

Buz Pateni Öğrenenler için Hareket Algılama Tabanlı Bir Sistem Tasarımı

A Motion Sensing Based Assistive System Design for Ice Skating Learners

Övünç ÖZTÜRK ve Murat Mecit KAHRAMANLI

Bilgisayar Mühendisliği

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Manisa, Türkiye

ovunc.ozturk@cbu.edu.tr, muratmecitkahramanli@ogr.cbu.edu.tr

Özetçe —Bu bildiri buz pateni yeni öğrenmeye başlayanlar için hareket algılama tabanlı, ergonomik, kurulumu basit ve taşınabilir bir sistem tasarımı sunulmaktadır. Sistem kullanıcıların temel kayma tekniklerini doğru bir şekilde uygulamasına destek olacaktır. Sistem tasarlanırken, geliştirmeye açık, esnek ve modüler olmasına dikkat edilmiştir. Böylece, daha ileri seviye tekniklerin kontrolünün sağlanması veya sistemin vücut koordinasyonu gerektiren diğer sporlar için adaptasyonu daha kolay bir şekilde gerçekleştirilebilecektir. Sistemin temel destek elemanları ataletsel ölçüm birimleridir. Sistemdeki ataletsel ölçüm birimi bileşenleri beden her bir uzvunun yön vektörünü belirlemektedir. Bu sensörlerden gelen veriler aracılığıyla belirlenmiş olan yönler, sistemde kullanıcıyı doğru bir şekilde yönlendirmek için altyapı oluşturmaktadır. Kullanıcı kulaklıkları ve sensör modüllerini taktıktan sonra sensörlerden gelen veriler kullanılarak kullanıcıya sesli olarak açıkça anlaşılır, motive edici ve kısa komutlar verilecektir.

Anahtar Kelimeler—*ataletsel ölçüm birimi; giyilebilir sistem; buz pateni; mikrokontrolcü.*

Abstract—In this paper, an ergonomic, simple to install and portable system design is presented for those who are new to learning ice skating. The system will support users to apply basic skating techniques correctly. The system is designed to be open, flexible and modular. Therefore this system can be easily extended for more advanced techniques or other sports, requiring body coordination of the system. The main components of the system are inertial measurement units. The inertial measurement unit in the system determines the direction vector of each part of the body. The directions computed by data collected from these sensors form the basis for directing the user in the system. Once the headphones and sensor modules have been installed, the user is assisted with short, motivating and clearly understandable commands.

Keywords—*inertial measurement unit (IMU); wearable system; ice skating; microcontroller unit (MCU).*

I. GİRİŞ

Bu çalışmada buz pateni sporuna yeni başlayanlar için geliştirilen, hareket algılama tabanlı öğrenmeye yardımcı bir sistem anlatılmaktadır. Buz pateni öğrenirken önemli nokta vücudun dengesinin korunabilmesi için belirli pozisyonların korunabilmesidir. Sistem vücudun önemli noktalarına iliştilerecek giyilebilir bileşenlerle duruşun doğruluğunun korunup korunmadığını anlık olarak kontrol edecektir. Giyilebilir bileşenler bir mikro kontrolcü birimi (MCU) ve ataletsel ölçüm birimi (IMU)'dan oluşmaktadır. Merkezi bir kontrol birimi tüm bileşenlerden gelen verileri işleyerek öğrenciyi doğru pozisyonda tutacak komutların üretilmesini sağlayacaktır. Sistemin geliştirilmesinde nesnelerin interneti teknolojileri kullanılacaktır.

Buz pateni tüm vücudun koordineli bir şekilde hareket etmesiyle yapılan bir spordur. Eğer buz pateni yaparken vücut uzuvlarından birinin konumu doğru açıda ve yerde olmazsa sporcu başarıya ulaşamaz. Önerilen sistem, amacı doğrultusunda vücut uzuvlarının yönlerini algılayarak, kaymayı yeni öğrenen kullanıcılar için LIS'in yapacağı yönlendirmeler ile tek başına öğrenmeyi mümkün kılacaktır. Sistemin, çekingen veya daha uzun süreler pratiğe ihtiyaç duyan sporcular için destek sağlayacağı öngörülmektedir.

Sistem kullanıcıyı, “Kollarını biraz daha kaldır”, “Dizlerini bükmelisin”, “Ayaklarını biraz daha yanlara at”, “Doğru hareket ediyorsun” gibi hem yönlendirici hem de motive edici komutlar ile yönlendirecektir.

