

İnsan-İHA Etkileşimi İçin Giyilebilir Eldiven Hareketlerinin Sınıflandırılması ve Analizi

Taha MÜEZZİNOĞLU^{1*}, Mehmet KARAKÖSE²

¹Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye

²Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye

¹tmuezzinoglu@firat.edu.tr, ²mkarakose@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 02/07/2020;

Kabul/Accepted: 16/01/2021)

Öz: Günlük hayatta kullanılan teknolojilere olan ihtiyaçların artmasıyla birlikte bu teknolojilerden biri olan İnsansız Hava Araçları (İHA) kullanımı da oldukça yaygınlaşmaktadır. İHA'lar üzerindeki teknolojik gelişme ve yenilikler İnsan-İHA etkileşimi konusunu ön plana çıkarmıştır. Bu çalışmada İnsan-İHA etkileşimi ve kontrolü sağlamak için giyilebilir akıllı bir eldiven tasarımı önerilmiştir. Gerçekleştirilen eldiven tasarımının temel yapısında; esneklik sensörleri (İvme Ölçer, Gyro, Pusula ve Yükseklik Sensörü) içeren IMU sensör ünitesi ve Arduino Uno gibi donanımlar kullanılarak el hareketlerini tanıma işlemi gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen uygulama çatısı, el hareketlerine karşılık gelen değerlerin hangi eksen yönünde hareket olduğunu tespit etmekte ve hareketlere karşı oluşan sinyallerin tespiti noktasında kolaylık sağlamıştır. El hareketinin tespiti için 20 farklı kişiden örnekler alınarak bir veri seti oluşturulmuştur. Oluşturulan veri seti üzerinden sınıflandırma işlemi yapılarak el hareketi türleri belirlenmiştir. Sınıflandırmanın doğruluk oranı %96,8 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen hareket sinyallerinin, Unity ortamında tasarladığımız İHA simülasyonu üzerinden test işlemi başarıyla gerçekleştirilmiştir. Sensörlerden alınan sinyaller ve geliştirdiğimiz uygulama çatısı ile hesaplamalar sonucunda elde edilen hareket verileri gerçek zamanlı olarak İHA simülasyonuna gönderilmiş ve İHA kontrol hareketlerinin, el hareketlerince belirlenen komutlara doğru cevaplar verdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: İnsan-İHA etkileşimi, Giyilebilir teknolojiler, İnsan-Bilgisayar etkileşimi, Akıllı sistemler.

Classification and Analysis of Wearable Glove Movements for Human-UAV Interaction

Abstract: With the increasing need for technologies used in daily life, the use of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) is become more commonly. Technological developments and innovations on UAVs brought the subject of Human-UAV interaction to the fore. In this study, a wearable smart glove design is proposed to provide human-UAV interaction and control. In the basic structure of the glove design realized; Hand gestures recognition was performed using hardware such as the IMU sensor unit containing flexibility sensors (Accelerometer, Gyro, Compass and Altitude Sensor) and Arduino Uno. The developed application framework has made it easy to determine the axis direction of the values corresponding to the hand movements and the detection of the signals generated against the movements. For the movement detection, the hand gestures were determined based on the data set created by taking hand gestures from 20 different people. The accuracy rate of the classification was obtained as 96.8%. The motion signals obtained are tested using the UAV simulation we designed in the Unity environment. The data obtained from the sensors and the motion data obtained as a result of the calculations with the framework we developed are sent to the UAV simulation in real-time and it is observed that the UAV control movements responded correctly to the commands received by the hand movements.

