check vertical collision
              if  ((ball.getSpeed().getyDirection()  ==  Speed.DIRECTION_DOWN  &&
ball.ballRect.y > posY)
                          ||          (ball.getSpeed().getyDirection()          ==
Speed.DIRECTION_UP && ball.ballRect.y < posY)) {
                    ball.getSpeed().toggleYDirection();
              } // Check horizontal collision
              else       if       (ball.getSpeed().getXv()       !=       0       &&
(ball.getSpeed().getxDirection() == Speed.DIRECTION_LEFT
                          ||          ball.getSpeed().getxDirection()          ==
Speed.DIRECTION_RIGHT)) {
                    ball.getSpeed().toggleXDirection();
              }
              return true;
        }
        return false;
}
```



Update ball medotu akış diyagramı (Tuğla Patlatmaca)

Tuğlaları kontrol eden tuğla dizisi ise oyun ekranında

```
private void updateBricks(Ball ball, float delta) {

	for (int i = 0; i < brickArray.size(); i++) {
		Brick brick = (Brick) brickArray.get(i);
		if (brick.update(ball)) {

			AssetLoader.playSound(AssetLoader.soundBallBrick);
			// add and effect to the center of brick that got it
			PooledEffect effect = particleStarsEffectPool.obtain();
			effect.setPosition(brick.getPosX() + brick.getWidth() / 2,
brick.getPosY() + brick.getHeight() / 2);
			pooledStarsEffectArray.add(effect);
			brickArray.remove(brick);

			if (SettingsScreen.vibrationEnabled == 1) {
				Gdx.input.vibrate(50);
			}
			score += 10;
			// Check if an collectible occurrence at the center of brick
```

```
                    checkCollectibles(brick.getPosX() + brick.getWidth() / 2 - 20,
                                brick.getPosY() + brick.getHeight() / 2 - 20);
            }
        }
}
```

metodu ile tuğlaları diziden çıkarır, skoru 10 arttırır ve checkCollectibles() metodunu çağırarak eşya düşme kontrolü yapar ve tuğlanın merkez konumunu eşyanın başlangıç konumu argümanı olarak gönderir.

Tüm oyunların tasarımları ve ilgili kodlar ve akış diyagramları verildikten sonra, IP5'in anlatımının son kısmında yazılım geliştirme süresince yapılan işler zamana göre madde madde verilecektir.

4 – 6. Aylar:

1. EC-ver1 ile kablosuz bağlantı kuran mobil cihaza yüklü yazılımının ilk denemeleri yapıldı. İlk yazılım sadece gonyometre ekranını içeriyordu ve açı ölçümlerinin virgülden önce 3 hane, virgülden sonra 4 hane olmak üzere, gayet hızlı bir şekilde ekrandan takip ediliyordu.
2. Gonyometrik ölçümleri yapmak için yerleştirilen elektronik cihazın farklı fiziksel özelliklere sahip kişilerde doğru ölçümü yapabilmesi için ekstra kontrol butonları istendi. Örneğin baldır bölgesine yerleştirilen alt parça, kişinin baldırında hipertrofi varsa, kasın şikinliğinden dolayı diz eklemi sanki rekurvatumdaymış gibi eksi değerle sonuç veriyordu. Bu problemin giderilmesi için gonyometre ekranına "Kalibrasyon" ve "Sıfırla" butonları eklendi. Kalibrasyon, başlangıç değerlerinin sıfır kabul edilmesini sağlamak için, sıfırla ise kalibrasyon ayarının sıfırlanması için tasarlandı.
3. Ölçülen anlık açı değerinin ekranda sabitlenmesinin mümkün olduğunun görülmesi üzerine, cihazla propriyosepsiyon ölçebileceği düşünüldü. Mobil yazılıma ikinci bir ekran eklenmesi istendi. Eklenen ekrana "Propriyosepsiyon" ekranı dendi. Propriosepsiyon ekranında ölçülen açı değeri sürekli gösterilirken, kişilere test sırasında geri bildirimde bulunmaması, ipucu vermemesi için açı değeri ekranda gizlenmesi için "Test" butonu eklendi. Bu şekilde "Test (Hasta tarafından bulunulması istenen açı)", "Sonuç (Hastanın bulduğu açı)" ve "Fark (Hastanın bulması istediğimiz açı ile bulabildiği açı arasında fark açı)" satırları ile Propriyosepsiyon ölçümü mümkün oldu.
4. Virtüel rehabilitasyon uygulamaları için "Oyun" ekranı eklendi. Özellikle çocukların ilgisini çekmek üzere yazılan "Maceracı Uçak" oyunu yazılıma eklendi. Diz fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri ile uçak kontrolü yapılarak, kapalı kinetik halka egzersizlerinin oyun eşliğinde yapılması mümkün oldu. Özellikle ön çapraz bağ tamiri geçiren hastaların rehabilitasyonunda kullanılan bu egzersizler, yaygın olarak kullanılan, tercih edilen

egzersizlerdendir. Oyunlar oynanırken kişinin anlık açı ölçüm değerleri, ulaştığı en büyük ve en küçük açı değerleri oyun ekranında sürekli izlenecek şekilde yerleştirildi.

5. Tek oyunun bir süre sonra ilgi azalmasına neden olabileceği düşünülerek, Oyun ekranına Tuğla Patlamaca isimli bir oyun daha eklenerek, Oyun ekranında “Maceracı Uçak” ve “Tuğla Patlatmaca” sekmeleri oluşturuldu.

6. Geliştirilen oyunların hep dinamik özellikte olması nedeniyle, özellikle ayakta durmaya çalışan serebral palsili çocuklarda kullanılmak üzere, diz fleksiyona gittiği zaman gittikçe şişen ve patlayan bir top uyunu geliştirildi. Geliştirilen oyun için oyun ekranına “Patlayan Top” sekmesi eklendi.

7. Oyunların yatay ekranda oynanırken görüntü problemi yaşanıyordu (ekranın bir kısmının görülememesi gibi), mobil uygulamanın yatay ve dikey ekranlarda sorunsuz çalışabilmesi için yazılımı güncellendi.

8. Yazıların okunamaması sebebiyle uygulamanın genel menüsündeki yazı fontu ve rengi değiştirildi.

9. Gonyometre ekranında açı değerlerini gösteren fleksiyon-ekstansiyon yazısı anlam karışıklığını ortadan kaldırmak için minimum açı-maksimum açı olarak değiştirildi. Ölçülen açı değerleri minimum-maksimum açı bölümlerinin altında alındı.

10. Oyunların içine ayarlar sekmesi eklendi. Ayarlara kişilerin oyun sırasında ulaşacağı en büyük ve en küçük açı değerlerinin belirlenebilmesi sınır açılarının girildiği sekme eklendi.

7 – 8. Aylar:

1. Oyunlar ve propriosepsiyon sırasında değerlendirilen açı değerlerinin doğru ölçülebilmesi için gonyometre ekranındaki kalibrasyon ayarlaması bütün ekranlarda aktif hale getirildi.

2. Açı ölçer tarafında ölçülen değerde virgülden sonra dört basamak gösterilmesi sayısal değerlerde ve ani farklarda zorluk oluşturduğu için virgülden sonra iki basamak gösterilecek şekilde güncellendi.

3. Mobil uygulamada yataydan dikeye, dikeyden yatay ekrana geçildiğinde bluetooth bağlantısı koptuğu için bağlantı koptuktan sonra elektronik cihazın mobil cihaza tekrar bağlanması için bağlantı ayarları güncellendi.

4. Gonyometre ekranında değerlendirme sırasında anlık değişen açı değerinin doğru şekilde ölçülebilmesi için başlangıç açısında başlatılması için “Başla” ve ulaştığımız seviyede durdurulması için “Bitir” tuşları eklendi.

5. Uygulama içinde mevcut oyunların içerisine bireylerin ilgisini çekmesi ve motivasyonunu arttırması amacıyla skor ve ödüller eklendi.

6. Oyunlar ekranına 4. bir oyun olarak “Çılgın Kanatlar” sekmesi eklendi.

7. Açı ölçer tarafında ölçülen değerde virgülden sonra iki basamak gösterilirken tek basamak olmasının değerlendirmeler için daha kolay ve yeterli olacağı düşünüldüğü için tekrar düzenlendi.
8. Çılgın Kanatlar oyununda oyun bittikten sonra tekrar başlatılamaması sebebiyle oyunun yazılımı tekrar yapıldı.
9. Gonyometre ekranında kalibrasyon yapıldıktan sonra minimum açı değerinin sıfırlanmaması sebebiyle yazılım güncellemesi yapıldı.
10. Gonyometrik ölçümler, propriosepsiyon değerlendirmesi ve oyunlar sırasında kişinin ulaştığı bütün açı değerlerinin kaydedilip uygulama menüsündeki ölçümler bölümüne aktarılması sağlandı. Ölçümler bölümü gonyometre, propriosepsiyon ve oyunlar olmak üzere 3 klasöre bölündü. Kaydedilen ölçümler tarih ve saat sıralamasında göre gösterilirken eklenen kayıt al tuşu ile telefon ya da tablete excel dosyası olarak kaydedilmesi sağlandı. Temizle tuşu ile de istenilen durumda ölçüm geçmişinin silinmesi imkanı sağlandı.
11. 'Patlayan Top' oyunu, uygulama sırasında ekran görüntüsündeki problemler sebebiyle başka bir tema ile tekrar yazılımı yapılarak güncellendi.
12. Elektronik cihazın pilinin bittiğinin anlaşılamaması nedeniyle ve kullanım esnasında aniden sistemin kapanması nedeniyle, batarya durumu gösteren kalan pil şarjının yüzdesini gösteren gösterge eklendi.

9 – 10. Aylar:

1. Ana menüdeki ölçümler bölümü gonyometre, propriosepsiyon ve oyunlar olmak üzere 3 klasöre bölündü. Kaydedilen ölçümler tarih ve saat sıralamasında göre gösterilirken eklenen kayıt al tuşu ile telefon ya da tablete MarVAJED Klasörü adı altında excel dosyası olarak kaydedilmesi sağlandı. Excel dosyasına ölçüm tarihi, saati, oyun ise oyun adı ve açı değerlerinin kaydedilmesini sağlayan güncelleme yapıldı. Temizle tuşu ile de istenilen durumda ölçüm geçmişinin silinmesi imkanı sağlandı.
2. 'Çılgın Kanatlar' oyununa ayarlar menüsü eklendi. Ayarlar menüsüne "Ses", "Titreşim" uyarıları, uyarı açısını belirleyen "Uyarı sınır açı değerleri" ve "Uyarı açıları" bölümleri yapıldı.
3. Bütün oyunların ayarlar menüsüne sınır açıları, ses-titreşim uyarıları, uyarı açıları eklendi.
4. Oyunlara ödül olarak altın toplama eklendi.
5. Genel menüye bütün uygulamada aktif olacak şekilde ayarlar bölümü eklendi.

11 – 12. Aylar:

1. Güncelleme sonra uygulamanın tablet ile kullanımında yatay ekran görüntüsünde yaşanan problem sebebiyle yazılım güncellemesi yapıldı.

2. “Gonyometre”, “Propriyosepsiyon” ve “Oyun” ekranlarından sonra 4. ekran olarak “Koruma” ekranı eklendi. Korumu ekranına sınır açıları (maksimum-minimum), erken uyarı açıları (maksimum-minimum), uyarı tipleri (ses, titreşim ya da ikisi birlikte) ayarlamaları eklendi. Yapılan ayarlamalar gonyometre, propriosepsiyon ve yapılacak olan aktivite ekranında aktif olacak şekilde tasarlandı.

3. Gonyometre ekranında bulunan ve ölçüm sırasında hareketli olan ibre yerine görsellik ve hareketin daha iyi anlaşılabilmesi için alt ekstremite görünümlü, hareketle birlikte dizin fleksiyon-estansiyonunu yapan figür tasarımı yapıldı.

4. “Gonyometre”, “Propriyosepsiyon”, “Oyun” ve “Koruma” ekranlarından sonra 5. ekran olarak “Aktivite” ekranı eklendi. Bu ekran hali hazırda sorunsuz çalışamamaktadır. Tasarım ve kullanımı için çalışmalar devam etmektedir. Bu ekran ile elektronik cihaz takılan kişinin belirlenen saatlerde belirlenen süre boyunca, saniyede istediğimiz sıklıkta açı değerlerinin kaydedilmesi planlanmaktadır. Böylece kişinin günlük yaşam aktiviteleri sırasında diz eklemin ulaştığı açısal değerlerinin kaydedilmesi, aktivite analizlerinin yapılması mümkün olacaktır.

4. Merkezi sunucu yazılımı

Merkezi sunucu yazılımın giriş sayfasına kullanıcılar için sistemin özellikleri belirtmek için aşağıdaki metin eklenmiştir:

MarVAJED, eklemlerinizin hareket açıklığını değerlendiren, eklem pozisyon hissini analiz eden, eklemin kontrolünü arttırmak için biofeedback desteği sunan ve aynı zamanda kontrollü egzersizlere yönlendiren bir sistemdir. Eklem hareketini küçük sensörler yardımıyla analiz eder. Elde edilen verileri cep telefonunuza, tabletinize veya kişisel bilgisayarınıza aktarır. Verilerin saklanması için internet aracılığı ile merkezi sunucuya yükleyerek depolar.

MarVAJED aracılığı ile eklemleriniz için riskli olan eklem açıları belirlenerek, daha risk sınırına ulaşmadan görsel, işitsel ve titreşimlerle yönlendirilerek, eklemleriniz kontrol altına alınır. Böylelikle dizinden, omuzundan veya diğer eklemlerinden cerrahi (bağ tamiri, eklem artroplastisi vb) geçiren kişilerde, erken uyarı sistemi ile dokuların korunması sağlanır.

Eklemlerin gün boyunca hareketleri analiz edilir, sistematik olarak kaydedilir ve takibinizden sorumlu fizyoterapist veya hekim gibi profesyonellere veriler online olarak ulaştırılır.

MarVAJED T. C. Marmara Üniversitesi İnovasyon ve Teknoloji Transfer Ofisi’nin desteği ile Türk Patent Enstitüsü’nde tescillenmiştir.

Genel kullanım amaçları:

- *Elektronik Gonyometre – Eklemlerin hareket sınırlarını ölçer, mobil cihazda görüntüler, merkezi sunucuya kaydeder ve aynı zamanda kişiyi takip eden profesyonellere online veri iletiminde bulunur.*

- *Propriyosepsiyon Testi – Eklem pozisyon hissinin analizi için en ufak açısal sapmayı tespit ederek objektif değerler sunar. Bu verileri sistematik olarak kaydeder ve raporlar.*

- *Kinematik Analiz – Mekan bağımsız olarak günlük yaşam aktiviteleri esnasında (çalışırken, merdiven inip-çıkarken vb) diz ekleminin ulaştığı tüm açılar, açısal hızlar sistematik olarak kaydedilir, raporlanabilir ve takipten sorumlu profesyonellere online olarak gönderilebilir.*

- *Biofeedback Desteği – Görsel, işitsel ve titreşimlerle geri bildirimlerde bulunan MarVAJED, kişiyi doğru eklem hareket sınırlarında egzersiz yapmaya yönlendirir. Hasta egzersiz yaparken, diz eklem hareketleri analiz edilir, kaydedilir, raporlanır ve aynı zamanda bu veriler sistematik bir şekilde yetkilendirilen profesyonellere ulaştırılır. Sorumlu hekim veya fizyoterapist gerektiğinde uzaktan erişim ile MarVAJED'i yeniden programlayıp, gerekli ayarlamaları yaparak, iyileşme düzeyine göre sistemi yeniden organize eder.*

- *Virtüel Rehabilitasyon – Kişilerin seveceği, zorluk derecesi ayarlanabilen farklı oyunlarla, doğru eklem hareket sınırlarında egzersizlerin yapılması sağlanır. Egzersizler açık veya kapalı kinetik halka egzersizleri şeklinde programlanabilir, endurans kazandırmaya yönelik planlamalar yapılabilir.*

12 – 15. Aylar:

1. "Aktivite" ekranı düzenlendi ve sorunsuz bir şekilde çalışması sağlandı. "Aktivite" ekranı aracılığıyla bireyin günlük yaşam aktiviteleri sırasında diz ekleminde ulaştığı açısal değerlerin kaydedilmesi sağlandı. Buna ek olarak, bireyin ulaştığı açısal değerlerin kaydedilerek aktivite analizlerinin yapılmasına imkan tanıyan "Aktivite ekranı ölçüm grafiği" eklendi.
2. Giriş, kayıt ve ayarlar ekranı yenilendi.

Kayıt ekranı kullanıcıların ilk defa kayıt yaptıp bilgilerini sunucuya göndermeye yarayan ekrandır. Kullanıcı bilgilerini uygun bir şekilde girdiğinde ve daha önce aynı e-posta ile

hesap açtırmadığı durumlarda yeni hesap oluşturulur ve bu hesabı e-posta adresine gelen e-posta neticesinde aktif hale getirebilir.

Giriş ekranı kaydı bulunan kullanıcının bilgilerinin sunucu tarafında kontrolü ve teyit edilmesine yarayan ekrandır. İnternet bağlantısı olmaması ya da kullanıcının belirli alanlara girdiği bilgilerin(e-posta ve şifre) sunucu tarafından onaylanmamsı durumunda uygulamanın kullanımına erişim sağlamaya engeller.

Sunucu ile Android cihaz etkileşiminde Google Volley Rest Api'si kullanılmaktadır. Bu api hem hız hem de kolaylık olarak belirli avantajlara sahiptir. Cache yapısı ile daha önce istemde bulunan bilginin tekrar istemini sunucudan değil de daha önce kaydedilen bilgilerden yapması da önemli avantajlarından biridir. Volley Api öncesiden **HttpUrlConnection** sınıfı ile sunucu iletişimi yapılmıştır ancak Volley Api'nin öne çıkan özelliklerinden dolayı geliştirme sürecinde değişikliğe gidilmiştir.

Kayıt Ekranı



Kayıt Ekranı Görüntüsü

Kayıt ekranında "**Hesap Oluştur**" yazan düğme basıldığında gerekli alanların eksiksiz ve doğru şekilde doldurulduğunun kontrolü `signup()` metodu ile yapılır.

```
btnSignup.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
      @Override
```

```
        public void onClick(View v) {
                signup();
        }
});

public void signup() {


        if (!validate()) {
                onSignupFailed("Formu eksik ya da yalnış doldurdunuz!");
                return;
        }

        btnSignup.setEnabled(false);
        progressDialog        =        new        ProgressDialog(SignupActivity.this,
R.style.AppTheme_Dark_Dialog);
        progressDialog.setIndeterminate(true);
        progressDialog.setMessage(getString(R.string.creating_account_));
        progressDialog.show();

        getUserInfo();

        if (users != null && users.size() > 0) {
                for (User user : users) {
                        if (email.equals(user.getEmail())) {
                                progressDialog.dismiss();
                                Toast.makeText(this, "Bu eposta adresi ile  daha önce
kayıt yapılmış.", Toast.LENGTH_SHORT).show();
                                return;
                        }
                }
        }

        sendUserData("http://marvajed.com/api/webapi/CreateUser");

}
```

Kayıt sırısanda progressDialog nesnesi ile kullanıcaya sürecin devam ettiği görsel olarak bildirilir, eğer kullanıcı e-posta adresi cihazda mevcut ise bilgi sunucuya gönderilmeden ekrana mesaj gönderilerek kayıt işlemi sonlandırılır.

Eğer ilk defa kayıt yapılıyorsa http://marvajed.com/api/webapi/CreateUser adresine kullanıcı bilgileri gönderilir ve kullanıcı tarafında kayıt işlemine devam edilir.

```
private void sendUserData(String uri) {

        StringRequest  mStringRequest  =  new  StringRequest(Method.POST,  uri,  new
Response.Listener<String>() {
                @Override
                public void onResponse(String response) {

                        progressDialog.dismiss();
                        btnSignup.setEnabled(true);

                        String userMessage = "";
```

```
                    switch (response) {
                    case USER_OK:
                          userMessage = "Kayıt başarıyla gerçekliştirildi. Onay
linki için eposta adresinizi kontrol ediniz";
                          break;
                    case USER_EXIST:
                          userMessage = "Bu eposta adresi ile daha önce kayıt
yapılmış.";
                          break;
                    case USER_FAIL:
                          userMessage = "Formu eksik ya da yanlış doldurdunuz.";
                          break;

                    }
                    Toast.makeText(SignupActivity.this,                userMessage,
Toast.LENGTH_LONG).show();

                    if (response.equalsIgnoreCase(USER_OK)) {
                          onSignupSuccess();
                    }
              }

      }, new Response.ErrorListener() {

              @Override
              public void onErrorResponse(VolleyError error) {
                    onSignupFailed(error.toString());
                    progressDialog.dismiss();
                    btnSignup.setEnabled(true);
              }

      }) {

              @Override
              protected Map<String, String> getParams() {
                    Map<String, String> params = new HashMap<>();
                    // the POST parameters:
                    params.put("email", email);
                    params.put("password", password);
                    params.put("adisoyadi", name);
                    params.put("gender", gender);
                    return params;
              }
      };

      RequestQueue mReqestQueue = Volley.newRequestQueue(this);
      mReqestQueue.add(mStringRequest);

}
```

`sendUserData(String uri)` metodu Volley Rest apisi ile mobil cihaz ile sunucu arasındaki iletişim gerçekleştirilmektedir. Volley Apisi RequestQueue nesnesi ile sunucu istemleri(Request nesnelerini) listeye alır ve önem sıralarına göre, eğer bu sıra belirli değilse oluşturulma sıralarına göre belirlenen adrese bu istemleri gönderir. Kullanıcı bilgileri

StringRequest nesnesine eklenir, ayrıca bu nesneye HTTP metodu ve adres bilgileri, sunucudan bilgi ya da hata gelmesi durumundaki durumlara cevap veren dinleyiciler (`Response.Listener<String>` ve `Response.ErrorListener()`) eklenir.

```
RequestQueue mReqestQueue = Volley.newRequestQueue(this);
mReqestQueue.add(mStringRequest);
```

StringRequest nesnesinin cevap dinleyicisinin (`Response.Listener<String>`) `onResponse()` metodunda sunucudan gelen cevap değerlendirilir ve gerekli metodlar çalıştırılır.