Önerilen sistem, geliştirmeye müsait ve açık kaynak kodlu bileşenlerle gerçekleştirilmiş bir “Internet of Things” projesi olarak değerlendirilebilir. WIFI modülüne sahip bir geliştirme kartı aracılığı ile filtrelenip olması gereken doğru değerleri sensörlerden alıp bir MQTT sunucuya göndererek belirtilen aralıklarda verilerin internet ortamında saklanması sağlanacaktır. MQTT sunucuya gönderilmiş olan veriler sistemin kontrol merkezini oluşturacak ve sporcuya yönlendirme ve destekte bulunacaktır. Ayrıca gelen veriler doğrultusunda sunucuda sporcunun gövdesinin ve hareketlerinin temsili olarak gösterilmesi sağlanacaktır.

Sistemin, buz patenini denemek isteyip çekinen veya ilk adımlarını yanlış bir şekilde atarak başarıya ulaşamamış herkese destek sağlayacağı öngörülmektedir. Bir sonraki bölümde, yapılan çalışma ile benzer çalışmalar listelenecektir. Üçüncü bölümde, önerilen sisteminde sensörlerin konumlandırılması; sistem bileşenleri, sistem tasarımı ile kısmi olarak gerçekleştirimi yapılmış bulunan sistem yazılımı anlatılmaktadır. Son olarak, dördüncü bölümde çalışmanın sonuçları ve olası gelecek çalışmalar özetlenmektedir.

II. BENZER ÇALIŞMALAR

Literatürde, mikrokontrolcü ve ataletsel ölçüm birimi kullanılarak gerçekleştirilen benzer çalışmalar bulunmaktadır ve teknolojiye ilerlemenin sonucunda bu çalışmaların sayısı artmaktadır [1].

Spor alanında mikrokontrolcülerin ve sensörlerin kullanıldığı, bildiri kapsamında gerçekleştirilen çalışmanın benzeri olarak nitelendirilebilecek çalışmaların incelendiği bir tarama çalışması bulunmaktadır [2]. Bu çalışmada, kış sporları ile ilgili araştırmalara da yer verilmiştir.

Tasarımı yapılan sistemin karakteristik özelliği olarak giyilebilir bir IMU içermesi ve kış sporları ile ilgili olması gösterilebilir. Tablo I'de kış sporları ile ilgili çalışmalar içerdikleri sensör sayısı, ilgili oldukları spor dalı ve hedefleri açısından çalışma ile karşılaştırılmaktadır.

Tablo I: LİTERATÜRDEKİ BENZER ÇALIŞMALAR

Atıf No	Spor Dalı	IMU Sayısı	Çalışmanın hedefi
	Buz pateni	12	Yeni öğrenen kişilerin doğru duruşu sağlayıp sağlayamadıklarını belirlemek.
[3]	Kayakla Atlama	4	Yapılan atlayışın aşamalarının belirlenmesi
[4]	Kayaklı Koşu	1	Doğru hareket desenlerinin belirlenebilmesi için veri toplanması
[5]	Snowboard	1	Snowboard sporcularının gerçekleştirdiği dönüşlerin sınıflandırılması

Belirtilen çalışmaların dışında farklı spor türlerinde de giyilebilir sensörler kullanılarak sporcuların farklı yönlerinin sayılaştırılması çalışmaları bulunmaktadır. Örneğin [6]'da golf için kullanılan IMU'ların yerine gerinim ölçerlerin verimliliğinin belirlenmesine çalışılmıştır. [7] numaralı çalışmada yüzme için IMU'lar kullanılarak yapılan araştırmalar karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır. [8], maraton sporcularının IMU'ları kullanılarak toplanan veriler yardımıyla koşu tekniklerinin incelenmesi hakkındadır. [9] ise farklı pozisyonlardaki voleybolcular hakkında oyun içinde gelişen farklı durumlardaki parametreleri IMU'lar yardımıyla toplanmıştır.

[10]'da ise bildiriye kullanılan IMU olan BNO055 [11] sensörü kullanılmaktadır. Bu çalışmada insan omurgasındaki duruş bozukluklarının gerçek zamanlı olarak takip edilmesi için bir sistem geliştirilmiştir.