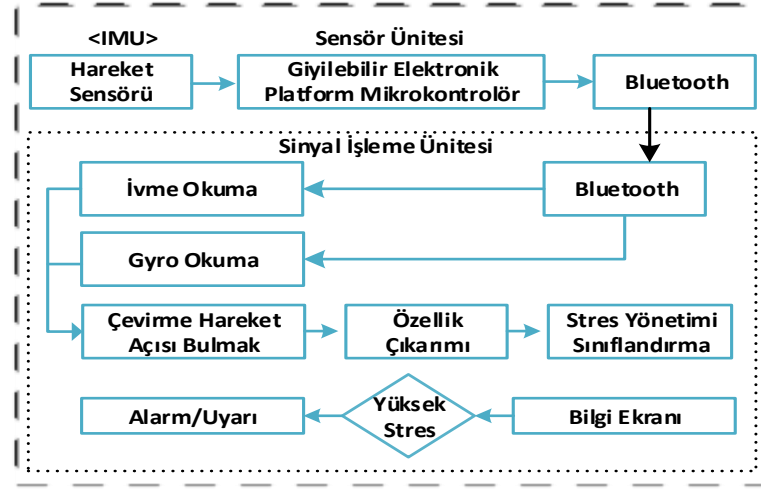
Key words: Human-UAV interaction, Wearable technologies, Human-Computer interaction, Smart systems.

1. Giriş

İHA kullanımlarının artmasıyla birlikte İnsan-İHA etkileşimi bazı uygulamalar için sadece bilgi alışveriş için gerekli olsa da insanların veya robotların erişiminin güç olduğu yerlere erişmesi ve görevlerini yerine getirme kabiliyetleri onları eşsiz kılmıştır. Giderek artan ihtiyaçlar İHA'ların basit bir çevre gözetimi işlevinden daha ziyade İnsan-İHA etkileşimine doğru yönelmesini sağlamıştır. İnsanlar için güvenli olmayan ve ulaşımı zor alanlarda gerçekleştirilen çalışmalar insan-İHA etkileşimi sayesinde daha kolay gerçekleştirilebilmektedir. Bu çalışmada insanlara kullanım kolaylığı sağlamak ve problemlerine çözüm üretmek amacıyla giyilebilir teknolojiler yardımıyla İnsan-İHA etkileşimi konusu ele alınmıştır. Geliştirdiğimiz çalışma İnsan-İHA etkileşimi için giyilebilir akıllı bir eldiven tasarımını ve bu sayede el hareketlerinin sınıflandırılması yoluyla elde edilen verilerin analizini içermektedir. Gerçekleştirilen çalışmanın donanım ve yazılım bileşenleri ile önerilen sistem mimarisi alt bölümlerde detaylıca ele alınmıştır. Literatürde yapılan çalışmalarda, Maher [1], GPS olmayan bir ortamda gerçek zamanlı insan hareketi ile İHA kontrolünü amaçlamıştır. Derin öğrenme ağı kullanılarak kişinin hareketini tespit

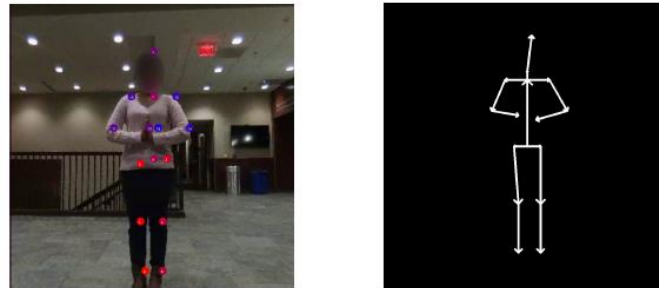
* Sorumlu yazar: tmuezzinoglu@firat.edu.tr. Yazarların ORCID Numarası: ¹0000-0002-4551-3999, ²0000-0002-3276-3788