```
@Override
public void onResponse(String response) {

        progressDialog.dismiss();
        btnSignup.setEnabled(true);

        String userMessage = "";

        switch (response) {
        case USER_OK:
                userMessage = "Kayıt başarıyla gerçekliştirildi. Onay linki için
eposta adresinizi kontrol ediniz";
                break;
        case USER_EXIST:
                userMessage = "Bu eposta adresi ile daha önce kayıt yapılmış.";
                break;
        case USER_FAIL:
                userMessage = "Formu eksik ya da yanlış doldurdunuz.";
                break;

        }
        Toast.makeText(SignupActivity.this, userMessage, Toast.LENGTH_LONG).show();

        if (response.equalsIgnoreCase(USER_OK)) {
                onSignupSuccess();
        }
}
```

Eğer cevap olumlu ise onSignupSuccess() metodu ile kullanıcıya uygulamayı kullanma izni verilir. Kullanıcı kaydını başarıyla yaptırmış olup uygulamayı kullanmaya başlayabilir.

Giriş Ekranı



Giriş Ekranı Görüntüsü

Giriş ekranı, kayıtlı kullanıcıların e-posta ve şifre ile bilgilerinin sunucu tarafından kontrolünü sağlayan ekrandır. Bu ekrandaki “Beni Hatırla” kutucuğu kullanıcının uygulamayı bir sonraki defa kullanımında bu ekranı geçmesine olanak sağlar.

Giriş tuşuna basıldığında login() metodu ile hem kullanıcı bilgileri bulunan alanların dolu olup olmadığı hem de bu bilgilerin sunucu ile eşleşip eşleşmediği kontrol edilir.

```
btnLogin.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
	@Override
	public void onClick(View v) {
		login();
	}
});
```

`Validate()` metodu ilgili alnların boş olması durumunda `false` dönerek sunucuya veri gönderilmesini engeller, aksi durumda progssDialog nesnesi ekrana gelerek kullanıcı durumunu görsel olarak ekranda gösterir.

```
public boolean checkUserData() {

	RequestPackage pack = new RequestPackage();

	// pack.setParam("marvajedid", "");
	String uri = NetworkManager.URI_GET_USER_INFO;
	email = etEmail.getText().toString();
	password = etPassword.getText().toString();
	pack.setParam("email", email);
```

```
	pack.setParam("pass", password);
	pack.setParam("marvajedid", "7896541230");

	uri += "?" + pack.getEncodedParams();
	pack.setUri(uri);
	pack.setMethodType(Method.GET);

	JsonObjectRequest mRequest = new JsonObjectRequest(pack.getMethodType(),
pack.getUri(), null,
			new Response.Listener<JSONObject>() {
				@Override
				public void onResponse(JSONObject response) {
					// the response is already constructed as a
JSONObject!

					JSONObject objectJSON = response;
					try {

						String error =
objectJSON.getString("ErrorMessage");


	mCurrentUser.setValid(error.equals("null"));

	if (mCurrentUser.isValid()) {
		mCurrentUser.setEmail(email);
		mCurrentUser.setPassword(password);
		mCurrentUser.setPrivilegeGonio(objectJSON.getBoolean("GonioAccess"));
		mCurrentUser.setPrivilegeProprio(objectJSON.getBoolean("ProPrioAccess
	"));
		mCurrentUser.setPriviligeActivity(objectJSON.getBoolean("ActivityAcce
	ss"));
		mCurrentUser.setPrivilegeGame1(objectJSON.getBoolean("Tugla"));
		mCurrentUser.setPrivilegeGame2(objectJSON.getBoolean("Ucak"));
		mCurrentUser.setPrivilegeGame3(objectJSON.getBoolean("Kanat"));
		mCurrentUser.setPrivilegeGame4(objectJSON.getBoolean("Top"));

		// Set login status, remember me, and last user
		// info to use if remember me is checked
		mUserInfoManager.saveLastEmail(email);
		mUserInfoManager.saveLastPassword(password);
		mUserInfoManager.setLoginStatus(true);
		mUserInfoManager.rememberUser(isRememberUser);

		onLoginSuccess();
	} else {
		Toast.makeText(LoginActivity.this,
objectJSON.getString("ErrorMessage"),Toast.LENGTH_LONG).show();
	}
	progressDialog.dismiss();
	btnLogin.setEnabled(true);

} catch (JSONException e) {
	e.printStackTrace();
}

}
```

```
}, new Response.ErrorListener() {
            @Override
            public void onErrorResponse(VolleyError error) {
                  progressDialog.dismiss();
                  btnLogin.setEnabled(true);
                  onLoginFailed();
                        }
                  }) {

      };

      RequestQueue mReqestQueue = Volley.newRequestQueue(this);
      mReqestQueue.add(mRequest);
      return true;
}
```

Eğer kullanıcının girdiği bilgiler, sunucudaki bilgiler ile eşleşirse kullanıcını yetkileri sunucudan alınarak mevcut kulanıcı yetkileri ayarlanır.

Kullanıcı yetilerinin ayarlanmasının ardıdından onLoginSuccess() metodu ile giriş ekranı sonlandıralarak uygulamanın ana ekranına geçilir ve kullanıcı hatırlama düğmesinin durum kaydı yapılarak bir sonraki girişte kullanıcı hatırlanması sağlanabilir.

```
public void onLoginSuccess() {
      Intent intentLogin = new Intent(LoginActivity.this, MainActivity.class);
      intentLogin.addFlags(Intent.FLAG_ACTIVITY_NEW_TASK);
      intentLogin.addFlags(Intent.FLAG_ACTIVITY_CLEAR_TASK);
      startActivity(intentLogin);

      finish();
}
```

3. Web servis alt yapısı oluşturuldu.
4. Kullanıcı bilgisi web servisine gönderilir hale getirildi.
5. Giriş ve kayıt ekranları sunucu ile bağlı hale getirildi.
6. Kullanıcı yetkileri eklendi.
7. Sunucuya “Gonyometre”, “Propriometre” ve “Aktivite” ekranlarından veri gönderme eklendi.

Sunucu Android Cihaz Veri Transferi

Sunucu ile Android cihaz etkileşiminde Google Volley Rest Api’si kullanılmaktadır. Bu api hem hız hem de kolaylık olarak belirli avantajlara sahiptir. Cache yapısı ile daha önce istemde bulunan bilginin tekrar istemini sunucudan değil de daha önce kaydedilen bilgilerden yapması da önemli avantajlarından biridir. Volley Api öncesiden **HttpUrlConnection** sınıfı ile sunucu iletişimi yapılmıştır ancak Volley Api’nin öne çıkan özelliklerinden dolayı geliştirme sürecinde değişikliğe gidilmiştir.

NetwokManager Utility sınıfı ile http://marvajed.com/ domain'inden gerekli bilgiler alınmakta ya da Android cihazdan bu adres ile sunucuya gönderilmektedir.

Veri Gönderme ve Alma için Adresler

```
// Mesajları alma adresi
public static final String URI_CREATE_GET_MESSAGES =
"http://marvajed.com/api/webapi/GetMessages";
// Kullanıcı bilgisi alma adresi
public static final String URI_GET_USER_INFO =
"http://marvajed.com/api/webapi/GetUserInfo";

// Kullanıcı kaydı oluşturma adresi
public static final String URI_CREATE_USER =
"http://marvajed.com/api/webapi/CreateUser";

// Ölçüm bilgilerini göndermek için adresler
public static final String URI_CREATE_GONIO =
"http://marvajed.com/api/webapi/CreateGonio";
public static final String URI_CREATE_PROPRIO =
"http://marvajed.com/api/webapi/CreateProPrio";
public static final String URI_CREATE_ACTIVITY =
"http://marvajed.com/api/webapi/CreateActivity";
public static final String URI_CREATE_GAME =
"http://marvajed.com/api/webapi/CreateGame";
```

Veri Gönderme ve Alma için Kullanılan Statik Metotlar

getUserInfo() metodu

Mevcut kullanıcıyı `User user` parametre olarak alır ve sunucudan kullanıcı şifre ve e-posta adresini kullanarak doğrulama yapar ve mevcut kullanıcı yetkilerini belirler. HTTP protokolünün GET metodunu kullanır.

```
public static RequestPackage getUserInfo(User user, RequestQueue queue, Context
context, Listener<JSONObject> listenerResponse, ErrorListener listenerError,
boolean isBodyParams) {

            RequestPackage pack = new RequestPackage();

            String uri = URI_GET_USER_INFO;


            pack.setParam("email", user.getEmail());
            pack.setParam("pass", user.getPassword());
            pack.setParam("marvajedid", user.getMarvajedId());

            uri += "?" + pack.getEncodedParams();
            pack.setUri(uri);
            pack.setMethodType(Method.GET);
            queue.add(RequestBuilder.setJsonObjectRequest(context,          user,
listenerResponse, listenerError, pack,
                        isBodyParams));
```

```
            return pack;
        }
```

getMessages() metodu

Sunucudan hastaya gönderilen mesajları almak için kullanılan statik metoddur. HTTP protokolünün GET metodunu kullanır.

```
public static void getMessages(RequestQueue queue, Listener<String>
listenerResponse, ErrorListener listenerError,
            String email, String password) {

        String uri = URI_CREATE_GET_MESSAGES;

        RequestPackage pack = new RequestPackage();
        pack.setMethodType(Method.GET);
        pack.setParam("email", email);
        pack.setParam("pass", password);
        uri += "?" + pack.getEncodedParams();
        pack.setUri(uri);

        queue.add(RequestBuilder.setGetDataStringRequest(listenerResponse,
listenerError, pack));

}
```

Sunucuya ölçüm verilerini göndermeye yarayan metotlar

Bu metotlar HTTP protokolünün POST metodunu kullanır. Herbiri uygulamanın ilgili kısmından aldığı ve veri tabanınına kaydedilmiş ölçümleri daha önce sunucuya gönderilerek ölçüm senkronize edilmediyse sunucuya gönderir.

```
public static Measure sendGonioInfo(RequestQueue queue, Context context,
DatabaseManager databaseManager,
            Measure measure) {

        RequestPackage pack = new RequestPackage();
        pack.setMethodType(Method.POST);
        pack.setUri(URI_CREATE_GONIO);
        pack.setParam("Angle", transformValues(measure.getAngle()));
        pack.setParam("AngleMin", transformValues(measure.getAngleMin()));
        pack.setParam("AngleMax", transformValues(measure.getAngleMax()));
        pack.setParam("Email", measure.getUserEmail());
        pack.setParam("Minutes", transformValues(measure.getUseTimeGonio()));
        queue.add(RequestBuilder.setPostDataStringRequest(context, databaseManager,
measure, pack));

        return measure;
}

public static Measure sendProprioInfo(RequestQueue queue, Context context,
DatabaseManager databaseManager,
            Measure measure) {
        RequestPackage pack = new RequestPackage();
        pack.setUri(URI_CREATE_PROPRIO);
        pack.setMethodType(Method.POST);
```

```
        pack.setParam("FirstAngle", transformValues(measure.getFirstMeasure()));
        pack.setParam("SecondAngle", transformValues(measure.getSecondMeasure()));
        pack.setParam("AngleDifference",
                    transformValues(Math.abs(measure.getSecondMeasure()          -
measure.getFirstMeasure())));
        pack.setParam("Email", measure.getUserEmail());
        pack.setParam("UseCount", transformValues(measure.getUseCountProprio()));

        queue.add(RequestBuilder.setPostDataStringRequest(context, databaseManager,
measure, pack));

        return measure;
}

public static Measure sendActivityInfo(RequestQueue queue, Context context,
DatabaseManager databaseManager,
                Measure measure) {

        RequestPackage pack = new RequestPackage();
        pack.setMethodType(Method.POST);
        pack.setUri(URI_CREATE_ACTIVITY);

        pack.setParam("Angle", transformValues(measure.getAngle()));
        pack.setParam("AngleMin", transformValues(measure.getAngleMin()));
        pack.setParam("AngleMax", transformValues(measure.getAngleMax()));
        pack.setParam("Email", measure.getUserEmail());
        pack.setParam("Minutes", transformValues(measure.getUseTimeGonio()));
        queue.add(RequestBuilder.setPostDataStringRequest(context, databaseManager,
measure, pack));

        return measure;
}

public static Measure sendGameInfo(RequestQueue queue, Context context,
DatabaseManager databaseManager,
                Measure measure) {
        RequestPackage pack = new RequestPackage();
        pack.setMethodType(Method.POST);
        pack.setUri(URI_CREATE_GAME);
        pack.setParam("Email", measure.getUserEmail());
        pack.setParam("GameName", measure.getMeasureName());
        pack.setParam("Angle", transformValues(measure.getAngle()));
        pack.setParam("AngleMin", transformValues(measure.getAngleMin()));
        pack.setParam("AngleMax", transformValues(measure.getAngleMax()));
        pack.setParam("Minutes", transformValues(measure.getPlayTimeGame()));

        queue.add(RequestBuilder.setPostDataStringRequest(context, databaseManager,
measure, pack));
        return measure;
}
```

setError () metodu

Bu metot sunucu ile bağlantı sırasıdan meydana gelebilecek bağlantı, kimlik onaylama, sunucu hatası gibi durumlarda kullanıcıya Toast ile mesaj döndüren metottur. `VolleyError`

error parametre olarak alarak istenilen ekranda bu mesajların gösterilmesine olanak sağlar.

```
public static void setError(Context context, VolleyError error) {
	if (error instanceof TimeoutError || error instanceof NoConnectionError) {
		Toast.makeText(context, R.string.message_volley_error_connection,
Toast.LENGTH_LONG).show();
	} else if (error instanceof AuthFailureError) {
		Toast.makeText(context, R.string.message_volley_error_auth,
Toast.LENGTH_LONG).show();

	} else if (error instanceof ServerError) {
		Toast.makeText(context, R.string.message_volley_error_server,
Toast.LENGTH_LONG).show();

	} else if (error instanceof NetworkError) {
		Toast.makeText(context, R.string.message_volley_error_connection,
Toast.LENGTH_LONG).show();

	} else if (error instanceof ParseError) {
		Toast.makeText(context, R.string.message_volley_error_parse,
Toast.LENGTH_LONG).show();
	}
}
```

16 – 18. Aylar:

1. Sunucu ile Android cihaz verileri senkronlama durumu eklendi.
2. Sunucudan mesaj alma eklendi.

Kimlik Doğrulama ve Mesaj Alma Metotlarının Kullanımı

Kullancı eğer giriş ekranında “Beni Hatırla” düğmesine tıklamışsa kullanıcı bilgileri xml dosysasına kaydedilmiştir ve bu bilgiler bu dosyadan alınarak ana ekranda kulanılır ve bu bilgiler ile sunucuya bağlanarak hem yetki hem de sunucudan gelen mesajlar alınır. Bu işlem uygulmannın ilk çağırılan metotlarından biri olan onCreate() metodunda gerçekleştirilir.

```
if (mUserInfoManager.getRememberUser()) {

	mUser.setEmail(mUserInfoManager.getLastMail());
	mUser.setPassword(mUserInfoManager.getLastPassword());
	mUser.setMarvajedId(mUserInfoManager.getLastMarvajedId());

	Toast.makeText(this, "Hatırlanan kullanıcı " + mUser.getEmail() + ", şifre
" + mUser.getPassword()
			+ ", Marvajed Id " + mUser.getMarvajedId(),
Toast.LENGTH_LONG).show();

	// Kullanıcı bilgilerini kullanarak yetkileri ayarla
	NetworkManager.getUserInfo(mUser, MyApplication.newRequestQueue(), this,
listenerJSONResponse,
			listenerError, false);
```

```
        // Sunucudan hastaya gönderilen mesajları al
        NetworkManager.getMessages(MyApplication.newRequestQueue(),
listenerMessages, listenerError,
                        mUser.getEmail(), mUser.getPassword());
}
```

Kullanıcı hatırlandığı durumda MarVAJED cihaz id'si mevcut olduğundan yetki almak mümkündür. Kayıt ekranında yapılan kayıtta MarVAJED cihaz id'si bulunmadığı ve bu id MarVAJED cihazı ile, Bluetooth cihazlarda id bağlantı kurulduktan sonra ya da üreticinin sağladığı bilgiler doğrultusunda alınabilir, bağlantı neticesinde alındığından ilk girişte bu metotlar çağırılmaz ve yetki alınamaz. Bunun için bu metotlar bağlantı kurulduktan sonra çağırılır ve kullanıcıya yetki verilir ve sunucudan gelen mesajlar alınabilir. Bluetooth bağlantı bilgisi Handler nesnesinin `handleMessages()` metodu ile sağlanır bu metod içerinde kimlik doğrulama ve mesaj alma metotları da çalıştırılır.

```
@Override
public boolean handleMessage(Message msg) {
        switch (msg.what) {
        case Constants.MESSAGE_STATE_CHANGE:
                switch (msg.arg1) {
                case Constants.STATE_CONNECTED:
                        showToast("Durum: Bağlantı kuruldu");
                        toolbar.setTitleTextColor(Color.GREEN);
                        isBluetoothConnected = true;

                        if (!isUserInfoAcquired) {

                                mUser.setMarvajedId(mBluetoothConnectionService.getConne
                                ctedDeviceAddress());

                                // MarVAJED idsini beni hatırla seçiliyse kaydet
                                if (mUserInfoManager.getRememberUser()) {
                                        mUserInfoManager.saveLastMarvajedId(mBluetoothConn
                                        ectionService.getConnectetDeviceAddress());
                                }
                                // Sunucudan yetki al
                                NetworkManager.getUserInfo(mUser,
                                MyApplication.newRequestQueue(),                    this,
                                listenerJSONResponse, listenerError, false);
                                // Sunucudan mesajları al
                                NetworkManager.getMessages(MyApplication.newRequestQueue
                                (), listenerMessages, listenerError,
                                                mUser.getEmail(), mUser.getPassword());
                                isUserInfoAcquired = true;
                        }
                        break;
        // ... Bu kısım diğer bağlantı durumlarında çalışan metotlar olduğundan es
        // geçilmiştir.
        return true;
}
```

Ayrıca `NetworkManager.getUserInfo()` metotu uygulamanın sağ üst menüsünden de isteğe bağlı olarak çağırılabilir. Bu sayede yetki güncellemesi ya da hata durumlarında yetkiler bu şekilde tekrardan düzenlenebilir.

getUserInfo() metodu için dinleyici

JSON veri türünde dinleyici `(Listener<JSONObject> listenerJSONResponse)` aktivite (ana ekran) içerisinde `NetworkManager.getUserInfo()` metodu için sunucudan gelen cevap durumunda cevabın JSON veri formatında alındığı yerdir. Bu dinleyici içerisinde kullanıcı yetkileri ve sınır açı değerleri eğer sunucu tarafında ayarlanmışsa alınır.

```
private Listener<JSONObject> listenerJSONResponse = new Listener<JSONObject>() {
	@Override

	public void onResponse(JSONObject response) {
		// Sunucudan gelen JSON formatında gelen veri nesnesi
		JSONObject objectJSON = response;
		try {

			String errorMessage = objectJSON.getString("ErrorMessage");
			mUser.setValid(errorMessage.equals("null"));
			mUser.setPrivilegeGonio(objectJSON.getBoolean("GonioAccess"));

	mUser.setPrivilegeProprio(objectJSON.getBoolean("ProPrioAccess"));

	mUser.setPriviligeActivity(objectJSON.getBoolean("ActivityAccess"));
			mUser.setPrivilegeGame1(objectJSON.getBoolean("Tugla"));
			mUser.setPrivilegeGame2(objectJSON.getBoolean("Ucak"));
			mUser.setPrivilegeGame3(objectJSON.getBoolean("Kanat"));
			mUser.setPrivilegeGame4(objectJSON.getBoolean("Top"));

			JSONObject objectAngles =
objectJSON.getJSONObject("UserSettingViewModel");

			// Eğer sunucudan gelen JSON verisinde açılar varsa düzenle
			if (objectAngles != null) {
				AngleAssignManager.assignAngleValues(objectAngles,
MainActivity.this, mUser);
			}

		} catch (JSONException e) {
			e.printStackTrace();
		}

	}
};
```

Alınan JSON türünde veri içerisinde `"UserSettingViewModel"` belirtilen alan mevcutsa bu alan içerisinde açı değerleri limit ve koruma açı değerlini belirtmektedir bu değerler `AngleAssignManager.assignAngleValues()` metodu ile mevcut kullanıcın ayarlarıyla değiştirilerek ayarlar güncellenir.

```
public static void assignAngleValues(JSONObject objectJSON, Context context, User
user) throws JSONException {
	// Set Main Values
	SharedPreferences mSharedPreferences =
PreferenceManager.getDefaultSharedPreferences(context);
	String sectionName = "Ana";
	setAngleValues(sectionName, objectJSON, context, mSharedPreferences);

	// Game1 = Tugla, Game2 = Ucak, Game3 = Kanat, Game4 = Top
	sectionName = "Tugla";
	mSharedPreferences =
context.getSharedPreferences(context.getString(R.string.key_preferences_game_tugla
),
			Context.MODE_PRIVATE);
	setAngleGameValues(sectionName, 1, objectJSON, context,
mSharedPreferences);

	sectionName = "Ucak";
	mSharedPreferences =
context.getSharedPreferences(context.getString(R.string.key_preferences_game_ucak)
,
			Context.MODE_PRIVATE);
	setAngleGameValues(sectionName, 2, objectJSON, context,
mSharedPreferences);
	sectionName = "Kanat";
	mSharedPreferences =
context.getSharedPreferences(context.getString(R.string.key_preferences_game_mad_b
ird),
			Context.MODE_PRIVATE);
	setAngleGameValues(sectionName, 3, objectJSON, context,
mSharedPreferences);

	sectionName = "Top";
	mSharedPreferences =
context.getSharedPreferences(context.getString(R.string.key_preferences_game_top),
			Context.MODE_PRIVATE);
	setAngleGameValues(sectionName, 4, objectJSON, context,
mSharedPreferences);
}
```

JSON türünde gelen verinin `"UserSettingViewModel"` etiketi içerisinde bulunan sınır açıları bulunan kısım *`setAngleValues()`* metodu ile uygulamanın genel sınır açı değerlerini, *setAngleGameValues()* metodu ile oyunların sınır açı değerleri ayarlanır. Bu değerleri ayarlamak için context(Android ortamının kaynak yönetimi ve bu kaynaklara ulaşımı sağlayan Context sınıfını extend eden nesne) nesnesinin `getSharedPreferences()` metodu ile uygulamanın ayarlarına kayıt yapılır ya da bu kayıtlar okunur. String türünde `sectionName` ile veri içerisinde `UserSettingViewModel` alt bölümünde açıların etiketlerinden uygun olarak seçilir ve bu etikete göre uygun açı değerleri belirlenir.

Veri içerisinde `"Ana"` etiketi uygulamanın ana ayarları için, `"Tugla", " Ucak", " Kanat", " Top"` etiketleri ilgili oyunlar için açı değerlerini içermektedir. `setAngleValues()` `metodu` ile açı gerekli açı alınıp büyük açı ile küçük açı karşılaştırıldıktan sonra uygulama

ayarlarına yazılır. Buradaki tek sıkıntı Android'in ayar ekranı, veri sayı türünde de olsa veriyi sadece yazı türünde muhafaza edebilir, bu yüzden veriler int türünden String türüne çevirilerek kaydedilir.