Bildiride gerçekleştirimi yapılan çalışmanın diğer çalışmalardan farklarından biri açık kaynak teknolojileri kullanmasıdır. Bunun yanında sistem mimarisinde nesnelerin interneti uygulamalarında kullanılan teknolojiler seçilmiştir.

III. ÖNERİLEN SİSTEM

A. Sensörlerin Konumlandırılması

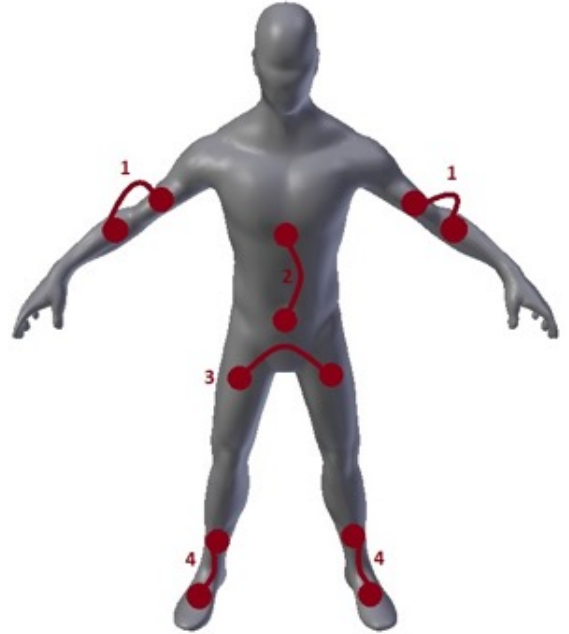
Çalışma sırasında sensörler ihtiyacımıza göre gerekli konumlara yerleştirilmiştir. İlk aşamada temel kayma tekniklerinin öğretilmesi hedeflenmektedir. Bu kapsamda,

- Ayaklar "V" şeklinde olmalı ve ayak parmak uçları sağ ve sol köşelere bakmalı
- Dizler bükülü olmalı
- Kollar biraz önde ve yanlara açık şekilde durmalı
- Gövde neredeyse tam dik konuma yakın hafif önde olmalı
- Kaymaya başlamak için küçük ve yarım adımı geçmeyecek şekilde adımlar atılmalı

Yukarıda listelenen şartların kontrolü için tüm modüller bedende uygun konumlara yerleştirilmiştir. Modüller bir adet mikrokontrolcü ve iki adet sensörden oluşmaktadır. Sistemde toplam altı adet modül kullanılmıştır (bkz. Şekil 1).

Kollardaki ve ayaklardaki sensörler dışında tüm sensörler öne (anterior) bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Ayaklardaki sensörler üste (superior) bakarken, kollardaki sensörler ise yana (lateral) bakacak şekilde konumlandırılmıştır.

Kollardaki açı ve pozisyonu izlemek için sağ ve sol kolda birer tane olmak üzere iki adet eş modül (Şekil 1, 1 nolu modüller) kol (brachial) ve önkol (antebrachial) üzerinde konumlandırılmıştır.



Şekil 1: Modüllerin bedende yerleşimi.

Bedenin öne doğru yaptığı açı ve gerektiğinde dik duruşun sağlanması için bir modül (Şekil 1, 2 nolu modül) petit üçgeninden (lumbal inferior) göğüse (thoracal) doğru konumlandırılmıştır.

Ayakların “V” şeklinde olup olmadığını izlemek ve paralel olduklarından emin olmak için sağ ve sol ayakta birer tane olmak üzere iki adet eş modül (Şekil 1, 4 nolu modüller) ayak (pes) ve bacak (crural) üzerinde konumlandırılmıştır.

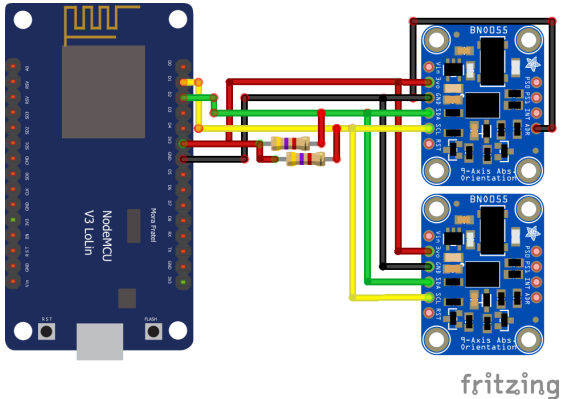
Bacaklara (crural) yerleştirilen sensörler (Şekil 1, 3 nolu modül) uyluktan (femoral) gelen değerler ile dizlerin bükülü olup olmadığı hakkında veri sağlayacaktır.