edip anlayabilen gerçek zamanlı güçlü bir İnsan-İHA etkileşimi sistemi geliştirmiştir. Derin sinir ağlarını eğitmek üzere 23 katılımcı ile bir veri seti oluşturmuş ve bu veri setini yorumlamıştır. Bu yorumlara göre insan hareketlerini İHA'ya yön verecek komutlarla eşleştirmiş ve yorumlayıcı bir yaklaşım önermiştir. Lee [2], çalışmasında giyilebilir stres izleme sistemi geliştirmiştir. Gerek günlük yaşantımızda gerekse trafikte artan stresin sürücülerin trafik kazası yapmasına ve yaşam kaybına yol açan en önemli faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir. Literatürde genellikle sinyaller sürücü streslerini ölçmek için en güvenilir araçlar olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada sürücünün stres seviyesini tahmin etmek için direksiyon simidinin hareket şeklini değerlendirecek yeni bir yöntemden bahsedilmiştir. Önerilen giyilebilir eldiven stres izleme sistemi, bir sensör modülü ünitesi ve birde sinyal işleme ünitesi olarak iki bölüme ayrılmıştır. Hareket, bir ivmeölçer, bir jiroskop ve bir manyetometre sensör modülünden oluşan giyilebilir bir eldiven sistemi olarak tasarlanan ataletsel hareket ünitesi (IMU) sensörü kullanılarak kaydedilmiştir. Sürücünün geri bildirimleri ve cildin iletkenliği sürücünün stres seviyesini tespit etmek için referans bir stres olarak kullanılmıştır. Giyilebilir stres izleme sistemi işleyişi Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Trafikte Sürücü giyilebilir eldiven stres izleme sistemi [2].

Bolin [3], yaptığı çalışma ile otonom İHA'ların insan hareketlerine dayalı İHA kontrolü sağlayan bir uygulama gerçekleştirmiştir. Harekete dayalı kontrol sağlamak için İHA üzerindeki dâhili kameradan faydalanılarak video analizi yapılmıştır. Bu yaklaşımda analiz yapılmadan poz tahmini için önceden eğitilmiş bir yapay sinir ağı kullanılmıştır. Önerilen yöntemde harekete dayalı kontrolü sağlamak için İnsansız Hava Aracı'nın kamerasından alınan kayıt videosunun akış analizi için çalışmalar gerçekleştirilmiştir. İHA'nın görüş alanı içindeki ilgi alanlarını belirlemek için ve durum çıkarımı için önceden eğitilmiş konvolüsyonel sinir ağı kullanılmıştır. RGB-D plus derinlik sensörlerinin duruş tanıma ve işaret yapabilme özelliği sayesinde bu sensörlerle donatılmış robotlar daha basit bir şekilde görevleri, komutları yerine getirebilmektedir. Ancak İHA'lar bu sensörlerle donatılmadığı için hareket tanıma işlemi yerleşik kamerayla daha karmaşık bir şekilde çözülmektedir. İHA kameralarıyla elde edilen bir RGB görüntüsünden insan modeli çıkarmak için MPII insan duruş veri tabanı tarafından tanımlanan 16 anahtar nokta tespiti yapılır ve İHA'nın komut olarak yorumlayacağı daha önceden belirlenmiş insan duruşlarından birini tanımlamıştır. Örnek duruş Şekil 2'de gösterilmiştir.



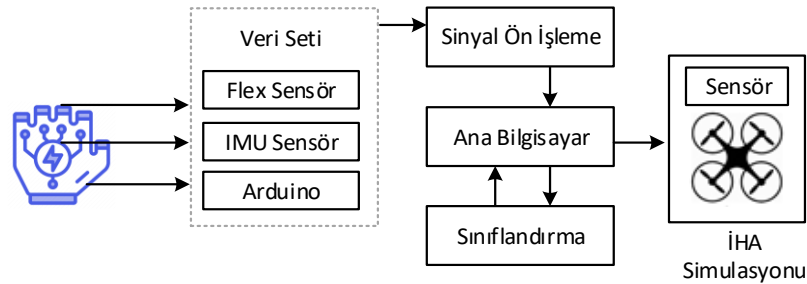
Şekil 2. Konvolüsyon sinir ağı tarafından tanımlanan eklemlerin vektör gösterimi [3].