```
private static void setAngleValues(String sectionName, JSONObject objectJSON,
Context context,
            SharedPreferences sharedPreferences) throws JSONException {

      Editor editor = sharedPreferences.edit();
      int angleMax = objectJSON.getInt(sectionName + "LimitMax");
      int angleMin = objectJSON.getInt(sectionName + "LimitMin");
      int angleProtectMax = objectJSON.getInt(sectionName + "KorumaMax");
      int angleProtectMin = objectJSON.getInt(sectionName + "KorumaMin");

      // Game Preferences saves as integer, Main Preferences(Preferences
      // objects) only can take String as parameter

      if (angleMax > angleMin) {
            editor.putString(context.getString(R.string.key_angle_max),    ""    +
angleMax);
            editor.putString(context.getString(R.string.key_angle_min),    ""    +
angleMin);
            editor.commit();
      }
      if (angleProtectMax > angleProtectMin) {
            editor.putString(context.getString(R.string.key_angle_protect_max),
"" + angleProtectMax);
            editor.putString(context.getString(R.string.key_angle_protect_min),
"" + angleProtectMin);
            editor.commit();
      }
}
```

getMessages() metodu için dinleyici

Bu dinleyici sunucudan gelen mesajlar için oluşturulmuş dinleyicidir. onResponse() metodu içerinde sunucudan mesaj geldiğinde kullanıcıya Toast mesajı olarak gösterilmektedir.

```
private Listener<String> listenerMessages = new Listener<String>() {
      @Override
      public void onResponse(String arg0) {
            Toast.makeText(MainActivity.this,              "MESAJ              ",
Toast.LENGTH_LONG).show();

      }
}
```

Android Cihazda Bulunan Verilerin Sunucuya Gönderilmesi ve Senkronlama

Android cihazda bulunan SQLite3 veri tabanın içerisinde muhafaza edilen veriler uygulamadan kullanıcı çıkış yaptığından `syncData()` metodu ile sunucuya gönderilir ve ilgili verinin veri tabanındaki `isSynced` adıyla tutulan tekrar tekrar sunucuya gönderilmesine engelleyen bayrağı **`false`** durumundan **`true`** durumuna geçirilir. Bu sayede aynı veri sunucuya sadece tek bir defa gönderilmiş olur.

```
private void syncData() {
	Toast.makeText(this, "Veri tabanı ile sunucu senkronlanıyor...",
Toast.LENGTH_SHORT).show();
	List<Measure> measureListGonio =
mDatabaseManager.getMeasureListGonio(mUser.getEmail());
	List<Measure> measureListProprio =
mDatabaseManager.getMeasureListProprio(mUser.getEmail());
	List<Measure> measureListExercise =
mDatabaseManager.getMeasureListExercise(mUser.getEmail());
	List<Measure> measureListGame =
mDatabaseManager.getMeasureListGame(mUser.getEmail());

	for (Measure measure : measureListGonio) {
		if (measure.isSynced() == 0) {
			NetworkManager.sendGonioInfo(MyApplication.newRequestQueue(),
this, mDatabaseManager, measure);
		}
	}
	for (Measure measure : measureListProprio) {

		if (measure.isSynced() == 0) {

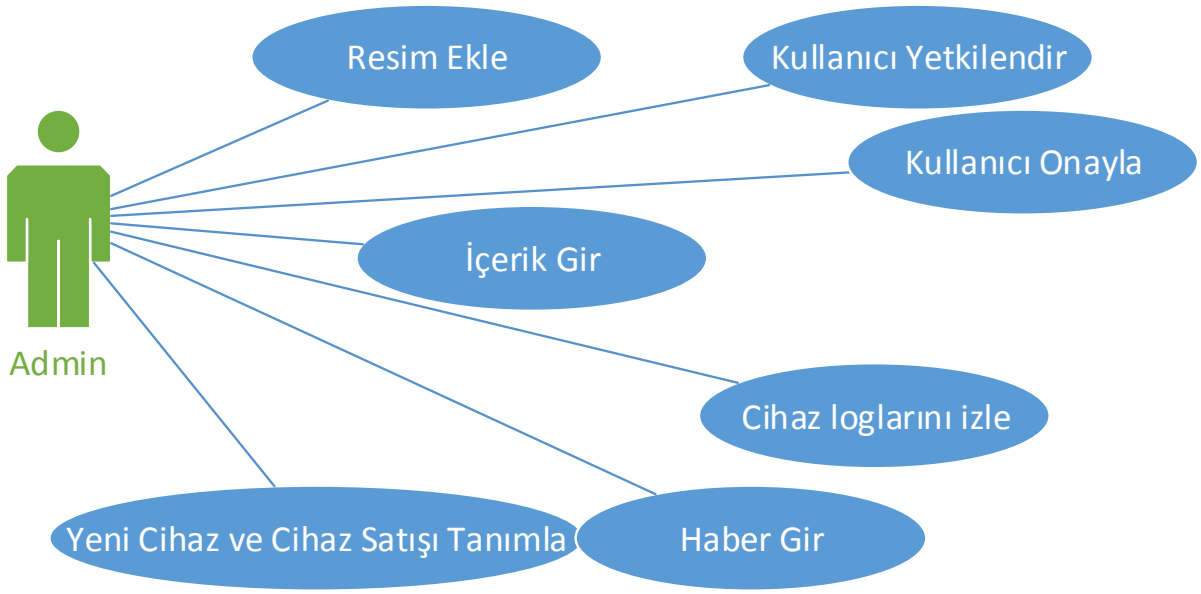
	NetworkManager.sendProprioInfo(MyApplication.newRequestQueue(), this,
mDatabaseManager, measure);
		}
	}
	for (Measure measure : measureListExercise) {
		if (measure.isSynced() == 0) {

	NetworkManager.sendActivityInfo(MyApplication.newRequestQueue(), this,
mDatabaseManager, measure);
		}
	}