B. Sensörlerin Konumlandırılması

Sistem bileşenleri BNO055 mutlak oryantasyon IMU füzyon tümleşik kartı, ESP8266 mikro kontrolcü olarak listelenebilir (bkz. Şekil 2).

Bosch firmasının geliştirdiği BNO055; bir MEMS ivmeölçer, manyetometre ve jiroskopu olarak bunları tek bir kalıp üzerine yerleştiren ve yüksek hızlı ARM Cortex-M0 tabanlı işlemciyle tüm sensör verilerini sindiren, sensör füzyonunu ve gerçek zaman gereksinimlerini soyutlayan ilk mutlak oryantasyon IMU füzyon tümleşik kartıdır. Sensör verilerini gerçek “3D uzay yönlendirmesine” çevirme zorunluluğunu çözülmesi zor bir problemdir. BNO055 ile oryantasyon çözüme problemi ile uğraşmadan kısa sürede anlamlı sensör verisine ulaşılabilmektedir. Önerilen sistemde, vücudun belirlenmiş noktalarına yerleştirilen bu kart yardımıyla Mutlak Yönlendirme (Euler Vector, 100Hz) 360° küreye dayalı üç eksenli yönlendirme verileri ve Mutlak Yönlendirme (Quaternion, 100Hz) Daha doğru veri manipülasyonu için dört nokta “quaternion” çıkışı verilerine ulaşılmaktadır. Bu veri, uzuvlara ait yön vektörleri oluşturulmasında ve uzuvların birbirlerine olan konumlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Sistemde, ESP8266 mikro kontrolcüsü Arduino gömülü sistem yazılımı ile birlikte kullanılmıştır. Arduino fonksiyonları ve kütüphaneleri, harici bir mikro kontrolcüye gerek kalmadan doğrudan ESP8266 üzerinde çalıştırılmaktadır.



Şekil 2: Modüllerin iç yapısı.

C. Tasarım

Önerilen sistem sporcuların vücuduna yerleştirilecek sensörler içerdiğinden, ergonomi dikkate alındığında sensör veri-

lerine erişimin kablosuz olarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Sistemde verilerin WIFI üzerinden internet ortamına aktarılması ESP8266 mikro kontrolcüsü ile sağlanmaktadır. Sistemde enerji ihtiyacı şarj edilebilen pillerle karşılanmaktadır.

Sistemde 6 adet modül ve 12 adet sensör kullanılmıştır. Tek bir mikro kontrolcü ile ek bileşen kullanmadan tüm sensörlerin kontrol edilmesi mümkün olmamaktadır. Bunun için iki çözüm yolu bulunmaktadır. İlki, çoklayıcı (multiplexer) kullanılması ve böylelikle tek bir mikro kontrolcü ile 8 adet sensörün kontrol edilmesidir. Bu çözümde 2 adet mikro kontrolcüye ve 2 adet çoklayıcıya gerek duyulmaktadır. Bu hem ek maliyet artışına hem de donanım üzerinde kablo karmaşasına yol açmaktadır.

İkinci bir çözüm yolu ise donanım karmaşıklığını minimuma indirmeye ve kullanım kolaylığına odaklanmaktadır. Bu tasarımda her bir sensör tek bir mikro kontrolcü ile kontrol edilmektedir. Bu tasarımda gereksinim duyulan mikro kontrolcü sayısı fazlalaşmakta ve bunun sonucunda maliyet çok yükselmektedir.

Önerdiğimiz sisteme ait tasarımda hibrit bir yöntem izlenmiştir. Maliyet, donanımsal karmaşıklık ve kullanım kolaylığı dikkate alınarak, optimum bir sonuca varmak hedeflenmiştir. Bu tasarımda 1 adet mikro kontrolcü 2 adet birbirine eş sensörü kontrol etmektedir (bkz. Şekil 3). Bu sensörlerde MSB ve LSB olmak üzere 2 adet I2C erişim adresi bulunmaktadır. Önerilen tasarımda, sensörlerden biri varsayılan adrese, ikincisi ise diğer adrese atanmıştır.



Şekil 3: Geliştirilen modülün giyilebilir bir prototipi.