Wu [4], çalışmasında afet müdahalelerine İnsan-İHA ekipleri tarafından koordine ve acil durumlara müdahale edilmesi gereken bir afet senaryosu üzerinden çoklu İHA yardımı uygulaması gerçekleştirmiştir. Alan belirsizliğini ve kısmi gözlemlenebilirliği yakalamak için bir model önerilmiştir. Bu model için İnsan-İHA etkileşimi algoritması gerçekleştirilmiştir. Evgeny Tsykunov [5,6], çalışmasında insan kollarına bağlı ve ışığa duyarlı 4 adet iniş pedi kullanılarak uçan robot filosunun iniş yapabilmelerini sağlayan akıllı alan sistemi geliştirmiştir. İki çeşit giyilebilir ve dokunsal ekran ile quadcopterlerin altında bulunan ledlerden yayılan ışık sayesinde vibro motorlar çalıştırılmaktadır. Dokunsal sistemde doğru iniş için kullanıcının rahat geribildirim gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir. Fakat dokunsal-görsel birleşim kullanıldığında en iyi iniş performansının elde edildiği görülmüştür. İHA sürüsü dediğimiz filolar binlerce robottan oluşabilir, dış mekânlarda ve nadiren iç mekânlarda çalışabilmektedirler. Dış mekân çalışmaları yapılan alanlarda iniş yüzeyleri genellikle düzensiz ve daha fazla toz bulunan alanlardır. Buda İHA'ların motor pervane vs. gibi fiziksel aksamalarının zarar görmesine sebep olabilir. Helikopter pisti havaalanı gibi çok iyi hazırlanmış iniş noktaları bile olsa konum tahmini hataları, konumlandırması sistemi maliyetlerinin yüksek olması ve sağlamlıkların düşük olması sebebiyle otonom iniş sistemleri bize her zaman en iyi çözümü sunmayabilir

Nesnelerin İnterneti, milyarlarca gerçek hayattaki nesneden ve fiziksel aktiviteden gelen verileri etkili bir şekilde yakalayan, yöneten ve kullanan her yerde bulunan iletişim ağlarını temsil eder. Giyilebilir teknolojilerde nesnelerin interneti konusunun önemli bir tamamlayıcısıdır. Giyilebilir teknolojiler Askeri alanlarda, medikal uygulamalarda, sağlık alanında, bilgi ve eğlence alanında ve endüstri gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır [7]. Giyilebilir teknolojiler, vücudumuzun belli yerlerinde birçok farklı şekilde bulunan cihazlar yardımıyla yapılmaktadır. Örneğin giyilebilir teknoloji olarak; eldivenler, bilezikler, kafa bantları ve kasklar, kontak gözlükleri, kulaklıklar, küreler, dijital kalemler, akıllı giysiler, mücevherler ve hatta dövme bile kullanılmaktadır [8]. Gerçekleştirdiğimiz çalışmanın literatürde yapılan çalışmalardan farklı olma sebeplerinden biri düşük maliyet ile maksimum verim almayı sağlamaktır. Ayrıca uygulamamızın diğer bir üstünlüğü de IMU sensörden alınan gyro verileri yardımıyla, iki eldiven ile elde edilecek hareketlere denk sayıda hareket tanıttımı ve doğru hareket tahmini sağlanmıştır. İnsan-İHA etkileşimi problemi için sunduğumuz çözüm detayları önerilen yöntem kısmında detaylıca ele alınmıştır.

2. Önerilen Yöntem

Yapılan çalışmada İnsan-İHA etkileşimi için giyilebilir akıllı eldiven tasarımı gerçekleştirilmiştir. Eldiven aracılığıyla İHA kontrolünün sağlanması için gerekli donanım ve yazılım tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan eldiven üzerinde bulunan sensörlerden alınan veriler, geliştirilen uygulama çatısında kullanılarak veri seti oluşturulmuştur. Elde edilen veri seti üzerinde normalizasyon işlemi uygulandıktan sonra KNN algoritması kullanılarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra sınıflandırma işlemi sonucuna göre el hareketine karşılık İHA'nın hangi hareketi gerçekleştirmesi gerektiği, gerçek zamanlı olarak İHA simülasyonuna iletilmiştir [9-12]. Verilerin aktarılması işlemi verilerin doğru aktarılması minimum gürültüyle ve kesintisiz olarak toplanması konusunda dikkatli davranılmıştır. İnsan-İHA etkileşimi için Akıllı eldiven sisteminin çalışma adımları Şekil 3'te belirtilmiştir.