	for (Measure measure : measureListGame) {
		if (measure.isSynced() == 0) {
			Measure measureSynced =
NetworkManager.sendGameInfo(MyApplication.newRequestQueue(), this,
				mDatabaseManager, measure);
			Toast.makeText(MainActivity.this, "Oyun senkronlanan ölçüm id
" + measureSynced.getId(),
				Toast.LENGTH_LONG).show();
		}
	}
}
```

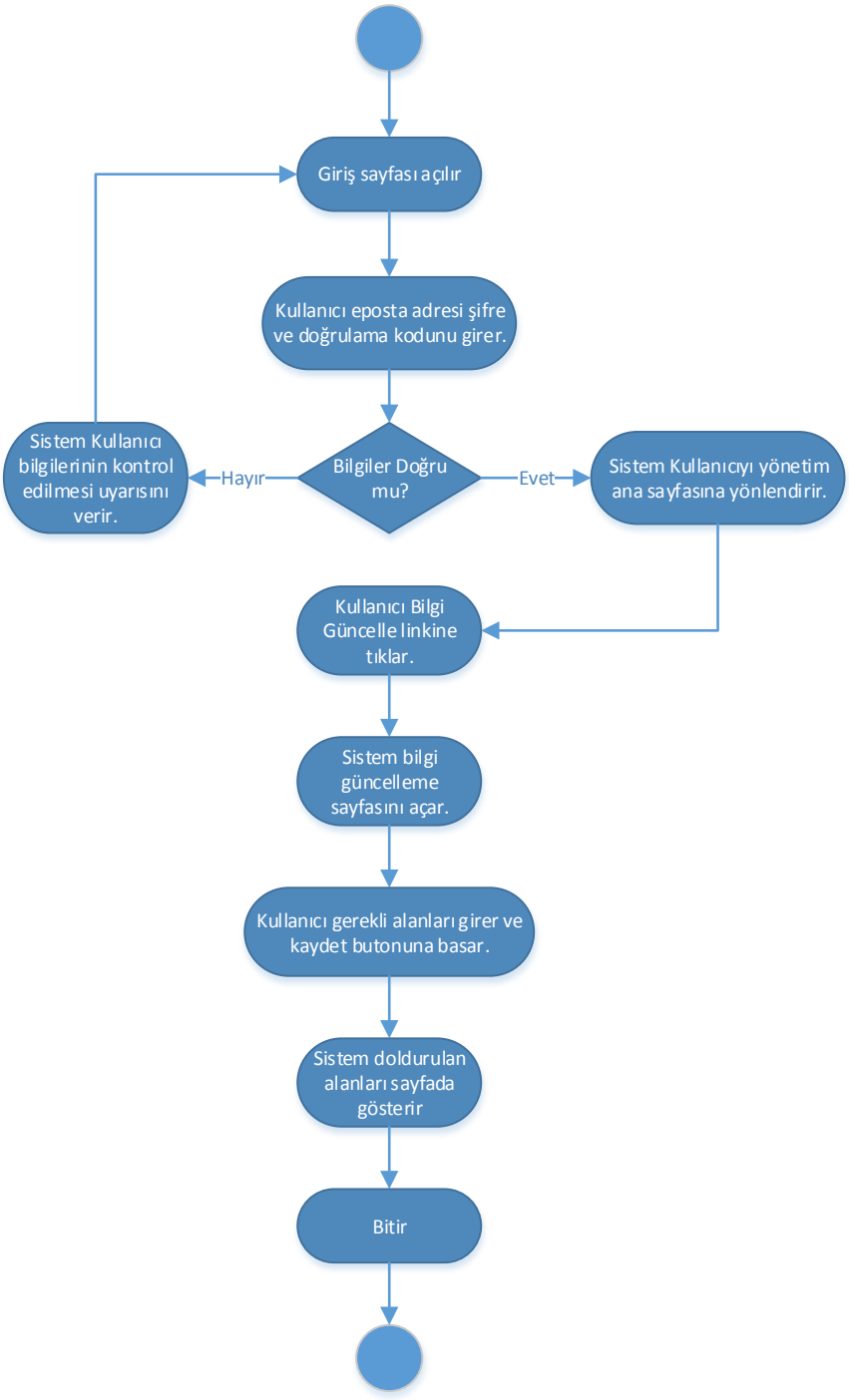
Admin Use Case (Admin Kullanım Durumu)

Admin kullanıcısı yayınlar ve web sitesi için bilgi güncelleme işlemlerini yürütebilir. Fotoğraf ve içerikler girerek ana sayfada görünecek medyalarını yayım işlemlerini yürütmektedir.



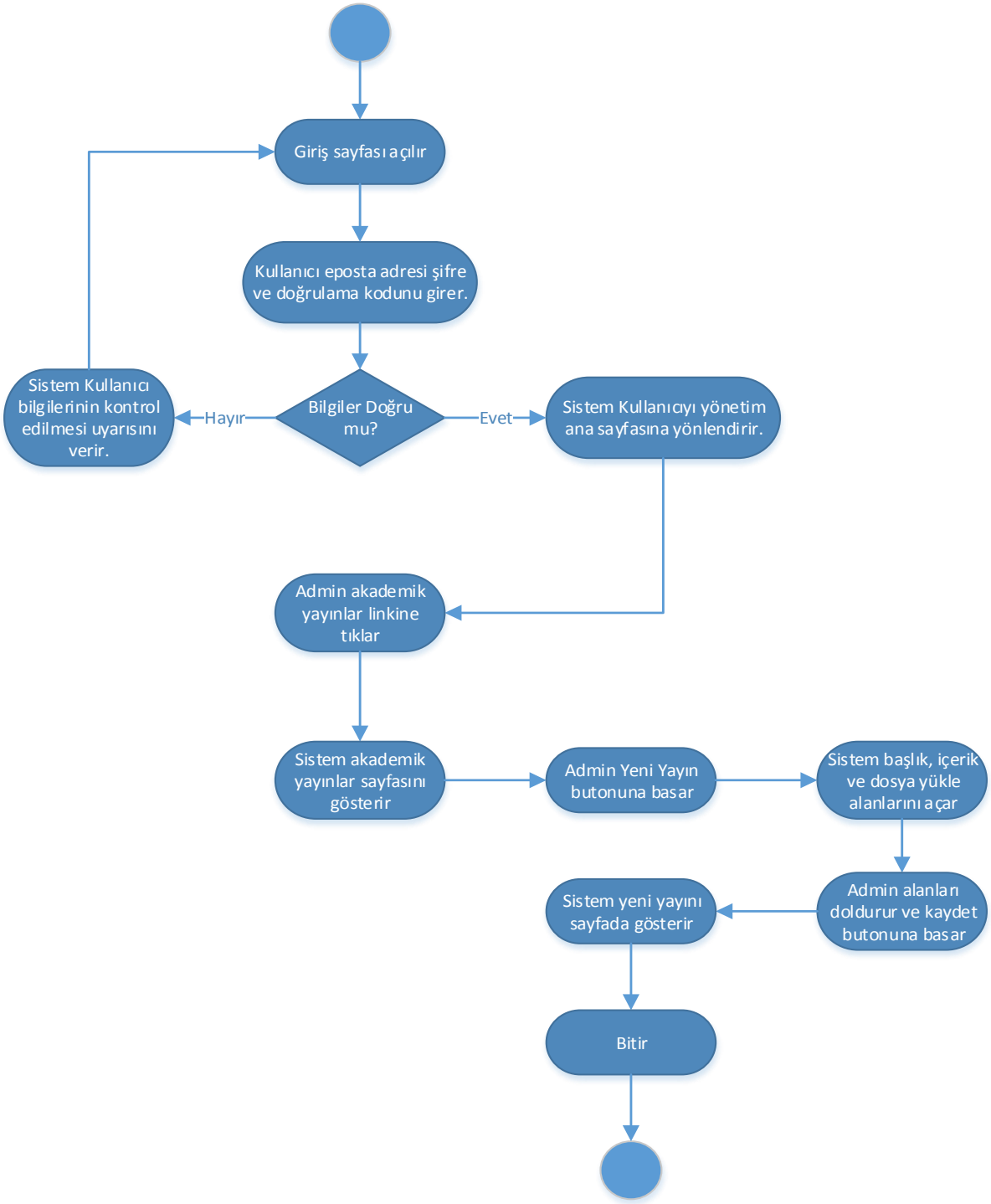
ADMİN Bilgi Güncelleme Akışı

Girilecek içerikler için ulaşılan sayfanın akışıdır. Admin sisteme girişin ardından sol menüde bulunan bilgi güncelle linkine tıklayarak bu sayfaya erişmektedir. Doldurulan fieldların ardından kaydet butonuyla işlem tamamlanmakta ve sistem girilen bilgileri anasayfada göstermektedir.



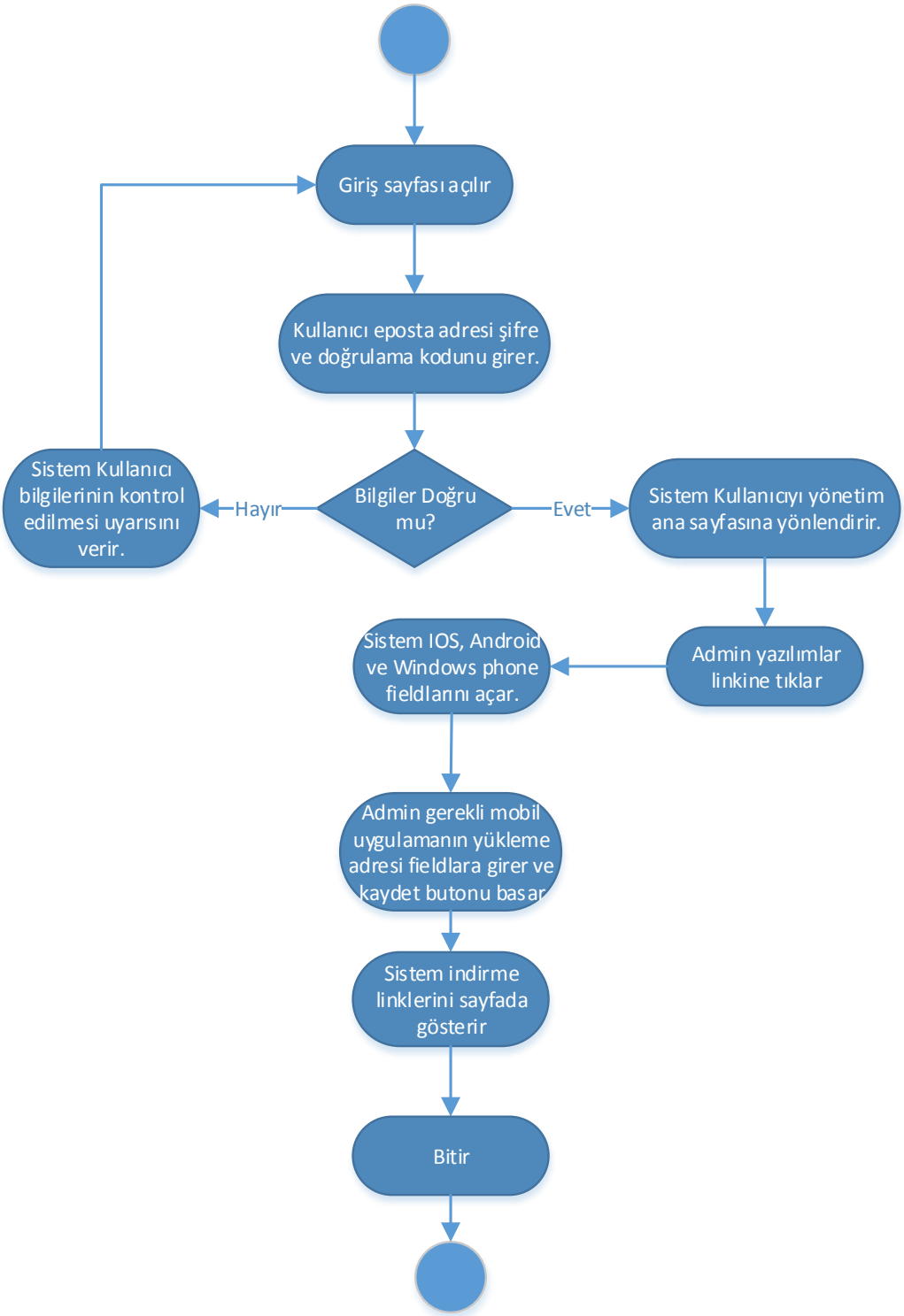
ADMİN Akademik Yayınlar Akışı

Admin akademik yayınlar için başlık içerik ve fotoğraf yükleyerek ilgili akademik yayınların sunumunu uygulama üzerinden sağlar.



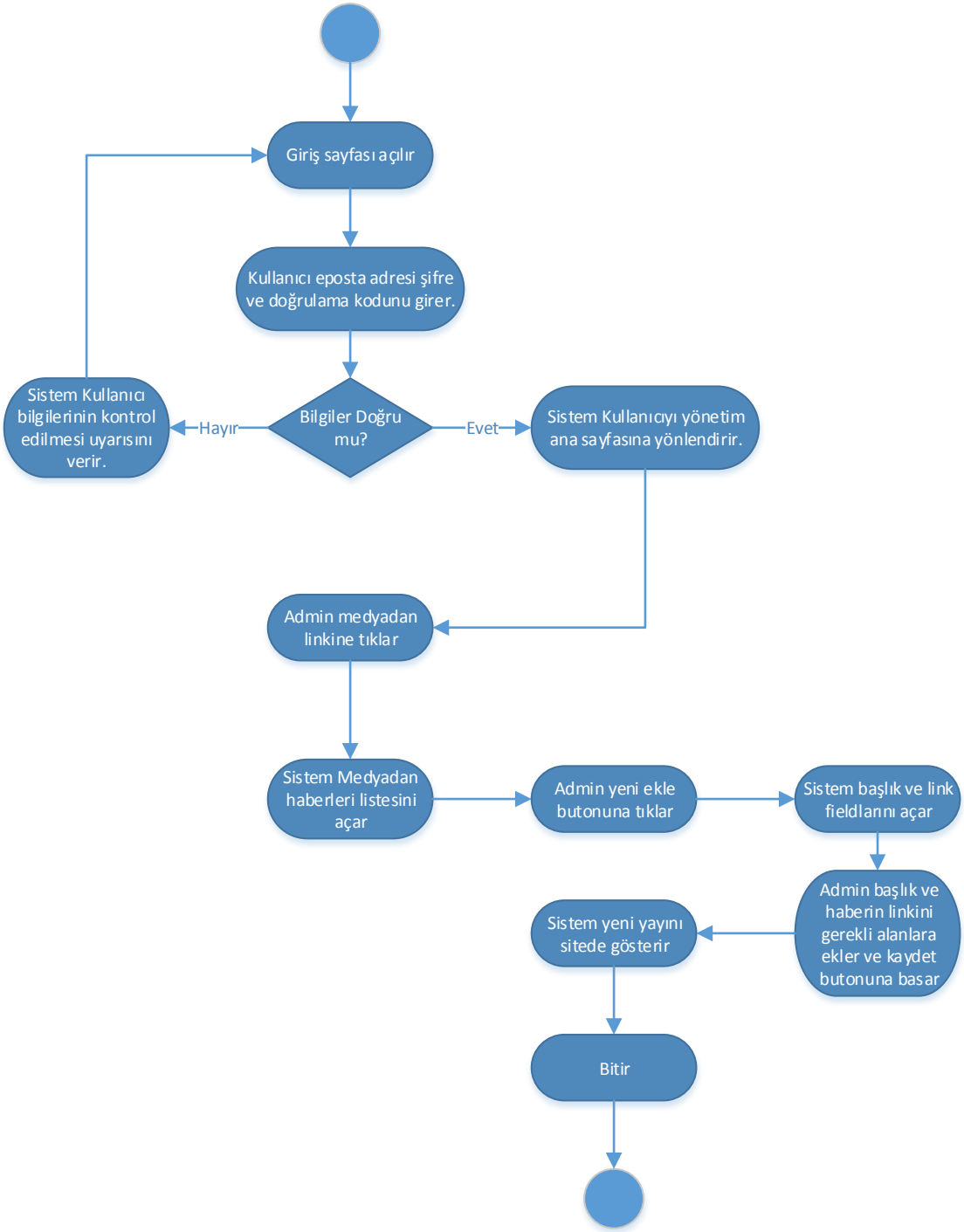
Admin Yazılımlar Akışı

Admin sitede gösterilmek üzere mobil uygulamaların (IOS, Android, Windows) linklerini girerek kaydeder ve kullanıcıların indirebilmeleri için linkleri yayınlar.



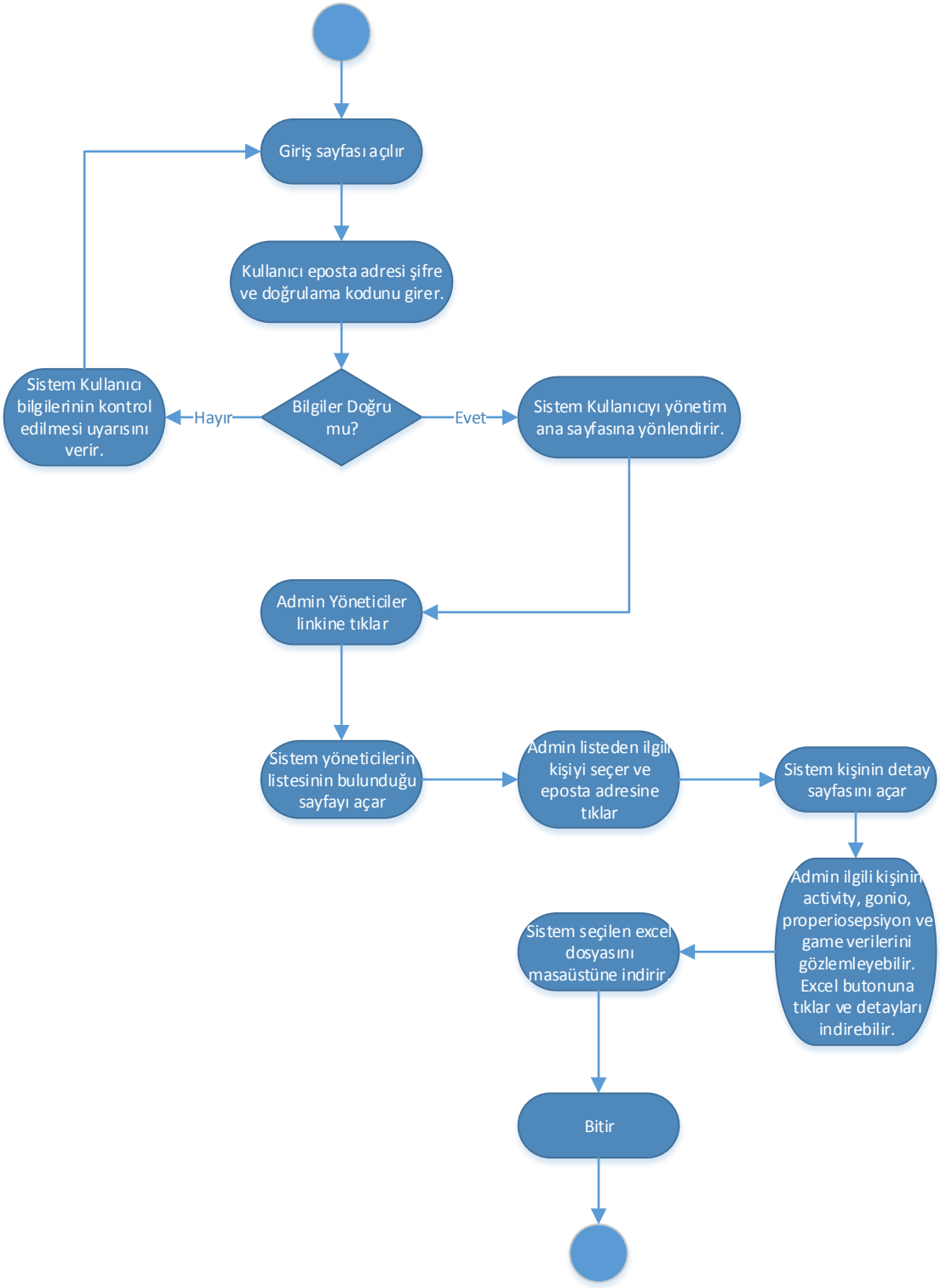
ADMİN Medyadan Akışı

Admin medya haberleri için başlık ve ilgili haberin linkini kaydeder ve sitede görünmesini sağlar.



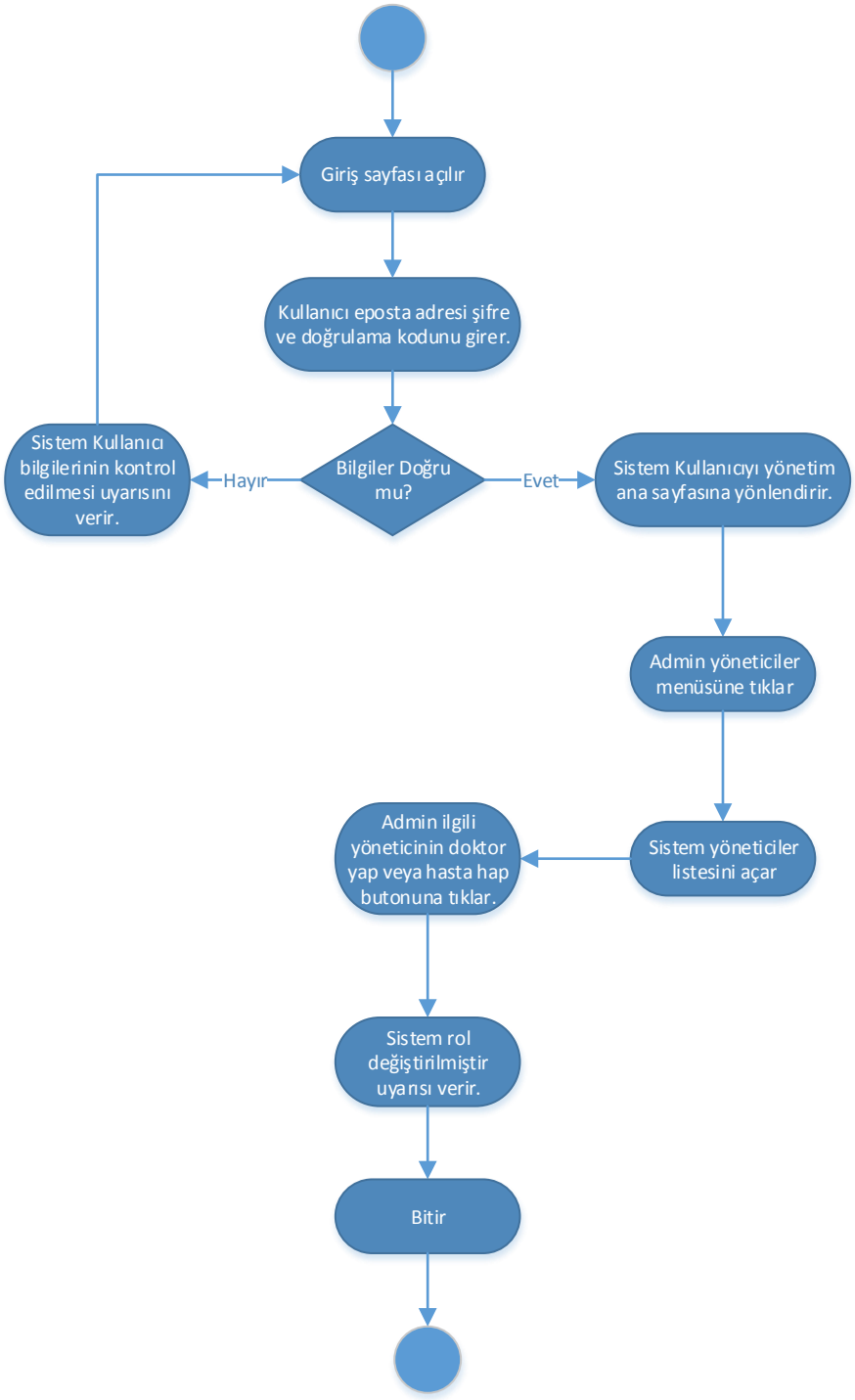
ADMİN Yöneticiler Akışı

Admin uygulama yöneticilerini tanımlayabilir, silebilir veya kişi detay sayfalarına ulaşabilir.



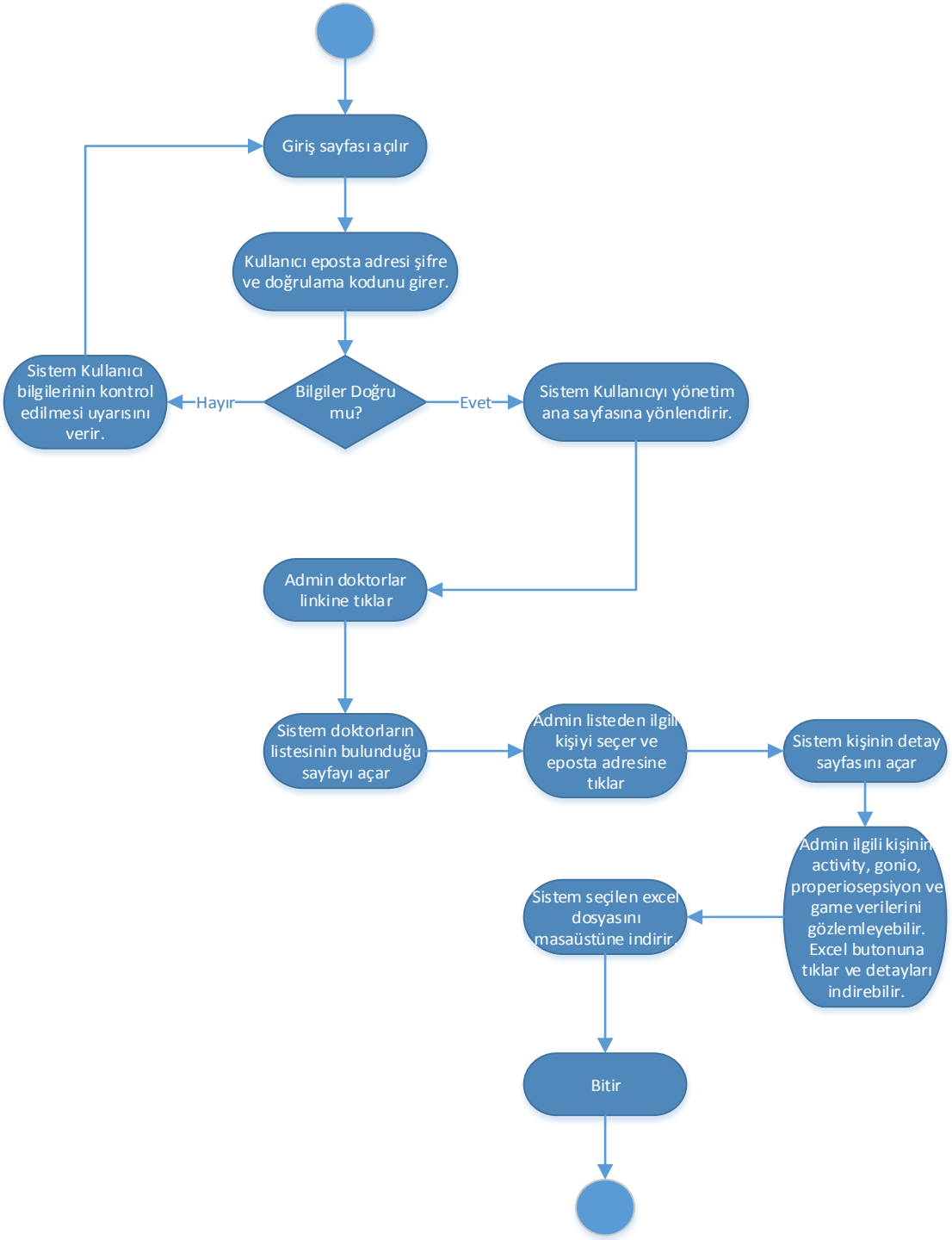
ADMİN Yönetici Rol Değiştirme

Admin yönetici detay sayfasından kişinin rolünü hasta ya da doktor olarak değiştirebilir.



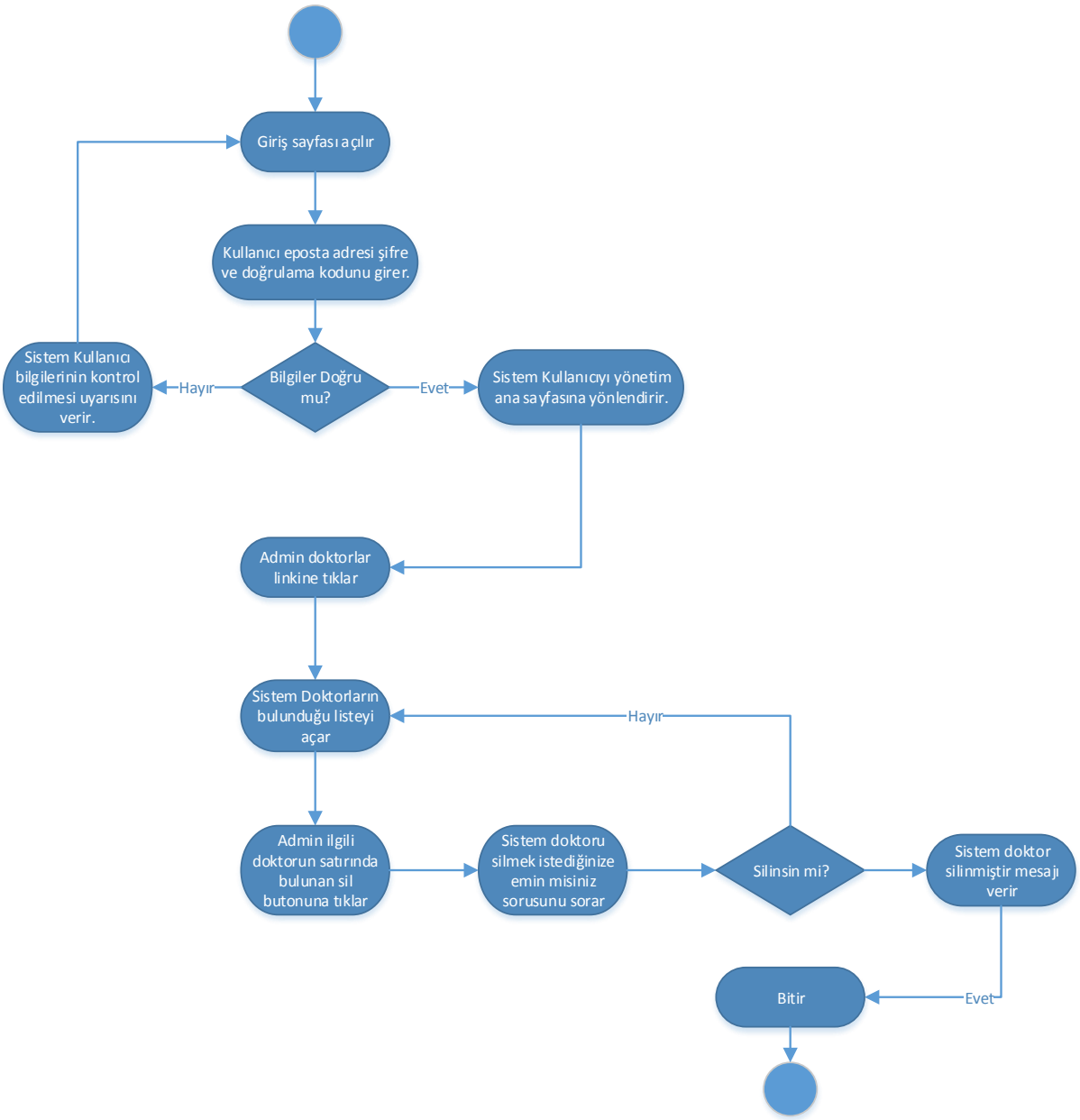
ADMİN Doktorlar Akışı

ADMİN Sistem üzerinden ilgili kişiye rol ataması yapabilir ve kişiyi doktor rolüne atayarak detay sayfalarını görebilir, doktor olarak atanan kişi hastalarının detaylarına ulaşabilir ve cihaz tanımlaması yapabilir.



ADMİN Doktor Silme Akışı

Admin kullanıcısı doktorlar listesine giriş yaparak ilgili doktoru silebilir.

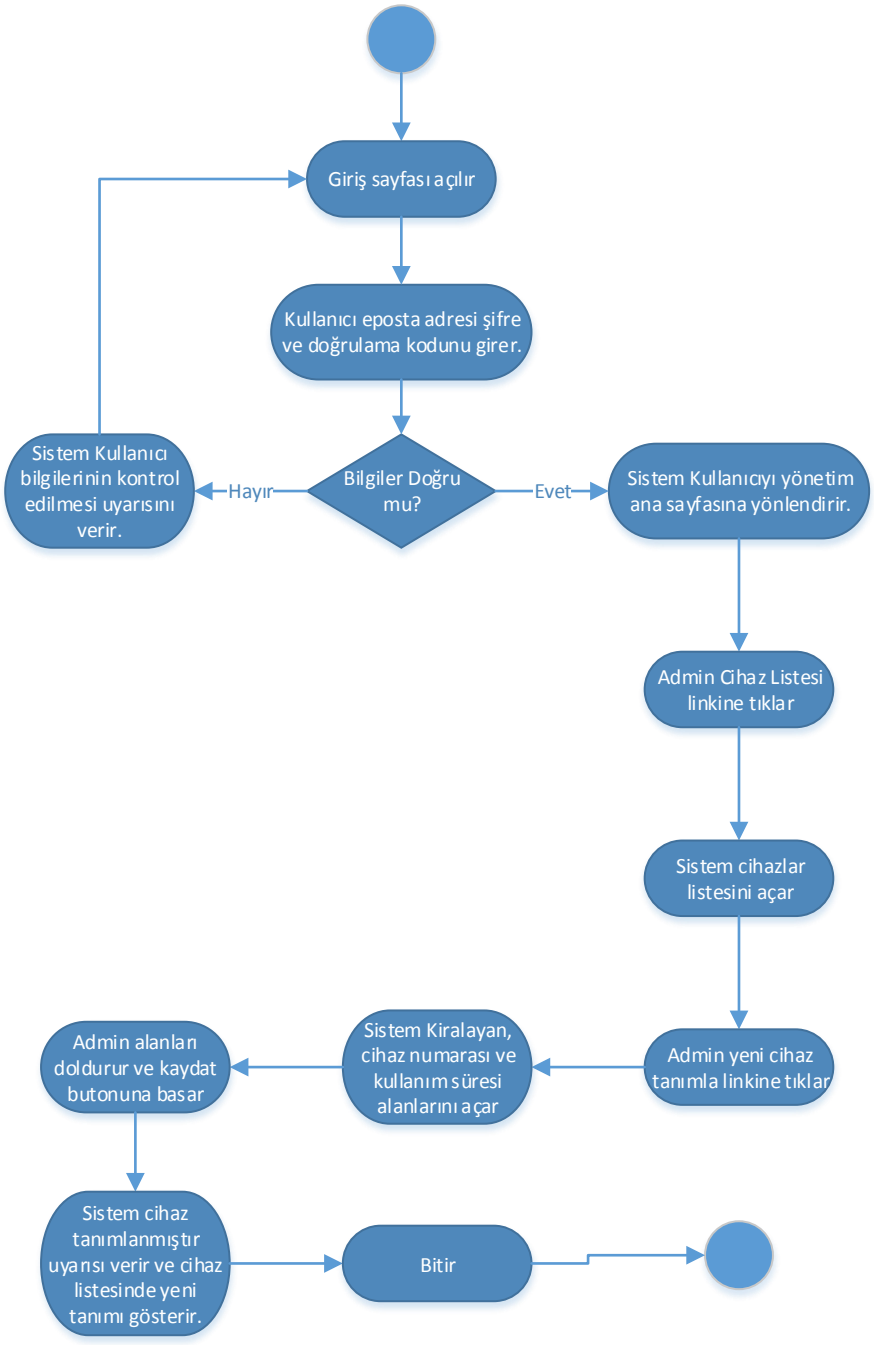


ADMİN Hastalar Akışı

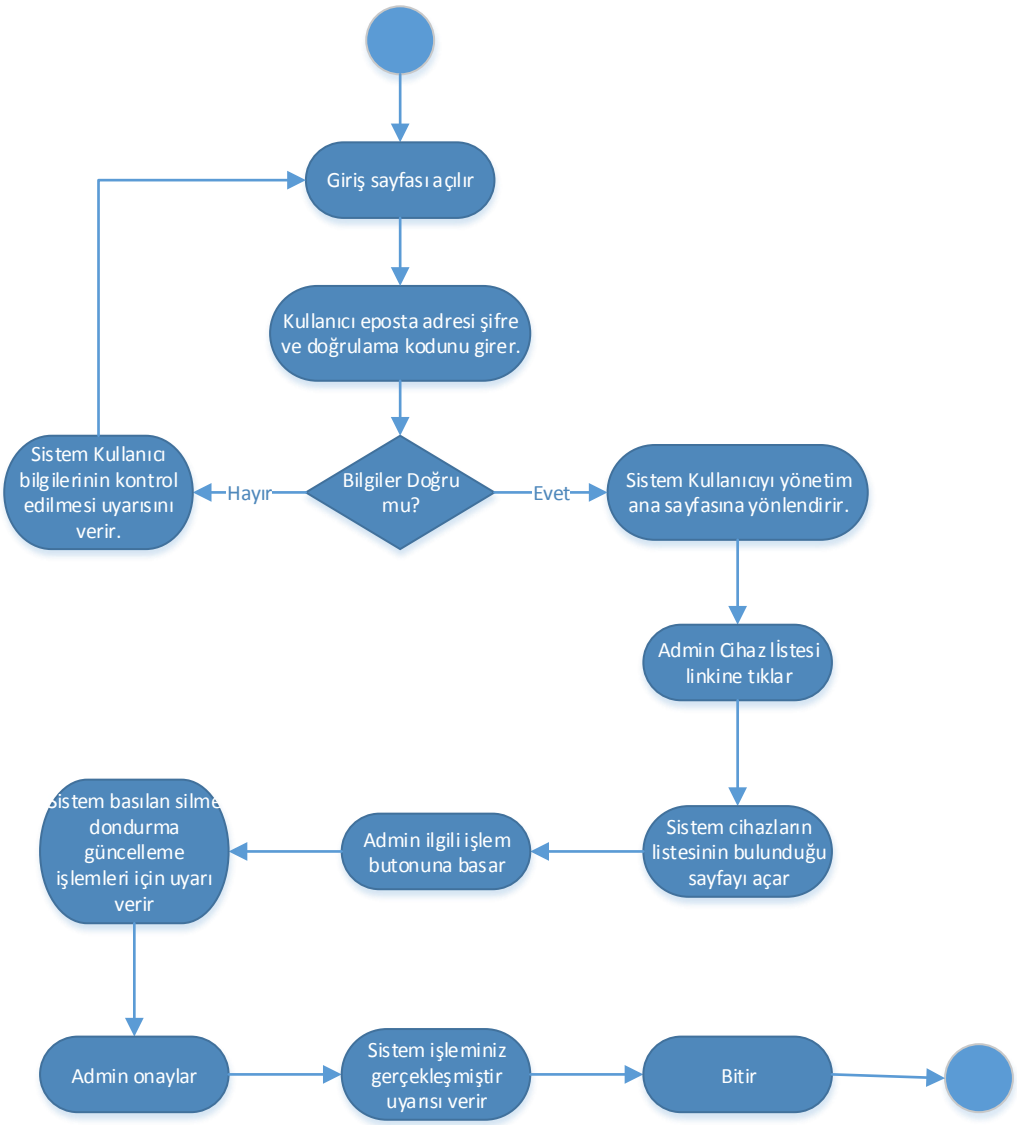
ADMİN Hastalar listesine erişerek tüm hastaları görebilir, dilediği hastanın detay sayfasına erişerek hasta hakkındaki bilgileri gözlemleyebilir.



ADMİN Cihaz Tanımlama

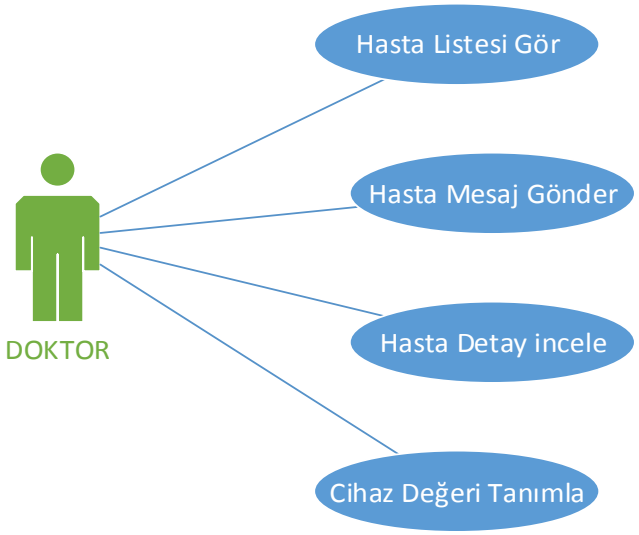


ADMİN Cihaz Satışı Silme Güncelleme ve Durdurma Akışı

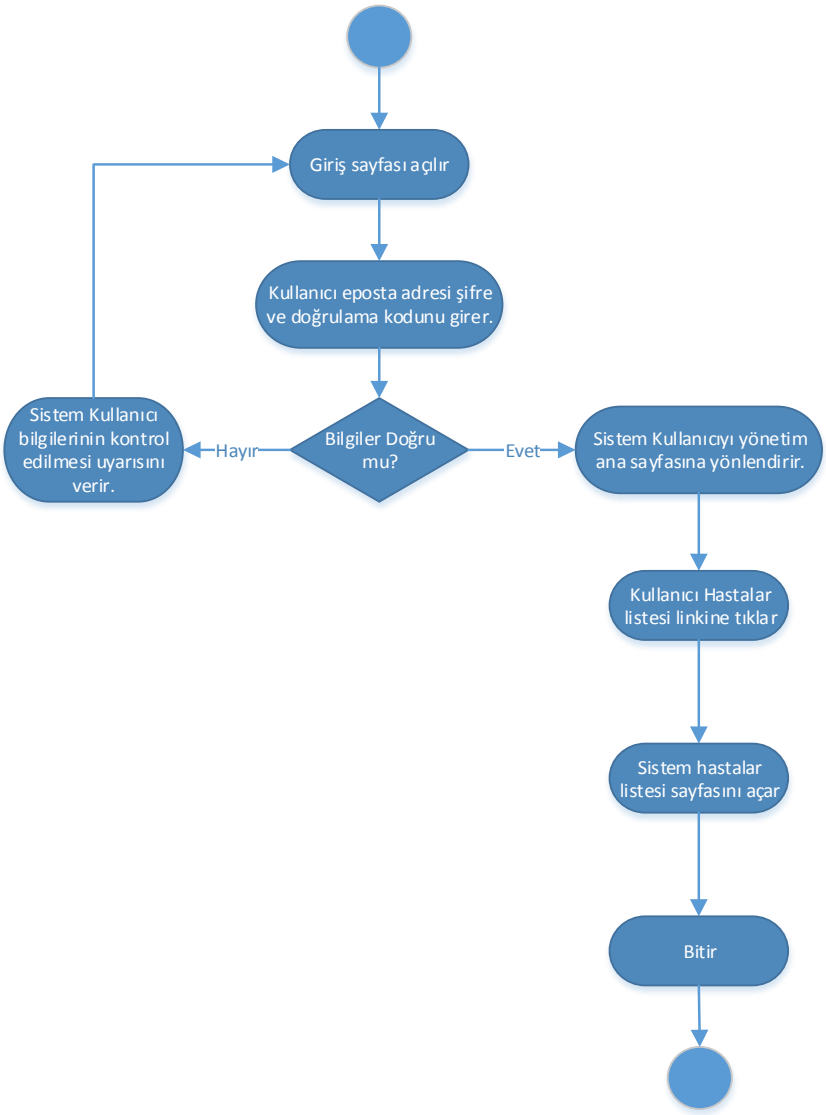


DOKTOR Kullanıcısı UseCase (Doktor Kullanıcısı Kullanım Durumu)

Doktor kullanıcısı kendisine bağlı hastaları listeleyebilir ve o hastaların detaylarına erişebilir. İlgili hastalar için cihaz tanımlaması ve cihazlara ait değerleri girerek hastanın faaliyetleri belirli açılarla yapmasını sağlamaktadır.



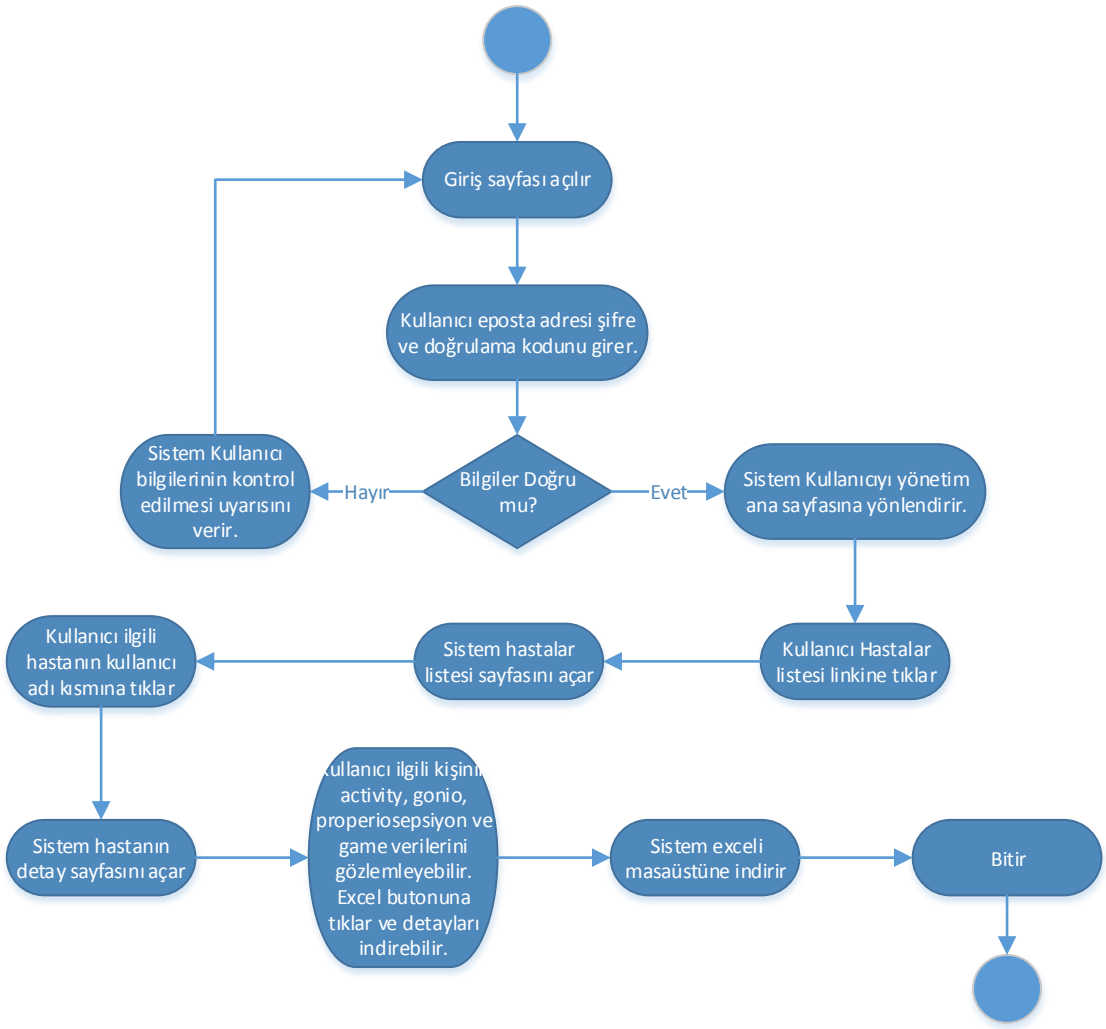
DOKTOR Hasta Listesi Akışı



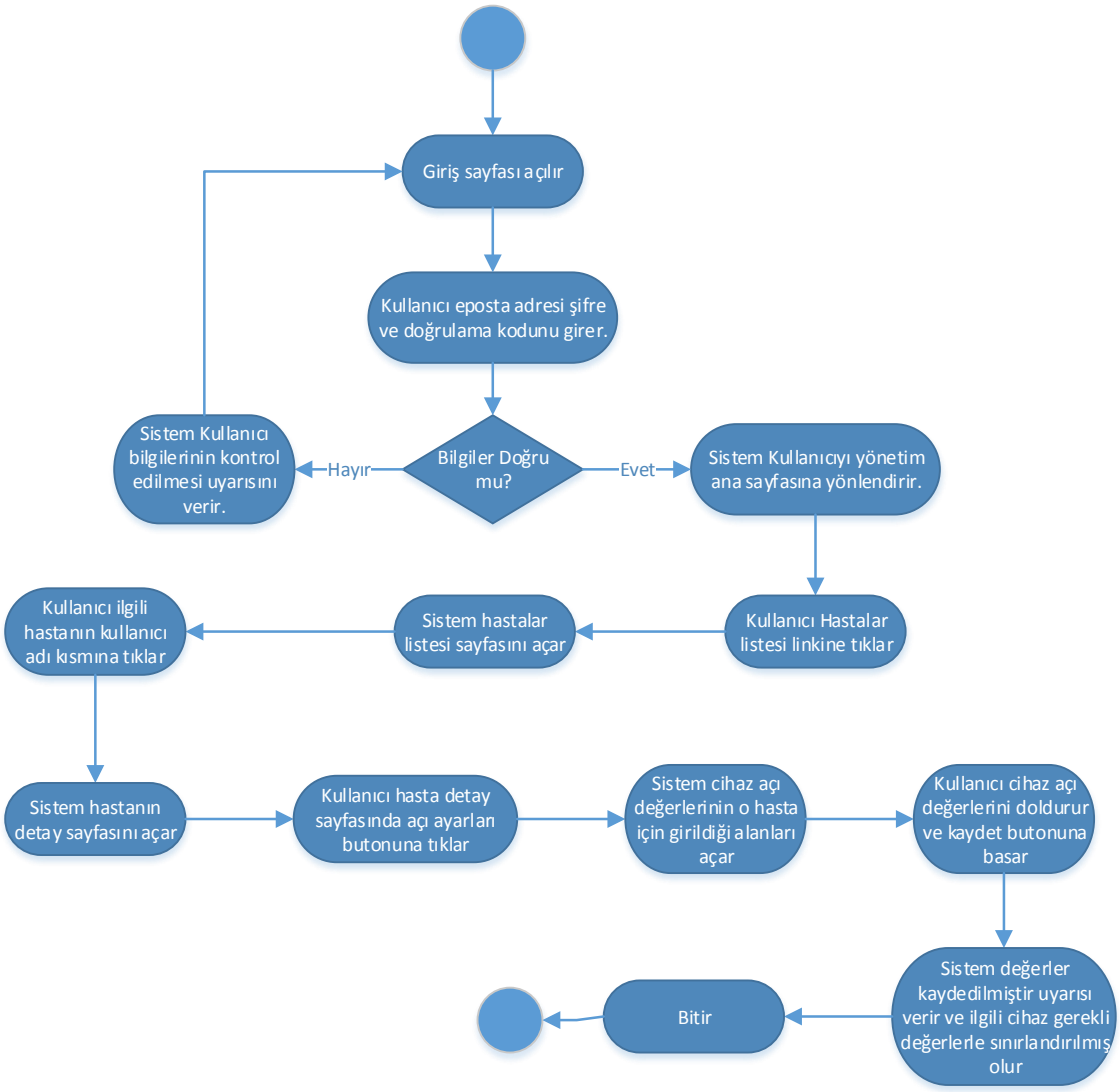
DOKTOR Hasta Mesaj Gönderme Akışı

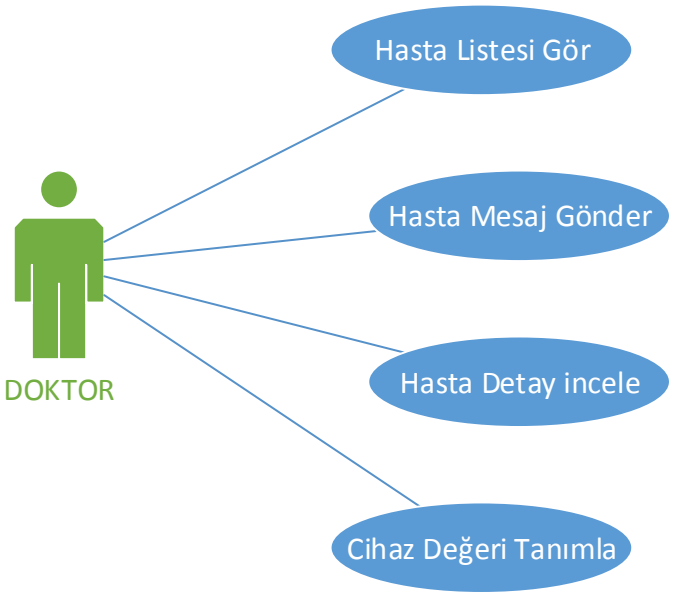


DOKTOR Hasta Detayı Görüntüleme

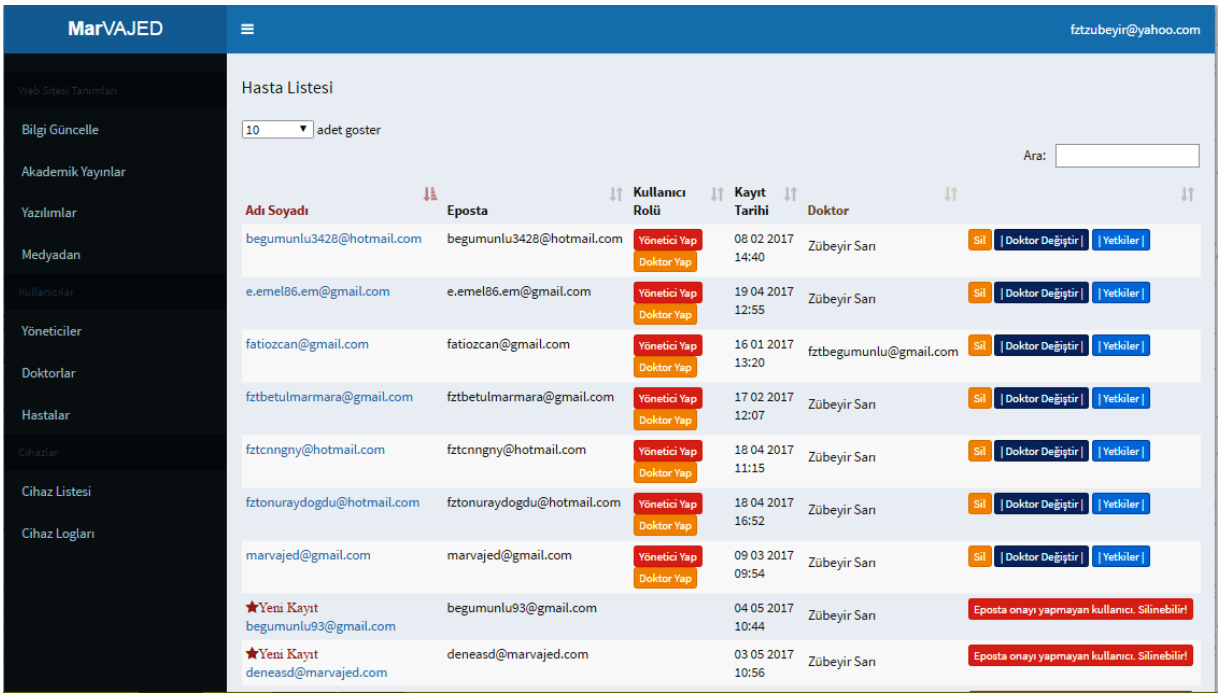


DOKTOR Cihaz Değeri Tanımlama Akışı





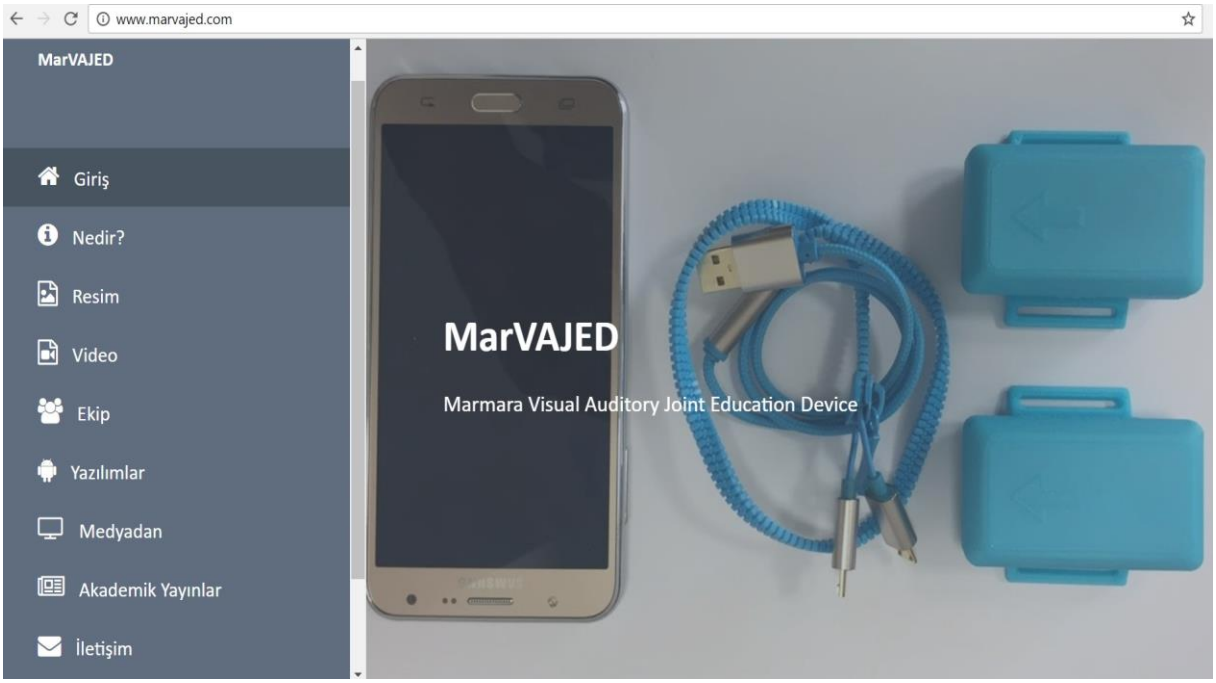
Webserver Ekran Görüntüsü Resmi



İnternet sitesi ve mail adresinin oluşturulması

Üretilen cihazın özelliklerinin yer aldığı, kullanıcıların cihaz ile ilgili bilgi ve yayınlara ulaşabileceği web sayfası tasarlandı ve kullanıma açıldı (www.marvajed.com). Kullanıcıların cihazla ilgili sorularının cevaplandırılması ve iletişim kurulabilmesi için elektronik posta adresi oluşturuldu (info@marvajed.com).

Web Sitesi Ekran Görüntüsü 1



Web Sitesi Ekran Görüntüsü 2



4. BULGULAR

4.1. Elektronik Cihazın Laboratuvar ve Hasta Üzerinde Ölçümlerinin Yapılarak Standardizasyonunun Sağlanması

8 - 10. Ay: EC-ver2 ile elektronik gonyometre sonuçları karşılaştırıldı ve tutarlı sonuçlar alındı. Aynı şekilde Biodex izokinetik sistem kullanılarak yapılan karşılaştırmalı çalışmalarda geliştirilen elektronik cihazın doğru bir şekilde açıları ölçtüğü tespit edildi. Geliştirdiğimiz elektronik cihazın Universal Gonyometreye göre daha hassas sonuçlar verdiği gözlemlendi. Aynı şekilde Elektronik Gonyometre ile karşılaştırmalı çalışmalar yapıldı ve uyumlu sonuçlar elde edildi (Tablo – 1, 2 ve 3).

Tablo 1. MarVAJED (EC-ver1, K-ver1) ile Universal ve Elektronik Gonyometre karşılaştırmaları

MarVAJED	Universal Gonyometre	Elektronik Gonyometre
10	10	11
30	30	32
45	45	43
60	60	62
90	85	88
120	120	122

Tablo 2. MarVAJED (EC-ver2, K-ver2) ile Universal ve Elektronik Gonyometre karşılaştırmaları

MarVAJED	Universal Gonyometre	Elektronik Gonyometre
10	10	9
30	30	32
45	50	43
60	60	62
90	95	87
120	115	121

Tablo 3. MarVAJED (EC-ver3, K-ver3) ile Universal ve Elektronik Gonyometre karşılaştırmaları

MarVAJED	Universal Gonyometre	Elektronik Gonyometre
10	10	10
30	25	31
45	50	47
60	60	58
90	90	93
120	115	118

Elde edilen veriler ile “MarVAJED Propriosepsiyon Protokolünün Geçerlilik ve Güvenirliğinin Değerlendirilmesi – Pilot Çalışma” adlı ön çalışmamız, konu ile ilgili alanda çalışan akademisyenlerin düzenledikleri “2. Romatolojik Rehabilitasyon Kongresi”nde sunulmak üzere gönderilmiş ve poster bildiri olarak sunulmuştur (Bildiri 1). Bununla birlikte,

Kongre Düzenleme Komitesi kararı ile bu özelliğin sunumu ve araştırmacılara tanıtımı ayrı bir oturumda yapıldı (Sunum 1).

4.2. Elektronik Cihazın Altın Standart Olarak Gösterilen İzokinetik Sistemlerle Karşılaştırılması

12 – 15. Ay: Üretilen nihai cihaz ile birlikte yapılan ölçümlerde, cihazın elektronik ve universal gonyometreden çok daha hassas sonuçlar verdiği saptanırken, altın standart ölçüm yöntemi olarak kabul edilen izokinetik dinamometre ile karşılaştırıldığında yüksek düzeyde pozitif korele sonuçlar elde edildiği görüldü.

Tablo 4. İki Ayrı Değerlendirici Tarafından İki Ayrı Günde Referans Açıların Ölçülmesi ve Hata Payları

Ölçüm Yöntemi	Referans Açı	1. Gün Ort±SS	2. Gün Ort±SS
MarVAJED – Değerlendirici 1	30^0	3.16±1.10	3.35±1.03
	60^0	3.21±1.71	3.47±1.63
	90^0	2.83±1.43	3.10±1.49
MarVAJED – Değerlendirici 2	30^0	3.41±2.07	2.96±0.86
	60^0	3.68±1.68	4.18±2.95
	90^0	3.29±1.78	2.57±1.96
Biodex İzokinetik Dinamometre	30^0	2.58±1.60	-
	60^0	2.67±2.20	
	90^0	1.65±1.02	

Tablo 5. Tüm Ölçüm Yöntemlerinin Geçerlilik ve Güvenilirliği

Ölçüm Yöntemi	Referans Açı	ICC (95% CI)	SEM	p
Değerlendiriciler Arası Güvenirlik D1 vs D1	30^0	0.84 (0.72 to 0.88)	0.85	<0.001
	60^0	0.88 (0.78 to 0.92)	1.12	<0.001
	90^0	0.82 (0.76 to 0.88)	1.36	<0.001
Değerlendiriciler Arası Güvenirlik D2 vs D2	30^0	0.94 (0.90 to 0.96)	0.74	<0.001
	60^0	0.92 (0.86 to 0.96)	0.58	<0.001
	90^0	0.84 (0.80 to 0.88)	1.23	<0.001
Değerlendiriciler Arası Güvenirlik D1 vs D2	30^0	0.94 (0.90 to 0.96)	0.80	<0.001
	60^0	0.82 (0.78 to 0.86)	1.39	<0.001
	90^0	0.84 (0.78 to 0.88)	1.29	<0.001
Biodex vs MarVAJED Geçerlilik D1	30^0	0.88 (0.78 to 0.92)	1.30	<0.001
	60^0	0.92 (0.86 to 0.96)	0.73	<0.001
	90^0	0.76 (0.62 to 0.80)	1.45	<0.001
Biodex vs MarVAJED Geçerlilik D2	30^0	0.82 (0.76 to 0.86)	0.66	<0.001
	60^0	0.86 (0.80 to 0.88)	1.29	<0.001
	90^0	0.78 (0.70 to 0.82)	1.38	<0.001

D1: Değerlendirici 1, D2: Değerlendirici 2, ICC: Intraclass Correlation Coefficient, CI: Confidence Interval, SEM: Standard Error of the Measurement

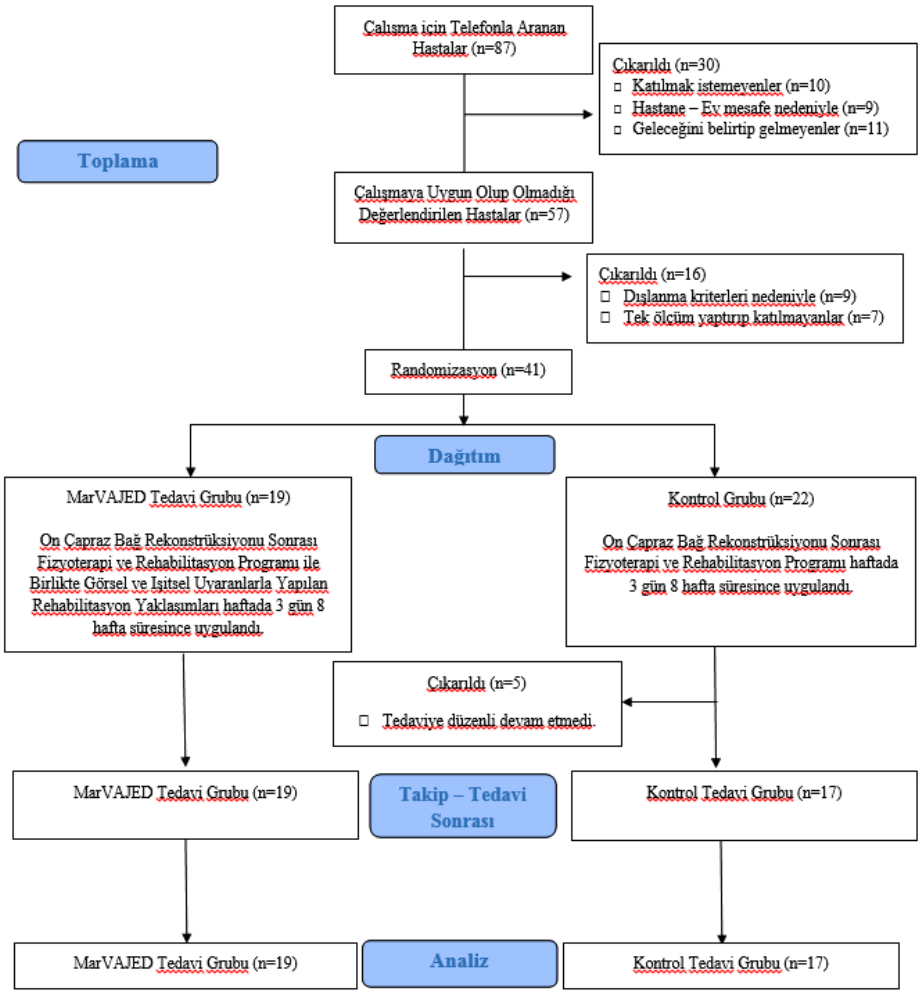
Literatür bilgisi değerlendirildiğinde, alanda yapılmış kantitatif çalışmaların tamamında eklem hareket açıklığı ve propriosepsiyon değerlendirmelerinde izokinetik dinamometre sistemleri kullanılmıştır. İzokinetik dinamometre sistemleri, eklemde meydana gelen 1^0'lik açısal değişimleri objektif olarak ölçebilmektedir. Biz de üretmiş olduğumuz cihazın etkinliğini değerlendirmek için 11 erkek, 32 kadın, toplamda 43 sağlıklı birey üzerinde çalışmalarımızı yürüttük. Yapılan Power Analizi sonucunda, çalışmaya en az 32 olgu alınması gerektiği saptanırken, olguların çalışmayı tamamlayamama ihtimaline karşılık, çalışmayı %30 daha fazla olgu ile gerçekleştirdik. Ürettiğimiz cihazın etkinliği için, tüm olgular hem MarVAJED hem de izokinetik dinamometre ile 2 farklı değerlendirici tarafından 2 farklı günde 3 farklı açıda ölçüldü. Tüm ölçümler üçer tekrarlı yapılarak ortalamaları alındı. Her bir olguda 36, toplamda ise 1548 farklı ölçüm yapılması nedeniyle olguların tamamlanması süreci uzun sürmüştür.

15 – 18. Ay: Tüm ölçümlerin tamamlanması neticesinde, gerekli istatistiksel analizler bu zaman aralığında yapılmıştır. Analizler sonucunda; objektif veri sağlayan altın standart ölçüm yöntemi olarak kabul edilen izokinetik dinamometre ile karşılaştırıldığında geçerli, iki farklı değerlendirici tarafından iki farklı günde yapılan ölçümler ile karşılaştırıldığında ise güvenilir bir cihaz olduğu saptanmıştır. Üretilen cihaz, tüm açısal ölçümlerde yüksek düzeyde benzerlik göstermiştir (Tablo 5). Elde ettiğimiz sonuçlar raporlanmış ve alanında yüksek impakt faktörüne sahip endeksli dergilerden "*Journal of Sport Rehabilitation"* dergisine yayınlanmak üzere gönderilmiştir. Çalışmamız, dergi hakemleri tarafından ilgi ile karşılanmış, revizyon kararı verilmiştir. 3 aylık süre içerisinde dergi hakemleri tarafından istenen düzenlemeler tamamlanarak editöre iletilmiştir (Dergiye gönderilen makale ektedir).

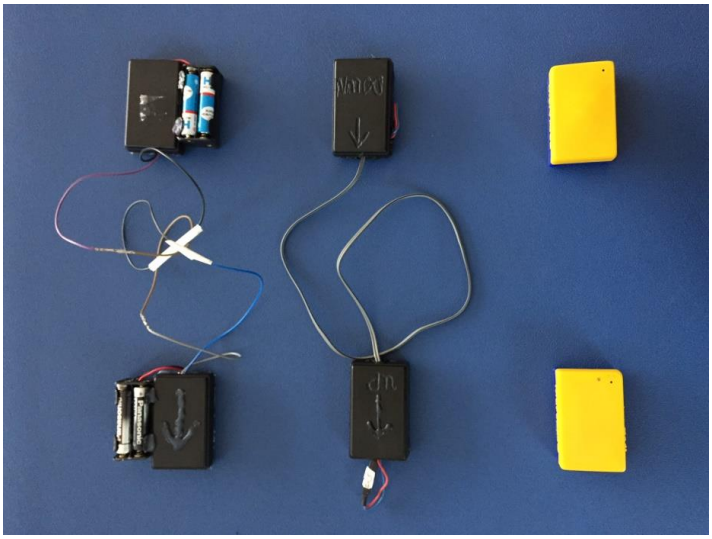
4.3. Elektronik Cihazın Ortopedik Vakalar Üzerinde Uygulanması

Bu pakette planlanan 2 ayrı doktora tez çalışması (ortopedi ve çocuk nörolojisi alanlarında planlanmıştır) başlatıldı. Ortopedik olgularda planlanan "Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu Geçiren Bireylerde Görsel ve İşitsel Uyarılarla Yapılan Rehabilitasyon Yaklaşımlarının Etkinliğinin Değerlendirilmesi" isimli tez, Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü'nce kabul edilmiş olup, Uzm. Fzt. Onur AYDOĞDU tarafından yürütülmektedir. Tez çalışmasında yer alan Virtüel Rehabilitasyon geliştirmekte olduğumuz cihaz ile yapılmaktadır. Bu cihaz ile toplam 30 olgu alınması kararlaştırılmış olup, 87 hastaya ulaşılarak çalışmaya davet edilmiş ve çalışmaya kabul edilen hastalar ve tedaviden çıkartılan hastaların diagramı Diagram 1'de görülmektedir. Tez çalışmasında EC-ver2 ve EC-ver3 kullanılmaktadır (Diagram 1) (Resim 6).

Çocuk nörolojisinde planlanan tez çalışması da yine aynı Enstitü Doktora Öğrencisi olan Uzm. Fzt. Rıdvan SEYHAN tarafından yürütülmektedir. "Serebral Palsili Çocuklarda Virtuel Rehabilitasyonun Spastisite, Propriosepsiyon, Denge ve Fonksiyonel Bağımsızlığa Etkisi" isimli tez Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü'nce kabul edilmiş olup olgu alımına henüz başlandı. Tez çalışmasında planlanan Virtüel Rehabilitasyon geliştirmekte olduğumuz cihaz ile yapılmaktadır. Tez çalışmasında EC-ver4 kullanılmaktadır (Resim 7).