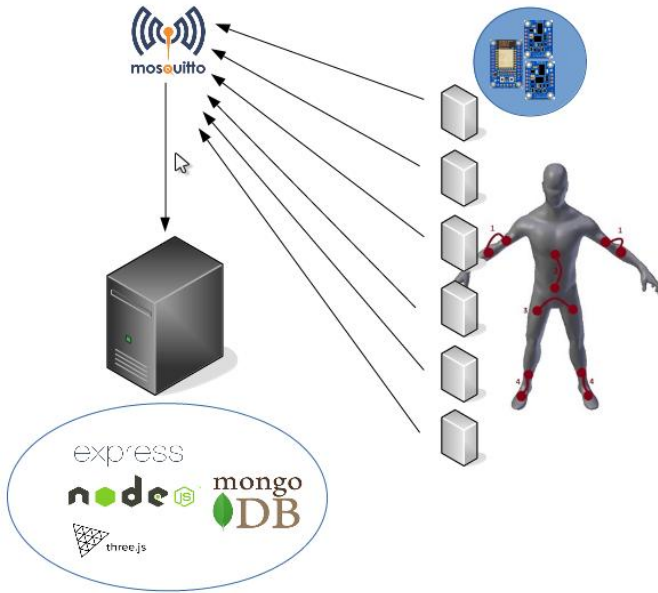
D. Yazılım

Tasarlanan sistemde (bkz. Şekil 4), makineler arası kablosuz haberleşme için MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) protokolü kullanılmaktadır [12]. Sensörlerden gelen verilerin internet üzerinden web sunucusuna gönderilmesi için ilk olarak Adafruit IO MQTT sunucu kullanılması öngörüldü. Fakat sensörlerden saniyenin 1/200'ü gibi hızlı zaman aralıklarıyla veri gönderilmesi gibi kısıtlar nedeniyle Adafruit IO MQTT sunucunun gereksinimleri tam olarak karşılayamadığı görüldü. Bu nedenle mesajlaşma gereksinimleri için CloudMQTT aracısı (broker) kullanılması uygun görülmüştür.

CloudMQTT aracısının mikro denetleyici ile web sunucu arasındaki haberleşme için yeterli desteği sağladığı gözlemlenmiştir. Bu çalışma kapsamında, oluşturulan CloudMQTT hesabıyla sensörlerden gelen verilerin saklanacağı bir alan sağlanmıştır.

NodeJS, JavaScript dili ile basit ve hızlı bir şekilde, ölçeklenebilir sunucu tarafı uygulamalar geliştirmeye yarayan bir platformdur. Önerilen sistemde, sensörlerden gelen verilerin analizi ve görselleştirilmesini sağlayan web uygulaması NodeJS platformu ile geliştirilmiştir. Web uygulamasında github üzerinde paylaşılan “extended arm” örneği genişletilerek kullanılmaktadır [13]. Bu örnek ThreeJS [14] kütüphanesi ile oluşturulmuştur ve sporcunun kolunun ve hareketlerinin 3-boyutlu olarak görselleştirilmesini sağlamaktadır. Bunun için web sunucusu Express.js ile geliştirilmiştir. MQTT aracısının ilgili kanallarına kaydolun sunucu, sensörlerden gelen verileri kullanarak sayfada gösterilen üç boyutlu modeli güncellemektedir.

Bildirinin gönderim tarihi itibarı ile önerilen sistemde sensörlerden gelen veriler sağlıklı bir biçimde toplanmakta ve bu veriler doğrultusunda kullanıcının bir kolu ve kolun hareketleri ekranda temsili olarak gösterilmektedir.



Şekil 4: Sistem Mimarisi.

IV. SONUÇLAR VE GELECEK ÇALIŞMA

Çalışmada gelinen nokta sensörlerden gelen verilerin toplanması ve bu veri doğrultusunda kullanıcının duruşunun ekranda gösterilmesidir. Gelecek çalışma olarak buz pateni eğitmenleri kullanılarak doğru duruş ile kayılarak veri toplanacaktır. Farklı buz pateni eğitmenleri ile yeterli miktarda verinin toplanmasının ardından kullanıcının yönlendirilmesi için gereken sistemin gerçekleştirilmesine geçilecektir. Bu yolla başlangıç seviyesindeki kullanıcıların yönlendirilmesi sağlanacaktır.