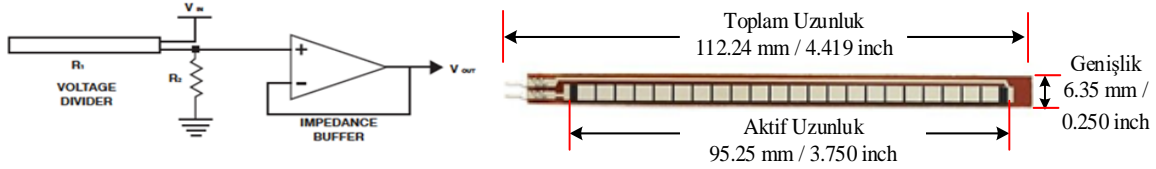


Şekil 3. Geliştirilen akıllı eldivenin çalışma sistemi mimarisi

Eldiven tasarımında kullanılan esneklik sensörü yardımıyla, el hareket ettikçe sensör eğilip büküldüğü zaman sensör üzerindeki direnç değerleri değişerek gerçekleşen el hareketinin sinyali alınmıştır. El hareketi düz durumda iken sensör üzerindeki direnç değeri yaklaşık $\sim 10K\Omega$ 'dur. Bükülme boyunca direnç $\sim 20K\Omega$ 'a kadar yükselebilmektedir. Bu direnç değerlerinin belirlenmesi sensörde kullanılan dirence göre değişebilmektedir. Yaptığımız hesaplamalara göre istediğimiz sinyal çıkışını alabilmemiz için 2.2 Kohm'luk direnç tercih edilmiştir.

2.1 Esneklik Sensörü Donanımı

Yeni bir yöntem geliştirilirken bir diğerine üstünlük sağlaması açısından birçok parametre vardır. Bunlar hız zaman maliyet vs. gibi sayılabilir. Kullandığımız donanım yazılım bileşeninde amaçladığımız hedeflerden birisi ise düşük maliyetle maksimum verim sağlamak olmuştur. Bu tasarımda kullanmış olduğumuz donanımsal elemanlardan birincisi esneklik sensörüdür(5 adet). Veri seti elde etmek ve el hareketlerini kontrol etmek için kullanılan esneklik sensörleri, temelde direnç mantığı ile çalışmaktadır. Esneklik sensörleri bükülmeye bağlı olarak direnç değerleri değişmektedir. Esneklik sensörleri içyapısı Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Esneklik Sensörü elektriksel çalışma mantığı ve fiziksel özellikleri

Eldiven tasarım sisteminde kullandığımız Pololu marka AltıIMU sensör bünyesinde ivmeölçer, jiroskop, pusula ve barometre sensörlerini barındırmaktadır. Eldiven tasarımında IMU sensör tercih edilmesinin amacı düşük maliyetle daha fazla hareket tanımlamak olmuştur. IMU sensör üzerinde dâhili voltaj regülatörü sayesinde 2.5-5.5V arası bir giriş voltajı ile çalıştırılabilmektedir. IMU sensörü 16 bit çözünürlük ile çalışmaktadır. Sistemde kullanılan IMU, esneklik sensörlerinin temel özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

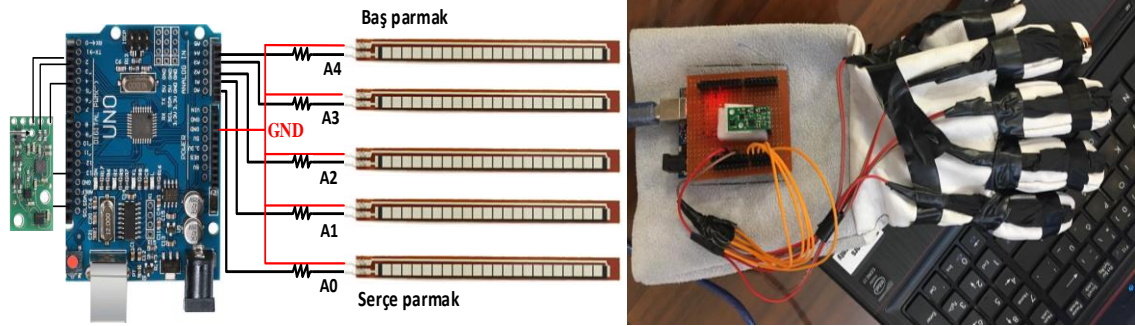
Tablo 1. Esneklik sensörü ve IMU sensör teknik özellikleri.