Diyagram 1. Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu Geçiren Bireylerde Görsel ve İşitsel Uyarılarla Yapılan Rehabilitasyon Yaklaşımlarının Etkinliğinin Değerlendirilmesi Çalışmasında Olgu Diyagramı



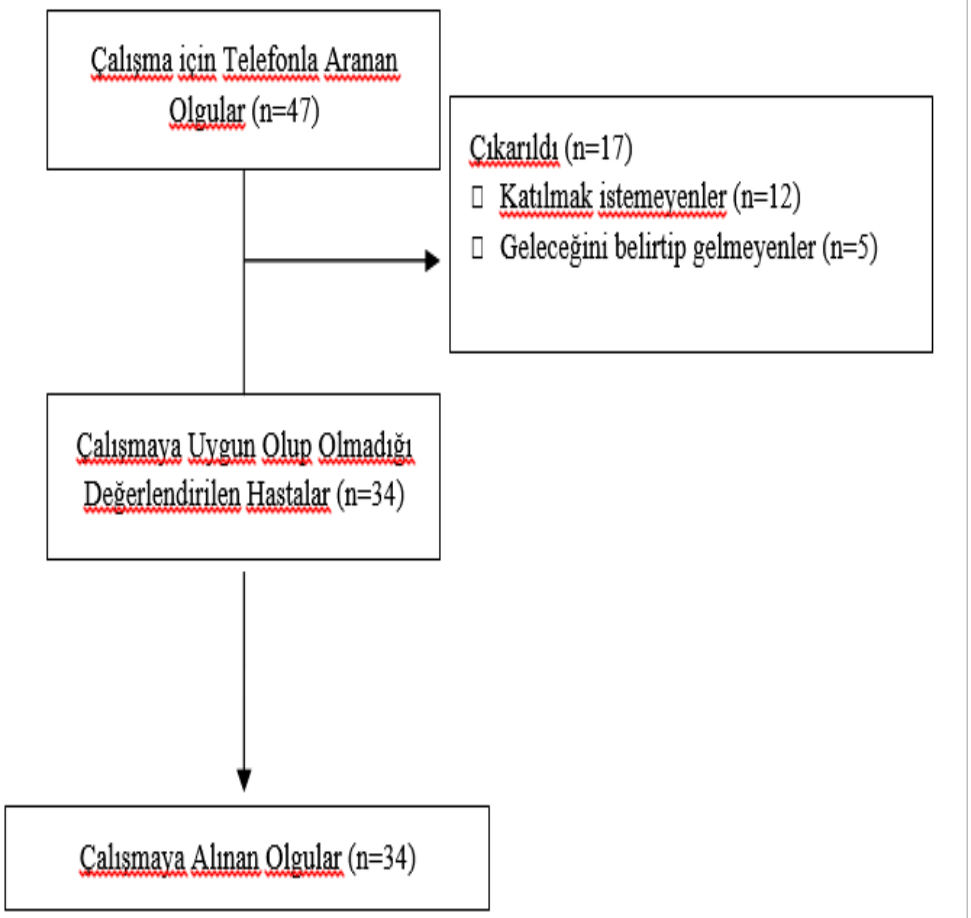
Resim 6. EC-ver1 (solda), EC-ver2 (ortada) ve EC-ver3(sağda)



Resim 7. EC-ver4

4.4. Elektronik Cihazın Diğer Eklemlerde Kullanılması

Özellikle diz eklemine yönelik planlanan sistemin, farklı eklemlerde pozisyonlanması ve pozisyonlanacak eklemlere göre mobil cihaz yazılımına seçeneklerin eklenmesi ile birlikte diğer ekstremite eklemlerinde ve hatta gövde hareketlerinin analizinde de sistemin kullanılabileceği değerlendirildi. İş paketimizde olmayan bu özelliğin geliştirilmesi için gerekli çalışmalara omuz eklemiyle birlikte başlandı. Omuz ekleminde cihazın geçerlilik güvenilirliğinin incelenmesi amacıyla yapılan çalışmaya 34 sağlıklı birey dahil edildi. Çalışmanın veri toplama aşaması tamamlandı, yazım bölümünün önümüzdeki 3 ay içerisinde tamamlanarak endeksli bir dergiye makale olarak gönderilmesi planlanmaktadır (Diyagram 2).



Diyagram 2. Omuz Ekleminde MarVAJED Propriosepsiyon Uygulamasının Geçerlilik ve Güvenirliği Olgu Diyagramı

5. TARTIŞMA

Tıp alanı başta olmak üzere tüm sağlık alanlarında çeşitli teknolojik yaklaşımlar rehabilitasyon süreçlerine dahil edilmektedir. Rehabilitasyona teknolojik yaklaşımların katkısı, bu alanda yapılan çalışmalarda da ortaya konulmaktadır.

Eklem hareket açıklığı ve pozisyon hissi, bireylerde günlük yaşam aktivitelerinde kritik önemdedir. Bu parametreler, fizyoterapi ve rehabilitasyon sürecinde, yaralanma riski ve spor perfomansı açısından mutlaktır (Akseki, Erduran, Özarslan, & Pınar, 2010; Ordahan, Kucuksen, Tuncay, Salli, & Ugurlu, 2015). Eklem hareket açıklığı ve pozisyon hissinin, günlük yaşam aktiviteleri ve postürel stabiliteye katkılı olduğu ortaya konmuştur. Öte yandan, bu parametreleri değerlendirmede kullanılan güncel teknolojik cihaz ve sistemler laboratuvar gerektiren ve kullanımı zor karmaşık sistemlerdir.

Sağlık alanında, hastalara tanı koymak için değerlendirmeler yapmada objektif yöntemlere, tedavi sürecinde ise hastalara fayda sağlayacak ve onların tedavi sürecine aktif katılımlarını artıracak inovatif olan ve literatür bilgisine dayalı teknolojik tedavi yöntemlerine ihtiyaç olduğu bilinmektedir. Öte yandan bu tip teknolojik cihaz ve sistemlerin genellikle yurt dışında üretilmeleri, yüksek maliyetli oluşları limitasyonlarıdır. Ülkemizde bu durum incelendiğinde, teknolojiyi ve mühendisliği sağlık sektörüne entegre eden yerelde üretilmiş az sayıda projeye rastlanmıştır. Sağlık alanına yönelik ulusal düzeyde üretilen tüm teknolojik sistemlerin, insan yaşamı ve ülkemiz ekonomisine yararı yadsınamaz.

Fizyoterapi ve rehabilitasyon bilim dalındaki literatür incelendiğinde ve fizyoterapi ve rehabilitasyon ihtiyacı olan hastaların tedavi süreci ve değerlendirmeleri esnasında yapılan gözlemlerde propriosepsiyon ve eklem hareket açıklığının kontrolü, bu parametrelerin değerlendirilmesi ve tedaviye transferini sağlayacak teknolojik bir sisteme ihtiyacı olduğu bilinmektedir.

Sağlık bilimleri disiplinleri arasında özellikle fizyoterapi ve rehabilitasyon alanında son yıllarda teknolojik yaklaşımlar, değerlendirme ve tedavi süreçlerinde sıklıkla ve giderek artan şekilde kullanılmaktadır. Hastaların değerlendirmesinde video bazlı ya da hareket analizi sistemleri ön plana çıkmaktadır. Özellikle hareket analizi sistemleri; statik olarak değil, hareket halindeyken eklem hareket açıklığını değerlendiren farklı markalarda üç boyutlu hareket analizi sistemleri bulunmaktadır. Bu sistemlerin geçerlilik ve güvenilirlikleri yüksek olmasına rağmen, en büyük dezavantajları laboratuvar ortamında gerçekleştirilme zorunluluğudur ve bireye herhangi bir geri bildirim yapmamaktadır. Aynı zamanda bu sistemler sadece değerlendirme aracı olarak kullanılmaktadır, tedavi sürecinde kullanımı gerçekleştirilememektedir. Bu sistemlerin mekan bağımlı özellikleri nedeniyle; bazı eklemlere spesifik olarak değerlendirmelerin yapılmasına olanak veren elektronik gonyometreler geliştirilmiştir. Literatürde mekanik gonyometrelerin yeterli olmadığı, inovatif

bir ölçüm yöntemine ihtiyaç duyulduğu saptanmıştır. Bu nedenle, Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü olarak MarVAJED adını verdiğimiz (Marmara Visual Auditory Joint Education Device) sistemi geliştirdik.

Geliştirmiş olduğumuz sistemin, literatürde yer alan sistemlerden farklı olarak bazı avantajları vardır. Öte yandan, olgu alımları sırasında görüldüğü üzere, üretilen sistemle ilgili geliştirilmesi gereken bazı noktalar bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi, üretmiş olduğumuz prototip, mevcut durumda en iyi ölçümlerini diz ekleminde vermektedir. Diğer eklemlere uygulandığında, kısmen problemle karşılaşılabilmektedir. Sistem tasarlanırken diz eklemine göre tasarlanmıştı. Oysa vücudun anatomik yapısı nedeniyle her eklem kendine özgüdür. Diz ekleminin çalışma paterni düşünüldüğünde, farklı hareketlerin de oluştuğu kalça gibi diğer eklemlerde meydana gelen hareket paternine sistemin anlık olarak uyarlanamaması nedeniyle mevcut sistem ile diğer eklemlerde ölçüm yapılırken minimal hatalar meydana gelebilmektedir. Bu, üretilen sistemin bir yazılım limitasyonudur. İleriki süreçte yeni bir yazılım oluşturulması ya da mevcut yazılımın güncellenmesi ile bu durum ortadan kaldırılacak ve sistemimizin belli başlı tüm eklemlerde ve aynı anda kullanılması sağlanacaktır.

Mevcut sistemin geliştirilmesi gereken bir diğer limitasyonu ise, virtüel rehabilitasyon uygulamalarıdır. Virtüel rehabilitasyon uygulamaları, hastanın motivasyonunu arttırarak eğlenmesini sağladığı için hastanın tedaviye devamlılığını da artırmaktadır. Son 5 yıl içinde virtüel rehabilitasyon alanında yaygınlaşmaya başlayan ürünler Nintendo Wii, Sony Playstation, Microsoft Xbox ve Kinect'tir (Toktaş, Yaman, Ulaşlı, & Dündar, 2015). 21. yy başlarından itibaren üretilmeye başlayan Nintendo Wii ile son yıllarda virtüel rehabilitasyonun etkilerini inceleyen çalışmalar yapılmıştır. Brown ve arkadaşları inme geçirmiş hastalarda Nintendo Wii uygulamalarının denge üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Laver ve arkadaşları 21 geriatrik hastada Nintendo Wii virtüel rehabilitasyon uygulayarak hastanede kalış sürelerinin etkilerine bakmışlardır. Yapılan pek çok çalışmada, Nintendo Wii başta olmak üzere tüm virtüel rehabilitasyon uygulamalarının hastalar üzerinde uygulanabilir olduğu, uygulamanın eğlenceli oluşu, motivasyonu arttırması, kişilerin dengesinin artmasında, fonksiyonelliklerinin ve normal eklem hareketlerinin gelişmesine olan olumlu etkileri sayesinde rehabilitasyonda kullanılması gerektiği düşüncesi görülmüştür. Fakat bu sistemlerin genellikle yüksek maliyeti oluşu, kolay parça temin edilemeyişi, belli bir mekana bağımlı oluşu ve sadece belli tip, sınırlandırılmış gövde ya da kol – bacak hareketleri ile egzersiz yapılması en büyük handikaplarındandır. Bizim geliştirdiğimiz sistem ile diz ekleminde, herhangi bir zaman diliminde mekan bağımsız olarak istenilen açıda spesifik olarak farklı çeşitlerde uygulamalar yapılabilmektedir. Projede yükümlü olduğumuz kısım, diz eklemi açısından virtüel rehabilitasyon uygulamalarının

yapılabilirliği üzerine idi. Mevcut sistem ile diz eklemine ek olarak yine diğer eklemlerde uygulamalar yapılmakta ancak yine vücut biyomekanisi nedeniyle bu uygulamalar sırasında aksaklıklar yaşanmaktadır. İleride mevcut sistemin yazılımının güncellenmesi sonucunda, virtüel rehabilitasyon uygulamaları tüm eklemlere kolaylıkla uyumlu hale gelebilecektir.

6. SONUÇ

Geliştirdiğimiz bu sistem ile piyasada mevcut benzer cihazların/sistemlerin dezavantajlarını ortadan kaldırmanın yanı sıra çok önemli avantajlar sağlanmıştır. Üretilen cihazın en önemli avantajı, cihazın hastaya görsel ve işitsel geribildirim yaparak, ekleminin ulaştığı açısal değerleri hastanın objektif olarak görebilmesine olanak sağlaması, bunlarla birlikte açısal sınırın geçilmesinde herhangi sağlığa zararlı durum oluşacaksa da titreşim ve işitsel ve/veya görsel uyaranlarla hastayı doğru yönde yönlendirmesidir. Hastanın eklem hareketinin yeterli açıya ulaşmamasından kaynaklanacak egzersiz yetersizliği de cihazımız aracılığıyla önlenmiş olacaktır. Ayrıca günümüzün yaygın mobil teknolojilerinin sisteme entegre edilmiş olması sebebiyle hastanın mobil cihazını kullanarak hem kendi kendine tedavi ve egzersiz takibi yapılabilecek, hem de hastayı takip eden sağlık profesyoneli için de mekan bağımsız bir kontrol/izlem çözümü sağlanacaktır. Cihazımız, herhangi bir fiziksel aktivite sırasında eklemin açısal değişikliklerinin, propriosepsiyon düzeyinin ölçülmesini, ölçülen değerlerin kişinin mobil cihazına ve bu mobil cihaz aracılığıyla merkezi sunucuya aktarılmasını sağlamaktadır. Mobil cihaza aktarılan değerler hastanın anlayabileceği sayısal değerler veya animasyonlara çevrilerek hastanın doğru yönde yönlendirilmesi ile tedavi desteklenmekte ve verilen egzersizlerin hasta tarafından daha doğru şekilde yapılması sağlanmaktadır. Ayrıca bu objektif verilerin hastanın takibini yapan sağlık profesyoneline merkezi sunucu yazılımı sayesinde anlık ulaştırılması ile ilgili profesyonel tarafından eklem hareket analizlerinin mekan bağımsız ve sürekli yapılması sağlanacaktır.

Üretmiş olduğumuz sistem, mevcut durumda aynı anda sadece tek bir eklemde ölçüm yapabilmektedir. İleride oluşturulacak yeni bir yazılım ile mevcut sistem tüm eklemlerde aynı anda kullanılabilecektir. Bu planlamanın gerçekleşmesi halinde, taşınabilir ve giyilebilir bu sistem, yüz binlerce dolar maliyeti bulunan yürüme analiz laboratuvarlarının yerini alabilecek, zaman ve mekan bağımsız olarak ölçümler yapabilecektir.

7. KAYNAKLAR

1. Akseki, D., Erduran, M., Özarslan, S., & Pınar, H. (2010). Patellofemoral ağrı sendromu saptanan hastalarda, dizde vibrasyon duyusu, propriyosepsiyon duyusu ile paralel olarak algılanmaktadır: Pilot çalışma. *Eklem Hastalıkları ve Cerrahisi, 21*(1), 23-30.

2. Assal, M., Shofer, J. B., Rohr, E., Price, R., Czerniecki, J., & Sangeorzan, B. J. (2003). Assessment of an electronic goniometer designed to measure equinus contracture. *Journal of rehabilitation research and development, 40*(3), 235-239.

3. Baram, Y. (2013). Virtual sensory feedback for gait improvement in neurological patients. *Frontiers in neurology, 4*, 138.

4. Baumbach, S. F., Brumann, M., Binder, J., Mutschler, W., Regauer, M., & Polzer, H. (2014). The influence of knee position on ankle dorsiflexion-a biometric study. *BMC Musculoskelet Disord, 15*(1), 246.