Sistem kullanılarak başlangıç seviyesinde kullanıcıların eğitmen gözetimine en az gereksinim duyacakları şekilde kendi kendilerine öğrenebilmeleri hedeflenmektedir. Bunun için dersler hazırlanarak, bu derslerin ses dosyaları ve gerekli komutları hazırlanacaktır. Kayma esasında sistemin sensörlerden topladıkları verileri işleyerek kullanıcının başarımına göre onu yönlendirerek hatalarını düzeltmesi sağlanacaktır. Sistemin diğer bir faydası da, eğitim sırasında yapılan hataların istenildiğinde öğrenciye gösterilebilmesi olacaktır. Böylece öğrenci, kayma seansının başından sonuna kadar olan tüm duruş pozisyonlarını anlık olarak inceleyebilecektir.

KAYNAKÇA

- [1] D. R. Seshadri, C. Drummond, J. Craker, J. R. Rowbottom, and J. E. Voos, “Wearable Devices for Sports: New Integrated Technologies Allow Coaches, Physicians, and Trainers to Better Understand the Physical Demands of Athletes in Real time,” *IEEE Pulse*, vol. 8, no. 1, pp. 38–43, 2017.
- [2] R. Chambers, T. J. Gabbett, M. H. Cole, and A. Beard, “The Use of Wearable Microsensors to Quantify Sport-Specific Movements,” pp. 1065–1081, 2015.
- [3] J. Chardonnes, J. Favre, B. Le Callennec, F. Cuendet, G. Gremion, and K. Aminian, “Automatic measurement of key ski jumping phases and temporal events with a wearable system,” *Journal of Sports Sciences*, vol. 30, no. 1, pp. 53–61, 2012.
- [4] F. Marsland, K. Lyons, J. Anson, G. Waddington, C. Macintosh, and D. Chapman, “Identification of cross-country skiing movement patterns using micro-sensors,” *Sensors*, vol. 12, no. 4, pp. 5047–5066, 2012.
- [5] J. W. Harding, C. G. Mackintosh, A. G. Hahn, and D. A. James, “Classification of Aerial Acrobatics in Elite Half-Pipe Snowboarding Using Body Mounted Inertial Sensors (P237),” in *The Engineering of Sport 7*. Paris: Springer Paris, 2008, pp. 447–456.
- [6] A. Umek, Y. Zhang, S. Tomažič, and A. Kos, “Suitability of Strain Gage Sensors for Integration into Smart Sport Equipment: A Golf Club Example,” *Sensors*, vol. 17, no. 4, p. 916, apr 2017.
- [7] B. Guignard, A. Rouard, D. Chollet, and L. Seifert, “Behavioral Dynamics in Swimming: The Appropriate Use of Inertial Measurement Units,” *Frontiers in psychology*, vol. 8, p. 383, 2017. [Online]. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28352243> <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC5348530>
- [8] J. Reenalda, E. Maartens, L. Homan, and J. H. J. Buurke, “Continuous three dimensional analysis of running mechanics during a marathon by means of inertial magnetic measurement units to objectify changes in running mechanics,” *Journal of biomechanics*, vol. 49, no. 14, pp. 3362–3367, oct 2016. [Online]. Available: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27616268>
- [9] T. G. Vlantes and T. Readdy, “Using Microsensor Technology to Quantify Match Demands in Collegiate Women’s Volleyball,” *Journal of Strength and Conditioning Research*, vol. 31, no. 12, pp. 3266–3278, dec 2017. [Online]. Available: <http://insights.ovid.com/crossref?an=00124278-201712000-00004>
- [10] C. Antonya, S. Butnariu, and C. Pozna, “Real-time representation of the human spine with absolute orientation sensors,” in *2016 14th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, ICARCV 2016*, 2017.
- [11] Bosch Sensortec, “BNO055 Intelligent 9-axis absolute orientation sensor,” p. 105, 2014. [Online]. Available: https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST_BNO055_DS000_12.pdf
- [12] R. A. Light, “Mosquito: server and client implementation of the MQTT protocol.” [Online]. Available: <http://joss.theoj.org/papers/10.21105/joss.00265>
- [13] Autodesk, E. Haines, and G. Dekena, “Interactive 3D Graphics Course With Three.js & WebGL - Udacity.” [Online]. Available: <https://www.udacity.com/course/cs291>
- [14] “three.js - Javascript 3D library.” [Online]. Available: <https://threejs.org/>