	Özellikler	Değeri
Esneklik Sensörü	Yaşam Döngüsü	> 1 milyon
	Sıcaklık	35 ° C - + 80 ° C
	Sabit Direnç	10K Ohm ± 30%
	Eğilme Direnci:	60 k için 110 K Ohm
	Güç Derecesi	0.5 W devamlı; 1 W pik
IMU Sensör	Boyutları:	25x 13 x 3 mm
	Ağırlık:	0,8 g
	Giriş Voltajı:	2.5V-5.5V
	Besleme Akımı:	5mA
	Boyutları:	25x 13 x 3 mm
	Gyro:	±125, ±500, ±1000, veya ±2000°/s
	İvme Ölçer:	± 2, ± 4, ± 8 veya ± 16 g

Yukarıda özellikleri belirtilen esneklik sensörleri ve IMU sensörden gelen sinyaller, giyilebilir akıllı eldiven sisteminde kullanılan eldiven üzerine yerleştirilmiş Arduino Uno kartı vasıtasıyla alınmaktadır. Alınan sinyaller dijital değer parametrelerine dönüştürülmektedir. Dijital parametreler gerçekleştirilen uygulama çatısı sayesinde veri seti haline dönüştürülmekte ve sinyaller her hareket için tek tek takip edilebilmektedir. Geliştirilen uygulama çatısı Microsoft Visual C# ortamında gerçekleştirilmiştir. Uygulama çatısı üç adımdan oluşmaktadır; birinci adımda verileri aktarmak için bilgisayarımız ve Arduino arasında seri port bağlantı işlemi gerçekleştirilmektedir. İkinci adımda uygulamamızı başlatıp verilerin veri seti oluşturulacak şekilde kaydedilmesi ve alınan sinyallerin incelenmesi, gerekli sınıflandırma ve hesaplama işlemlerinin toplamından müteşekkildir. Üçüncü adımda ise sınıflandırma sonucu alınan verilerin bizim geliştirdiğimiz İHA simülasyonu ortamında İHA kontrolü olarak gerçekleştirilmektedir.

2.2 Eldiven Tasarımı

Giyilebilir akıllı eldiven tasarımı için öncelikle el hareketlerinin rahatlıkla tanımlayabileceğimiz kullanımı rahat esnek bir eldiven tercih edilmiştir. Literatürde yapılan çalışmalarda farklı eldiven türleri kullanılmıştır [9-12]. Burada bizim asıl amacımız kullanım kolaylığı ve düşük maliyet ile maksimum verim sağlamak olmuştur. Verilerin sağlıklı ve hassas bir şekilde toplanabilmesi için 5 adet esneklik sensörü kullanılmıştır. Esneklik sensörleri el hareketlerinin daha kesin bir biçimde ayırt edilebilmesi için her bir parmağa denk gelecek şekilde eldivene dikilmiş, hareket esnasında kaymaması için sabitlenmiştir. Burada amaçlardan biriside eldivenden alacağımız sinyalleri doğru ve gürültüsüz bir biçimde elde etmek olduğundan ve tasarladığımız bu eldiven her ortamda kullanılacağından dış ortamdan gelecek darbe ve korozyonlara karşı koruma sağlamak amacıyla esnek bir latex katmanla kaplanmıştır. Eldiven tasarımının donanım bileşenlerinin elektronik bağlantıları ve sistemin eldivene sabitlenmiş hali Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Eldiven donanım tasarımı