5. Bedekar, N., Suryawanshi, M., Rairikar, S., Sancheti, P., & Shyam, A. (2014). Inter and intra-rater reliability of mobile device goniometer in measuring lumbar flexion range of motion. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation, 27*(2), 161-166.

6. Carbonaro, N., Dalle Mura, G., Lorussi, F., Paradiso, R., De Rossi, D., & Tognetti, A. (2014). Exploiting wearable goniometer technology for motion sensing gloves. *IEEE journal of biomedical and health informatics, 18*(6), 1788-1795.

7. Ferriero, G., Vercelli, S., Sartorio, F., Lasa, S. M., Ilieva, E., Brigatti, E., Foti, C. (2013). Reliability of a smartphone-based goniometer for knee joint goniometry. *International Journal of Rehabilitation Research, 36*(2), 146-151.

8. Gatt, A., & Chockalingam, N. (2013). Validity and reliability of a new ankle dorsiflexion measurement device. *Prosthetics and orthotics international, 37*(4), 289-297.

9. Ha, T.-H., Saber-Sheikh, K., Moore, A. P., & Jones, M. P. (2013). Measurement of lumbar spine range of movement and coupled motion using inertial sensors–a protocol validity study. *Manual therapy, 18*(1), 87-91.

10. Hawi, N., Liodakis, E., Musolli, D., Suero, E. M., Stuebig, T., Claassen, L., Citak, M. (2014). Range of motion assessment of the shoulder and elbow joints using a motion sensing input device: a pilot study. *Technology and Health Care, 22*(2), 289-295.

11. Hung, Y.-j., & Gross, M. T. (1999). Effect of foot position on electromyographic activity of the vastus medialis oblique and vastus lateralis during lower-extremity weight-bearing activities. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 29*(2), 93-105.

12. Kilber, M., & Hanney, W. (2012). The Reliability and concurrent validity of shoulder mobility measurements using a digital inclinometer and goniometer: A technical report. Ant J Sports Phys Ther 2012.

13. Lee, W. W., Yen, S.-C., Tay, E. B. A., Zhao, Z., Xu, T. M., Ling, K. K. M., Huat, G. K. C. (2014). A smartphone-centric system for the range of motion assessment in stroke patients. *IEEE journal of biomedical and health informatics, 18*(6), 1839-1847.

14. Lin, C.-H., Chou, L.-W., Wei, S.-H., Lieu, F.-K., Chiang, S.-L., & Sung, W.-H. (2014). Validity and reliability of a novel device for bilateral upper extremity functional measurements. *Computer methods and programs in biomedicine, 114*(3), 315-323.

15. Lu, T.-W., & Chang, C.-F. (2012). Biomechanics of human movement and its clinical applications. *The Kaohsiung journal of medical sciences, 28*(2), S13-S25.

16. Milanese, S., Gordon, S., Buettner, P., Flavell, C., Ruston, S., Coe, D., McCormack, S. (2014). Reliability and concurrent validity of knee angle measurement: smart phone app versus universal goniometer used by experienced and novice clinicians. *Manual therapy, 19*(6), 569-574.

17. Neumann, D. A. (2013). *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation*: Elsevier Health Sciences.

18. Ockendon, M., & Gilbert, R. E. (2012). Validation of a novel smartphone accelerometer-based knee goniometer. *Journal of Knee Surgery, 25*(04), 341-346.

19. Ordahan, B., Kucuksen, S., Tuncay, I., Salli, A., & Ugurlu, H. (2015). The effect of proprioception exercises on functional status in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *J Back Musculoskelet Rehabil, 28*(3), 531-537. doi: 10.3233/BMR-140553

20. Rosati, G., Rodà, A., Avanzini, F., & Masiero, S. (2013). On the role of auditory feedback in robot-assisted movement training after stroke: review of the literature. *Computational intelligence and neuroscience, 2013*, 11.

21. Shyr, T.-W., Shie, J.-W., Jiang, C.-H., & Li, J.-J. (2014). A textile-based wearable sensing device designed for monitoring the flexion angle of elbow and knee movements. *Sensors, 14*(3), 4050-4059.

22. Stanton, R., Ada, L., Dean, C. M., & Preston, E. (2011). Biofeedback improves activities of the lower limb after stroke: a systematic review. *Journal of physiotherapy, 57*(3), 145-155.

23. Toktaş, H., Yaman, F., Ulaşlı, A. M., & Dündar, Ü. (2015). Spinoserebellar Ataksili Bir Olguda Sanal Gerçeklik Rehabilitasyonu. *Turkish Journal of Physical Medicine & Rehabilitation/Turkiye Fiziksel Tip ve Rehabilitasyon Dergisi, 61*(4).

24. Weiss, P. L., Rand, D., Katz, N., & Kizony, R. (2004). Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool. *Journal of neuroengineering and rehabilitation, 1*(1), 12.

25. Werner, B. C., Holzgrefe, R. E., Griffin, J. W., Lyons, M. L., Cosgrove, C. T., Hart, J. M., & Brockmeier, S. F. (2014). Validation of an innovative method of shoulder range-of-motion measurement using a smartphone clinometer application. *Journal of shoulder and elbow surgery, 23*(11), e275-e282.

26. Williamson, R., & Andrews, B. (2001). Detecting absolute human knee angle and angular velocity using accelerometers and rate gyroscopes. *Medical and Biological Engineering and Computing, 39*(3), 294-302.

8. EKLER

EK 1: Uzm. Fzt. Onur Aydoğdu'nun Doktora Tezi Etik Kurul Kabul Formu

Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

BAŞVURU BİLGİLERİ	**PROTOKOL KODU**	09.2016.150	70737436-050.06.04-
	PROJE ADI	Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu Geçiren Bireylerde Görsel ve İşitsel Uyarılarla Yapılan Rehabilitasyon Yaklaşımlarının Etkinliğinin Değerlendirilmesi	
	SORUMLU ARAŞTIRICI ÜNVANI/ADI	Doç.Dr. Zübeyir SARI	

KARAR BİLGİLERİ	Tarih : 29 /01/ 2016 Yukarıda başvuru bilgileri verilen araştırma başvuru dosyası ve ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve gerçekleştirilmesinde sakınca bulunmadığı için Kurulumuzca onaylanmasına oy birliği ile karar verilmiştir. Onay sonrasında yapılacak her türlü proje değişiklikleri (katılımcılar, başlık vb.) veya protokol değişikliklerinin Etik Kurula bildirilerek proje onayının yenilenmesi gerekmektedir.

ÜYELER

Unvanı / Adı / Soyadı	Uzmanlık Dalı	Kurumu / EK Üyeliği	Onaylanan Proje ile İlişkisi	Toplantıya katılım	İmza
Prof.Dr. Haner DİRESKENELİ	Romatoloji	M.Ü Tıp Fakültesi/ Başkan	Var Yok	Evet Hayır	
Prof.Dr. Tülin ERGUN	Dermatoloji	M.Ü Tıp Fakültesi/Başkan Yrd.	Var Yok	Evet Hayır	
Prof.Dr. Handan KAYA	Patoloji	M.Ü Tıp Fakültesi/Üye	Var Yok	Evet Hayır	
Prof.Dr. M.Bahadır GÜLLÜOĞLU	Genel Cerrahi	M.Ü Tıp Fakültesi/Üye	Var Yok	Evet Hayır	
Prof.Dr. Atila KARAALP	Farmakoloji	M.Ü Tıp Fakültesi/Üye	Var Yok	EVET HAYIR	
Prof.Dr. Semra SARDAŞ	Eczacı	M.Ü Eczacılık Fak./Üye	Var Yok	Evet Hayır	
Prof.Dr. Başak DOĞAN	Diş Hekimi	M.Ü Diş Hekimliği Fak./Üye	Var Yok	Evet Hayır	
Doç.Dr. Elif KARAKOÇ AYDINER	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı	M.Ü Tıp Fakültesi/Üye	Var Yok	Evet Hayır	
Doç.Dr. Beste Melek ATASOY	Radyasyon Onkolojisi	M.Ü Tıp Fakültesi/Üye	Var Yok	Evet Hayır	
Doç.Dr. Meltem KORAY	Diş Hekimi	İstanbul Üniv. Diş Hekimliği Fak./Üye	Var Yok	Evet Hayır	
Doç.Dr. Tolga GÜVEN	Tıp Tarihi ve Etik	M.Ü Tıp Fakültesi/Üye	Var Yok	Evet Hayır	
Doç. Dr. Gürkan SERT	Hukukçu	M.Ü Tıp Fakültesi/Üye	Var Yok	Evet Hayır	
Yrd.Doç.Dr: Figen DEMİR	Halk Sağlığı	Acıbadem Üniv. Tıp Fak.	Var Yok	Evet Hayır	
Yrd.Doç.Dr. Pınar Mega TİBER	Biyofizik	M.Ü Tıp Fakültesi/Üye	Var Yok	Evet Hayır	
Av.Ümit ERDEM	Sağlık Mensubu olmayan kişi	Serbest	Var Yok	Evet Hayır	

EK 2: Onur Aydoğdu Tez Öneri Formu

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÖĞRENCİ TEZ ÖNERİSİ TUTANAĞI

ÖĞRENCİNİN
ADI SOYADI : Onur AYDOĞDU

ENSTİTÜ NUMARASI : 746113002

PROGRAMI : DOKTORA

ANABİLİM DALI : Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

TEZ KONU BAŞLIĞI : Ön Çapraz Bağ Rekonstrüksiyonu Geçiren Bireylerde Görsel ve İşitsel Uyarılarla Yapılan Rehabilitasyon Yaklaşımlarının Etkinliğinin Değerlendirilmesi

TARİH :

BAŞARI DURUMU : BAŞARILI / BAŞARISIZ

RAPOR : ……..
: ……..
: ……..
: ……..
: ……..
: ……..
: ……..

TEZ İZLEME KOMİTESİ

DANIŞMAN	Üye	Üye
Doç. Dr. Zübeyir SARI	Yrd. Doç. Dr. İlkşan DEMİRBÜKEN	Doç. Dr. Ela TARAKÇI

NOT : Bu tutanağın Anabilim Dalı Başkanlığı'nca tez önerisini izleyen üç gün içinde Enstitüye gönderilmesi gerekmektedir.

TÜBİTAK

EK 3: Uzm. Fzt. Rıdvan Seyhan'ın Doktora Tezi Etik Kurul Kabul Formu

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Etik Kurulu

PROJENİN ADI : Serebral Palsili Çocuklarda Sanal Gerçeklik Rehabilitasyonun Spastisiste, Propriosepsiyon, Denge ve Fonksiyonel Bağımsızlığa Etkisi
PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ: Prof. Dr. M. Gülden POLAT
PROJEDEKİ ARAŞTIRICILAR : Fzt. Rıdvan SEYHAN
ONAY TARİHİ VE ONAY SAYISI: 09.01.2017-4

Sayın Prof. Dr. M. Gülden POLAT

4 protokol nolu "Serebral Palsili Çocuklarda Sanal Gerçeklik Rehabilitasyonun Spastisiste, Propriosepsiyon, Denge ve Fonksiyonel Bağımsızlığa Etkisi" isimli projeniz Enstitümüz Etik Kurulu tarafından incelenmiş ve etik yönden uygunluğuna karar verilmiştir.

Prof. Dr. Göksel ŞENER
Komisyon Başkanı

Yrd.Doç.Dr. Pınar MEGA TİBER

Prof. Dr. Dilşad SAVE

Prof.Dr. Hülya ASÇI

Prof.Dr. Tuğba TUNALI AKBAY

Prof.Dr. Nefise BAHÇECİK

Doç.Dr.Oya ORUN

Doç.Dr. Hakkı ARIKAN

Doç.Dr.Gürkan SERT

Yrd.Doç.Dr. Betül OKUYAN

Yrd.Doç.Dr. M. Ümit UĞURLU

Yrd.Doç.Dr.İlksan DEMİRBÜKEN

Av. Funda IŞIK ÖZCAN

Marmara Üniversitesi Göztepe Kampüsü Sağlık Bilimleri Enstitüsü 34668 Kadıköy İSTANBUL
0 (216) 414 44 23/12 (Faks) 0 (216) 414 44 23
saglik.ogrenci@marmara.edu.tr
http://saglik.marmara.edu.tr
Ayrıntılı bilgi için: Süleyman TÜRKMENOĞLU

EK 4: Uzm. Fzt. Rıdvan Seyhan'ın Doktora Tez Öneri Formu

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ö Ğ R E N C İ T E Z Ö N E R İ S İ T U T A N A Ğ I

ÖĞRENCİNİN
ADI SOYADI : Rıdvan SEYHAN

ENSTİTÜ NUMARASI : o746114001

PROGRAMI : DOKTORA

ANABİLİM DALI : Fizyoterapi ve Rehabilitasyon

TEZ KONU BAŞLIĞI : Serebral Palsili Çocuklarda Sanal Gerçeklik Rehabilitasyonun Spastisiste, Propriosepsiyon, Denge ve Fonksiyonel Bağımsızlığa Etkisi

TARİH : …….. / ……. / ……

BAŞARI DURUMU : BAŞARILI / BAŞARISIZ

RAPOR : ……..
: ……..
: ……..
: ……..
: ……..
: ……..
: ……..

TEZ İZLEME KOMİTESİ

DANIŞMAN	Üye	Üye
Prof. Dr. M. Gülden POLAT	Doç. Dr. Zübeyir SARI	Yrd. Doç. Dr. Devrim TARAKÇI
İmza	İmza	İmza

NOT : Bu tutanağın Anabilim Dalı Başkanlığı'nca tez önerisini izleyen üç gün içinde Enstitüye gönderilmesi gerekmektedir.

EK 5: Proje Etik Kurul Kabul Formu

T.C.
İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

Sayı : 108400987-127
Konu: Etik Kurulu Kararı

03/03/2015

Sayın Doç. Dr. Zübeyir SARI

Üniversitemiz Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kuruluna yapmış olduğunuz "Görsel ve İşitsel Uyaranlı Eklem Eğitim Cihazı ve Yazılımının Geliştirilmesi" isimli başvurunuz incelenmiş olup, etik kurulu kararı ekte sunulmuştur.

Bilgilerinize rica ederim.

Doç. Dr. Hanefi ÖZBEK
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar
Etik Kurulu Başkanı

EK:
-Karar Formu (2 sayfa)

03/03/2015-İ. FİL

Tel: (0216)681 51 37
Faks:(0212)531 75 55
E-mail:ilknurfil@medipol.edu.tr

Adres:Kavacık Mah.Ekinciler Cad.No:19,34810
Kavacık/BEYKOZ

TÜBİTAK

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

BAŞVURU BİLGİLERİ	**ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI**	Görsel ve İşitsel Uyaranlı Eklem Eğitim Cihazı ve Yazılımının Geliştirilmesi			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Doç. Dr. Zübeyir SARI			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Sağlık Bilimleri Fakültesi			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	İstanbul			
	DESTEKLEYİCİ	-			
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ ☒	ÇOK MERKEZLİ ☐	ULUSAL ☒	ULUSLARARASI ☐

TÜBİTAK

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili
Değerlendirilen Belgeler	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ/PLANI	01.03.2015		Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU	01.03.2015		Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐
Karar Bilgileri	**Karar No: 116**	**Tarih: 03.03.2015**		
	Yukarıda bilgileri verilen Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve araştırmanın etik ve bilimsel yönden uygun olduğuna **"oybirliği"** ile karar verilmiştir.			

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI	Doç. Dr. Hanefi ÖZBEK

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *		İmza
Prof. Dr. Şeref DEMİRAYAK	Eczacılık	İstanbul Medipol Üniversitesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof. Dr. Tangül MÜDOK	Histoloji ve Embriyoloji	İstanbul Medipol Üniversitesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☐	H ☒	
Doç. Dr. Hanefi ÖZBEK	Farmakoloji	İstanbul Medipol Üniversitesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Yrd. Doç. Dr. Sibel DOĞAN	Psiko-onkoloji	İstanbul Medipol Üniversitesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Emir YÜZBAŞIOĞLU	Protetik Diş Tedavisi	İstanbul Medipol Üniversitesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Yrd. Doç. Dr. İlknur KESKİN	Histoloji ve Embriyoloji	İstanbul Medipol Üniversitesi	E ☐	K ☒	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Yrd. Doç. Dr. Muhammed Fatih EVCİMİK	Kulak-Burun Boğaz	Özel Nisa Hastanesi	E ☒	K ☐	E ☐	H ☒	E ☐	H ☒	

* :Toplantıda Bulunma

EK 6: 2. Ulusal Romatolojik Rehabilitasyon Kongresi Bildiri Özeti

MarVAJED Propriosepsiyon Protokolünün Geçerlilik ve Güvenirliğinin Değerlendirilmesi – Pilot Çalışma

Zübeyir SARI[1], İlkşan DEMİRBÜKEN[1], Onur AYDOĞDU[1], Alper ŞİŞMAN[2], S. Ufuk YURDALAN[1], M. Gülden POLAT[1]

1: Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü

2: Marmara Universitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik – Elektronik Mühendisliği

Amaç: Propriosepsiyon; boşlukta vücut segmentlerinin konumlarını ve hareketlerini belirlemek için mekanoreseptörlerden gelen duyu sinyallerini entegre edebilme yeteneği olarak tanımlanır Proprioseptif duyunun doğru değerlendirilmesi, yaralanmaların önlenmesi ve rehabilitasyonun temelini teşkil eder. Bu teknikler için hem manuel hem de teknolojik cihazlar kullanılmaktadır. Çalışmamızın amacı, Marmara Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon bölümü tarafından geliştirilen MarVAJED cihazının propriosepsiyon uygulamasının geçerlilik ve güvenirliliğini test etmekti.

Yöntemler:

Çalışmaya son 6 ay içinde cerrahi operasyon geçirmemiş, herhangi ortopedik bir problemi ile duyu kaybı bulunmayan 6 (3 Kadın, 3 Erkek) sağlıklı genç yetişkin birey dahil edildi. Ölçümler iki farklı fizyoterapist tarafından aktif ve pasif farklı derecelerde diz fleksiyonu (30, 60, 90°) ile yüz üstü pozisyonunda ve gözler kapalı olarak değerlendirildi. (MarVAJED cihazı*, 2016 ve Dijital Gonyometre-Absolute+Axis) Tüm ölçümler üçer kez tekrarlandı ve ölçümlerin aritmetik ortalaması alındı. Veriler Pearson Korelasyon Testi ile analiz edildi.

Sonuçlar: Aktif ve pasif diz propriosepsiyon ölçümlerinde hem MarVAJED hem de dijital gonyometre ile yapılan ölçüm tekrarları arasında 30 ve 60 derecelerde düşük, 90 derece de ise yüksek korelasyon saptandı ($p<0,05$). Marvajed ve dijital gonyometrenin tüm ölçümleri birbiri ile yüksek korele bulundu ($p<0,05$).

Tartışma: Üniversitemiz tarafından geliştirilen hem rehabilitasyon uygulamalarına hem de değerlendirmeye yönelik teknolojik gelişimlere paralel tasarlanan MarVAJED, diz proprioseptif ölçümleri için kliniklerde kullanımı pratik, tercih edilebilir, geçerli ve güvenilir bir değerlendirme yöntemidir.

* Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından 115E351 numaralı 1005 – Ulusal Yeni Fikirler ve Ürünler Araştırma Destek Programı kapsamında desteklenmiştir.

EK 7: International Conference on Engineering Technology and Innovation (ICETI) 2017 Bildiri Özeti 1

ICETI
INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING TECHNOLOGY AND INNOVATION
www.iceti.org
22-26 MARCH 2017 / SARAJEV

EFFECTS OF A NEW VIRTUAL REHABILITATION SYSTEM AFTER ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION – MARVAJED

ONUR AYDOGDU[a], ZUBEYIR SARI[a]*, S. UFUK YURDALAN[a], M. GULDEN POLAT[a]

[a]MARMARA UNIVERSITY, FACULTY OF HEALTH SCIENCES, PHYSIOTHERAPY AND REHABILITATION

*fztzubeyir@yahoo.com

Abstract:

Improvements in technology have made virtual rehabilitation (VR) popular and available in various rehabilitation systems. In recent years, many different technologies on VR have been produced and used in research. However, these technologies have been generally studied in neurological patients. Thus, it is necessary to investigate the effects of a new VR system in orthopaedic patients. The purpose of this study was to investigate the effects of VR system using MarVAJED which provides visual and auditory stimulus aimed for educating and controlling the joint on patient outcomes in individuals with ACL injury. Eighteen patients with ACL reconstruction were participated in this study. In addition to conventional physiotherapy, VR treatment applied with visual and auditory stimulus for a total of eight weeks, three sessions per week. Visual and auditory stimulus were applied via MarVAJED, which was developed by Marmara University, to aim for educating and controlling the joint as VR system. Before and after intervention, proprioception was measured with Biodex System Pro 4 Isokinetic Dynamometer, activity level and functional status were measured with Tegner Activity Scale, Lysholm Scale, respectively. Muscle stiffness and tone were measured with Myoton Muscle Pro device. There were statistically significant improvements in measures of proprioception, activity level, and functional status between pre- and post–treatment ($p<0.05$). No significant differences in measures of muscle stiffness and tone after the treatment ($p>0.05$). We concluded that this new VR system known as MarVAJED effectively treat ACL patients by improving proprioception, activity level, and functional status. Integration of technology into rehabilitation programmes may enhance assessment and rehabilitation. New technology systems may be more effective in increasing quality of life of patients.

Acknowledgement: This study was supported by Marmara University, Scientific Research Research Projects Committee (Project Number: SAG-C-DRP-200716-0374) and TUBITAK, The Scientific and Technological Research Council of Turkey (Project Number: 115E351).

Keywords: Virtual Rehabilitation, Anterior Cruciate Ligament, Physiotherapy

EK 8: International Conference on Engineering Technology and Innovation (ICETI) 2017 Bildiri Özeti 2

ICETI
INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING TECHNOLOGY AND INNOVATION
www.iceti.org
22-26 MARCH 2017 / SARAJEVO

INTER-RATER AND INTRA-RATER RELIABILITY AND VALIDITY OF MARVAJED TECHNOLOGICAL SYSTEM FOR MEASURING KNEE JOINT POSITION SENSE

ZUBEYIR SARI[a]*, ONUR AYDOGDU[a], ILKSAN DEMIRBUKEN[a], BEGUM UNLU[1], S. UFUK YURDALAN[a], M. GULDEN POLAT[a]

[a]MARMARA UNIVERSITY, FACULTY OF HEALTH SCIENCES, PHYSIOTHERAPY AND REHABILITATION

*fztzubeyir@yahoo.com

Abstract:

Although the assessment of JPS has become a common measure in research, no one standard method for measuring it has been established. Typically, studies have used isokinetic dynamometer or video analysis systems to perform this test; however, this involves expensive tools or a laborious process. However, the current technological instruments to measure this ability use sophisticated and non-portable tools, or involve very labour-intensive measurements to obtain the necessary proprioceptive values. The main objective of the research was to develop a technological system called MarVAJED for assessing joint position sense and to analyse the reliability and validity of this new method in assessing the knee joint position sense. Thirty-two healthy subjects were voluntarily participated in this study. In this study, the active reproduction of the joint position (ARJP) was used for measuring the joint position sense by MarVAJED. MarVAJED is an electronic goniometer that allows continuous evaluation of the deviation angle of 0.10. MarVAJED operates under both direct and smart phone.

Intraclass correlation coefficient (ICC) and standard error of the mean (SEM) were calculated to determine the validity and reliability of the MarVAJED. Interrater and intrarater intraclass correlation coefficients ranged 0.82 to 0.88 for rater 1 and 0.84 to 0.94 for rater 2 in measurements of three different angles. There was excellent reliability in the measurements of all three different angles for MarVAJED technology system. In addition, MarVAJED showed strong validity. MarVAJED technology system are reliable and can be used by clinicians during rehabilitation of knee injuries. Using these portable and electronical technologic systems could take advantage to monitor proprioceptive deficits in athletes.

Acknowledgement:

This study was supported by TUBITAK, The Scientific and Technological Research Council of Turkey (Project Number: 115E351).

Keywords: Joint Position Sense, Technological System

EK 9: Central Bohemia University International Conference on Innovations in Science and Education Bildiri Özeti

Examining of Reliability and Validity of MarVAJED Proprioception Protocol – A Pilot Study

Onur AYDOĞDU[1], Zübeyir SARI[1], İlksan DEMİRBÜKEN[1], Begüm ÜNLÜ[1], Alper ŞİŞMAN[2], S. Ufuk YURDALAN[1], M. Gülden POLAT[1]

1: Marmara University, Faculty of Health Sciences, Physiotherapy and Rehabilitation
2: Marmara University, Faculty of Engineering, Electrical and Electronics Engineering

Problem Statement: Proprioception is defined as the ability of integrating sensory inputs from mechanoreceptors to determine position and movement of body segments in the space. Assessment of proprioceptive sense accurately is significant for injury prevention and fundamental for rehabilitation. Both manual and technologic equipment is used for assessment.