Bu çalışmada el hareketlerinin algılanması geliştirdiğimiz akıllı eldiven üzerinden verilen komutlara karşılık sensörlerden gelen sinyallerin görüntülenmesi ve bu sinyaller üzerinden elde edilen değerlere göre İHA'yı yönlendirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışma adımları Şekil 7'de gösterilmiştir. Öncelikle verileri toplamak amacıyla esneklik sensörleri ve IMU sensör Arduino kartı bağlantıları gerçekleştirilmiştir. Esneklik sensörleri ve IMU sensörden alınan sinyaller Arduino üzerinden ana bilgisayara aktarılmıştır. Ana bilgisayarda geliştirdiğimiz uygulama çatısı vasıtasıyla eldiven bilgisayar arasındaki seri port bağlantıları sağlanmış ve sinyaller ana bilgisayara aktarılmaya başlanmıştır. Alınan sinyaller burada ön işleme yapılarak dijital değer parametrelere dönüştürülmüştür. Ayrıca uygulamamızda el hareketlerine karşılık gelen esneklik sensörlerinden, IMU üzerindeki gyro ve ivme sensöründen alınan veriler grafiksel ifadelerde gösterilmiştir. Bu grafikler uygulama esnasında gerçek zamanlı olarak takip edilebilmektedir. Dijital değerler veri seti oluşturmak ve sisteme öğretmek amacıyla uygulama üzerinden belirlenen yer ve dosya tipine göre kaydedilmiştir.

2.3 Normalizasyon İşlemi

Eldivenden alınıp kaydedilen verilerin doğru sonuç vermesi açısından el hareketlerine özgü olacak şekilde normalizasyon işlemine ihtiyaç duyulmaktadır. Normalizasyon işlemi uygulamamızın amacı, tasarlanan sistemde elektriksel donanım yapısı bulunduğundan oluşabilecek uç sinyal problemlerini ortadan kaldırarak sınıflandırma işleminin başarı yüzdesini arttırmak ve yanlış sonuçlar vermesini engellemiş olmaktadır.

Normalizasyon işlemi veri setindeki en küçük veriyi, setteki en büyük ile en küçük verinin çıkarılan sonuca bölünerek bulunmaktadır. Veri setindeki her el hareketi için ayrı ayrı normalizasyon işlemi uygulanmıştır. Normalizasyon işlemi için uygulanan fonksiyonun formülü Denklem 1'de gösterilmiştir.

$$V' = \frac{V - \min(\text{set})}{\max(\text{set}) - \min(\text{set})} \quad (1)$$

2.4 KNN Sınıflandırma Algoritması

KNN (K en yakın komşu) sınıflandırma algoritması adından anlaşılacağı üzere ilk olarak bir k değeri belirlenir. Bu değer pozitif bir tamsayı olmak kaydıyla genellikle küçük bir değer tercih edilir. K değeri veri setine yeni veri geldiğinde bakılacak en yakın k tane komşuya bakılması amacıyla seçilmelidir. Belirlenecek yeni değer k adet

komşunun çoğunluk değerine göre belirlenmelidir. Komşuya olan uzaklığı hesaplamak için çoğunlukla Öklid fonksiyonu kullanılır. Öklid fonksiyonunun yanı sıra Manhattan, Minkowski ve Hamming hesaplama yöntemleri kullanılabilir. Bu çalışmada Öklid uzaklık fonksiyonu tercih edilmiştir. Öklid uzaklık hesaplama formülü Denklem 2’de gösterilmiştir.

$$\text{Öklid Uzaklığı } i, j = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (2)$$

Sınıflandırma işleminde uzaklık hesaplama işlemi için her gelen sinyal ön işleme tabi tutulup dijital veri haline geldikten sonra koordinat düzleminde yeni bir nokta olarak tanımlanır. Her yeni noktanın birbirine olan uzaklığı X ve Y eksenindeki değer karşılıklarının karelerinin toplamının karekökünün bulunmasıyla ifade edilir. Uzaklık değerleri hesaplandıktan sonra veriler sıralanır ve gelen değer hangi sınıfa ait olduğu belirlenir.

Çalışmamız gerçek zamanlı veri iletimi ile gerçekleştirildiğinden yeni gelen veri setinden K-NN algoritması kullanılarak bir model oluşturulup alınan sinyaller değerlendirilerek İHA’ya hangi el hareketi türüne göre hangi hareketi gerçekleştirmesi gerektiği iletilmiştir. KNN sınıflandırma algoritması uygulama adımları Şekil 6’da gösterilmiştir.