Purpose of Study: The purpose of our study was to test validity and reliability of the proprioception protocol of MarVAJED device, which was developed by Marmara University, Department of Physiotherapy and Rehabilitation.

Methods: 18 healthy adults (11 Female and 7 Male) who had not undergone any surgery in last 6 months, had no orthopedically problem and sensory deficits participated in the study. All assessments were performed by two different physiotherapist at 30, 60, 90 knee flexion degrees with MarVAJED (2016) and Digital Goniometer (Absolute+Axis) by actively and passively in prone position with closed eyes. Measurements were repeated 3 times and averaged arithmetically. Seventy-two different assessments in one case, totally 1296 assessments in all cases were done in our study. Data were analyzed by using Pearson Correlation Test.

Findings and Results: Both active and passive knee proprioception re-assessments by MarVAJED and digital goniometer indicated weak correlation at 30 and 60 degrees of flexion, and strong correlation at 90 degrees ($p<0,05$). All measurements done by MarVAJED and digital goniometer were found to be highly correlated ($p<0,05$).

Conclusions and Recommendations: The MarVAJED device, which was developed by our department parallel to the technological developments in the world and oriented for both assessments and rehabilitation interventions, is a practical, preferable, valid and reliable method to assess proprioception sense of the knee joint in the clinical settings.

Acknowledgements: This study was supported by TÜBİTAK – The Scientific and Technical Research Council of Turkey (Project Number: 115E351).

Keywords: Rehabilitation, Technological Device, Validity, Reliability

EK 10: Journal of Sport Rehabilitation Dergisine Gönderilen "Examining Inter-Rater and Intra-Rater Reliability and Validity of MarVAJED for Measuring Knee Joint Position Sense" İsimli Makale

Abstract

Context: Proprioception is defined as the ability of integrating sensory inputs from mechanoreceptors to determine position and movement of body segments in the space. Assessment of proprioceptive sense accurately is significant for knee injury prevention and fundamental for rehabilitation. Joint position sense (JPS) is one of the most commonly used measures of proprioception and both manual and technologic equipment is used for assessment.

Objective: The main objective of the research was to develop an innovative device called MarVAJED for assessing the knee joint position sense and to analyze the reliability and validity of this novel device in assessing the knee joint position sense.

Design: The validity and inter-rater and intra-rater reliability of MarVAJED for knee.

Setting: Biomechanics and performance analysis laboratory.

Participants: Forty-three healthy subjects (32 women and 11 men; 22.37±2.26 years, 62.27±10.80 kg, 167.23±9.10 cm, 22.14±2.48 kg/m2) were voluntarily participated in this study.

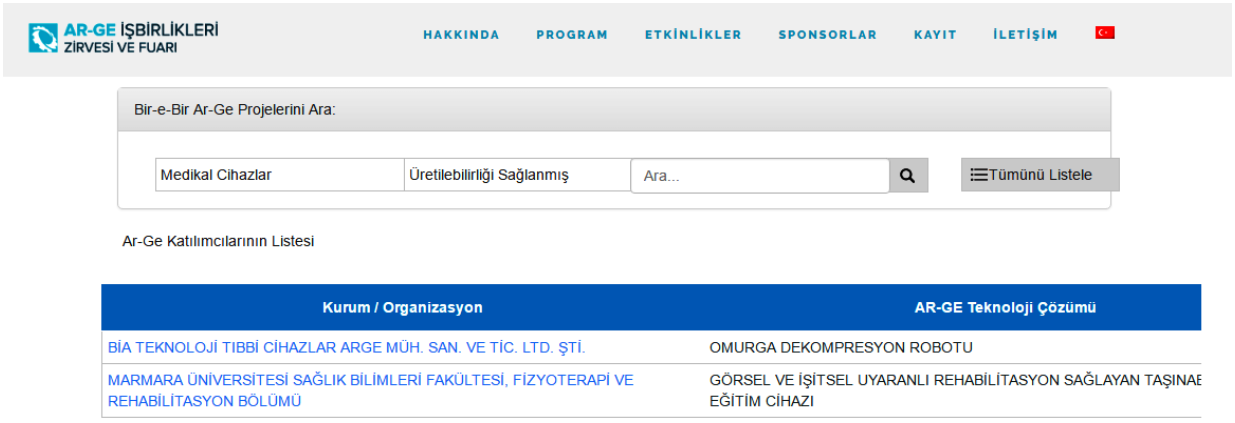
Intervention: The examination of knee joint position sense with MarVAJED and Biodex System had been performed on a person in a sitting position.

Main Outcome Measures: Absolute value of difference between reference and reproduced angles of knee JPS in a sitting position.

Results: While, the ICC values for intrarater reliability in measurements with MarVAJED by rater 1 were 0.84, 0.88, and 0.82, the ICC values for intrarater reliability in measurements with MarVAJED by rater 2 were 0.94, 0.92, and 0.84 in 300, 600, and 900, respectively. The SEM was small for all measurement methods, ranging from 0.580 to 1.450. The data shows very high values for the validity of the MarVAJED against the isokinetic dynamometer ($p<0.001$).

Conclusions: The results of this study showed that MarVAJED for knee joint position sense evaluation has excellent reliability and validity in a sitting position for healthy subjects. Our innovative device is affordable and requires a simple setup for clinical practice. MarVAJED, the novel innovative device, are reliable and can be used by clinicians during rehabilitation of knee injuries. Using these portable and electronical technologic systems could take advantage to monitor proprioceptive deficits in athletes.

EK 11: AR – GE İŞBİRLİKLERİ ZİRVESİ ve FUARI BİR-e-bir AR – GE Projeleri





EK 12: Sağlık Aktüel Haber Sitesinde MarVAJED ile İlgili Yayınlanan Köşe Yazısı

Eklem kontrolü için örneği olmayan bir cihaz geliştirildi!

Ana Sayfa » Sektör Haberleri » Üniversiteler 24.10.2016 18:05 - A | A +





Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi bünyesinde TÜBİTAK desteğiyle ve tamamı Türk Bilim insanlarından oluşan bir ekip ile yeni bir cihaz geliştirildi.

Sağlık Aktüel Mail&SMS Grubuna üye olun
Gelişmelerden anında haberiniz olsun

Özellikle ortopedik cerrahi geçiren hastaların eklem kontrollerinin geri kazandırılmasının yanısıra ekleme uygulanan protez sonrası, protezin çıkmasına neden olacak hareket sınırlarına ulaşmadan hastanın uyarılması amacıyla geliştirilen cihazla; eklemlerde cerrahi olarak tamir edilen yapıların korunmasının da mümkün olacağı belirtildi.

Özelliklerinden dolayı cihazlarına MarVAJED (Marmara Visual Auditory Joint Education Device – Marmara Görsel ve İşitsel Uyaranlarla Eklem Eğitim Cihazı) ismini veren Proje ekibi, uluslararası alanda da büyük ilgi gösterileceğini öngörüyorlar. Cihazı geliştiren ekipte proje yöneticisi olan Doç. Dr. Zübeyir Sarı, geliştirilen cihazın sadece ortopedik problemlerde değil, nörolojik problemlerde de rahatlıkla kullanılabileceğini belirtti. Özellikle beyin felçli çocuklarda, diz eklemin kilitlenerek çocuğun ayakta durabilmesi için yönlendirmelerde bulunan cihaz, gün boyunca yapılan aktiviteleri de akıllı telefon veya mobil cihaz üzerinden merkezi sunucuya aktararak, hastayı takip eden uzmanlara kaydedilen bilgileri gönderebiliyor. Tele-Rehabilitasyon özelliği sayesinde, hastayla ilgilenen profesyonellerin, uzaktan bağlanarak cihazda gerekli ayarlamaları yapabilmesi de mümkün olabiliyor. Cihaz içeriğindeki oyun yazılımlarıyla özellikle çocukların oyunlarla rehabilitasyona katılımları arttırılarak eğlenceli bir şekilde eklemlerin kuvvetlendirilmesi, eklem kontrollerinin ve eklem pozisyon hislerinin kazandırılabilmesinin mümkün olduğunu belirten Doç. Dr. Zübeyir Sarı, çocukların veya yetişkinlerin evlerinde televizyon karşısında bu cihaz yardımıyla egzersizlerini yapabileceğini, oyun oynayarak tedavilerini gerçekleştirebileceklerini, böylelikle tedavide ilerlemelerin eğlenceli bir şekilde elde edilebileceğini vurguladı.

Bu zamana kadar Yurt dışında MarVAJED'e kısmen benzeyen cihazlar yapılmaya çalışılmış, ancak MarVAJED kadar kapsamlı ve birçok cihazda olamayan özellikleri birarada sunan bir cihaz geliştirilemediği belirtilerek, bir araba hatta ev parası ödenerek yurt dışından ithal edilerek alınan bu cihazlar, sadece laboratuvar ortamlarında kısıtlı işlevler yapabilirken, Marmara Üniversitesinin geliştirdiği cihaz, çok daha fazla alanda ve bir çok kas iskelet probleminde mekan bağımsız olarak kullanılabilmektedir. Kullanıcılar oyun oynarken doğru egzersizi yapabilmekte, aynı zamanda eklemlerin korunması sağlanırken, gelişmiş yazılımı sayesinde profesyonellere detaylı aktivite raporları sunmakta ve tedavideki gelişmeler için bir takım analizler yapılabilmektedir.

Kaynak: SağlıkAktüel

Bu haber toplam 14366 defa okunmuştur

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Doç. Dr. ZÜBEYİR SARI
Proje No:	115E351
Proje Başlığı:	Görsel Ve İşitsel Uyaranlı Eklem Eğitim Cihazı Ve Yazılımının Geliştirilmesi
Proje Türü:	1005 - Yeni Fikirler ve Ürünler
Proje Süresi:	18
Araştırmacılar:	İLKŞAN DEMİRBÜKEN, SAADET UFUK YURDALAN
Danışmanlar:	MİNE GÜLDEN POLAT
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	MARMARA Ü. SAĞLIK BİLİMLERİ F. FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	01/10/2015 - 01/04/2017
Onaylanan Bütçe:	200842.0
Harcanan Bütçe:	157108.02
Öz:	Son yıllardaki gelişmelere bağlı olarak sağlık alanında teknoloji kullanımı yaygınlaşmıştır. Özellikle fizyoterapi ve rehabilitasyon alanında değerlendirme ve tedavi süreçlerinde teknolojik yaklaşımlar yaygın ve giderek artan şekilde kullanılmaktadır. Geliştirdiğimiz sistem ile amacımız, hastalara eklem hareket kontrolünü kazandıran egzersizlerde hastanın klinik ortamda bulunması ve uzman kontrolü ihtiyacını minimize etmek, hastaların bu egzersizleri evlerinde bağımsız yapabilmelerine imkân tanımak, ayrıca profesyonellerin de mekân ve zaman bağımsız olarak hasta takiplerine olanak sağlayabilmektir. Bu amaçla, eklemin anlık açısal değişiklikleri ölçülerek, bu ölçümlerin dijital ortama ve hastanın kullandığı mobil cihaza aktarılması ile hastaya geri bildirim hedeflenmiştir. Tasarımında elektronik gonyometrenin üzerine monte edildiği korse, elektronik gonyometre cihazı ile bluetooth bağlantısıyla haberleşmeyi sağlayan akıllı mobil cihaz uygulaması ve mobil uygulamanın verileri gönderdiği, ayrıca kullanıcı bazlı kimlik doğrulama sağlayan ve hasta bazlı analizlere imkân tanıyan merkezi bir sunucu yazılımı yapılmıştır. Donanım ve yazılımı gerçekleştiren mühendislik ekibi ile hasta değerlendirme ve tedavilerini yürüten sağlık profesyonellerinden oluşan proje ekibi; cihazın işlevselliği, tedavide kullanılabilirliği ve yapılması gereken düzenlemeleri sürekli değerlendirmiştir. Elektronik cihazın laboratuvar ve hasta üzerinde ölçümleri yapılarak standardize edilmiştir. Tüm ölçüm yöntemlerinin geçerlilik ve güvenilirlik çalışmaları yapılmıştır. Geliştirdiğimiz sistemin, literatürde yer alan sistemlerden farklı olarak taşınabilir özelliği, mekan ve zamana bağımlı olmadan ölçüm yapabilmesi, kaydettiği ölçümleri sunucu üzerinden sağlık profesyonellerine iletmesi sistemin avantajlarıdır. Sistem diz eklemi için tasarlanmıştır, yakın gelecekte yazılımın diğer vücut eklemlerinin değerlendirilmesi amacına yönelik geliştirilmesi planlanmaktadır.
Anahtar Kelimeler:	Fizyoterapi, Rehabilitasyon, Teknoterapi
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Evet
Projeden Yapılan Yayınlar:	1- Yeni Propriyosepsiyon Değerlendirme Aracı: Marvajed (Bildiri - Ulusal Konferans - Davetli Konuşmacı), 2- MarVAJED (Bildiri - Ulusal Konferans - Davetli Konuşmacı), 3- MarVAJED Propriosepsiyon Protokolünün Geçerlilik ve Güvenirliğinin Değerlendirilmesi ? Pilot Çalışma (Bildiri - Ulusal Bildiri - Poster Sunum), 4- Examining of Reliability and Validity of MarVAJED Proprioception Protocol (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum), 5- INTER-RATER AND INTRA-RATER RELIABILITY AND VALIDITY OF MARVAJED TECHNOLOGICAL SYSTEM FOR MEASURING KNEE JOINT POSITION SENSE (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum), 6- EFFECTS OF A NEW VIRTUAL REHABILITATION SYSTEM AFTER ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION ? MARVAJED (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum),

TÜBİTAK