Şekil 6. KNN sınıflandırma algoritması uygulama adımları

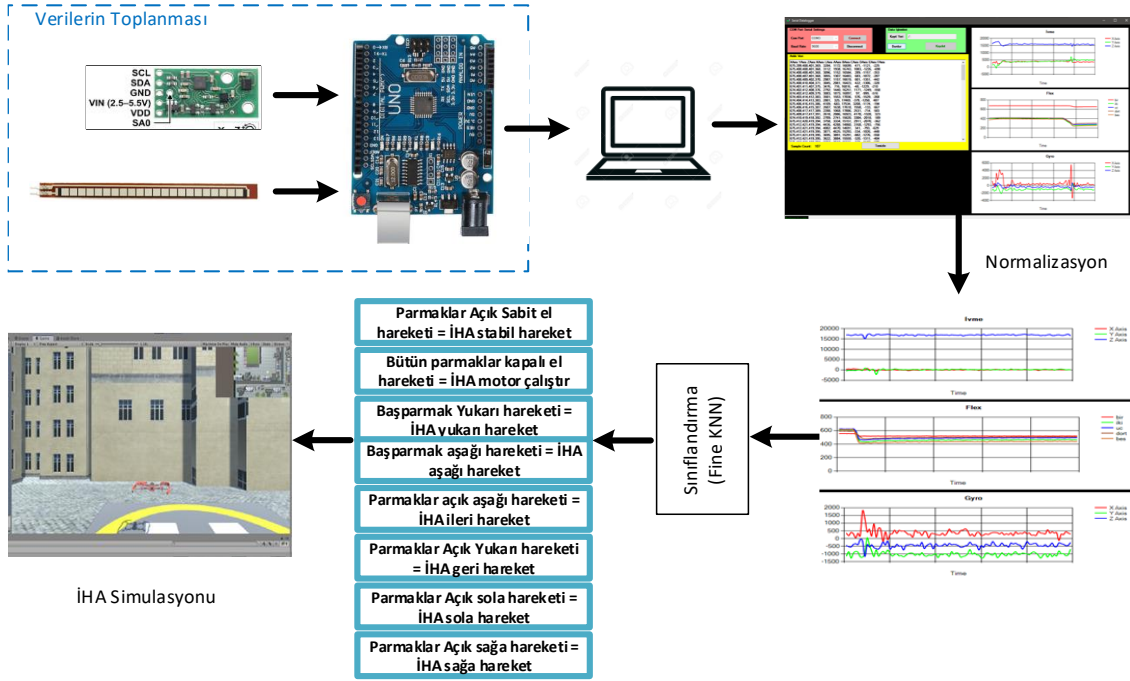
Normalizasyon işleminin ardından KNN algoritması ile sınıflandırılmak için k değeri 3 seçilmiştir. K değeri bu algoritmanın doğru ve hızlı çalışmasını etkileyecek en önemli parametrelerden birisidir. Gelen değerler sınıflandırılırken en yakın komşuya olan uzaklığı hesaplamak amacıyla öklid uzaklık hesaplama formülü tercih edilmiştir. Sınıflandırma sonucunda gelen veriler hangi sınıfa ait ise o sınıfa kaydedilmekte ve gerçek zamanlı olarak İHA’ya iletilmektedir. Böylece belirlediğimiz hareketlere karşılık İHA’nın yapacağı yönlendirme kontrol hareketlerin anlaşılması kolaylaşmıştır. KNN sınıflandırmasında kullanılan veri seti tanımı, her el hareketinde esneklik sensörlerden ve IMU sensörden alınan 11 farklı veri için 26800 örnek içeren 10 hareket türünü barındırmaktadır.

3. Deneysel Sonuçlar

Bu bölümde kullanılan donanım ve yazılım bütünü içerikleri teknik özellikleri detaylıca anlatılmıştır. Geliştirilen akıllı eldiven tasarımının detayları ve eldivenin kullanılmasıyla elde edilen deneysel sonuçları ortaya konulmuştur. Deneysel sonuçlara göre uygulamamanın doğruluk tablosu ve başarı yüzdesi verilmiştir.

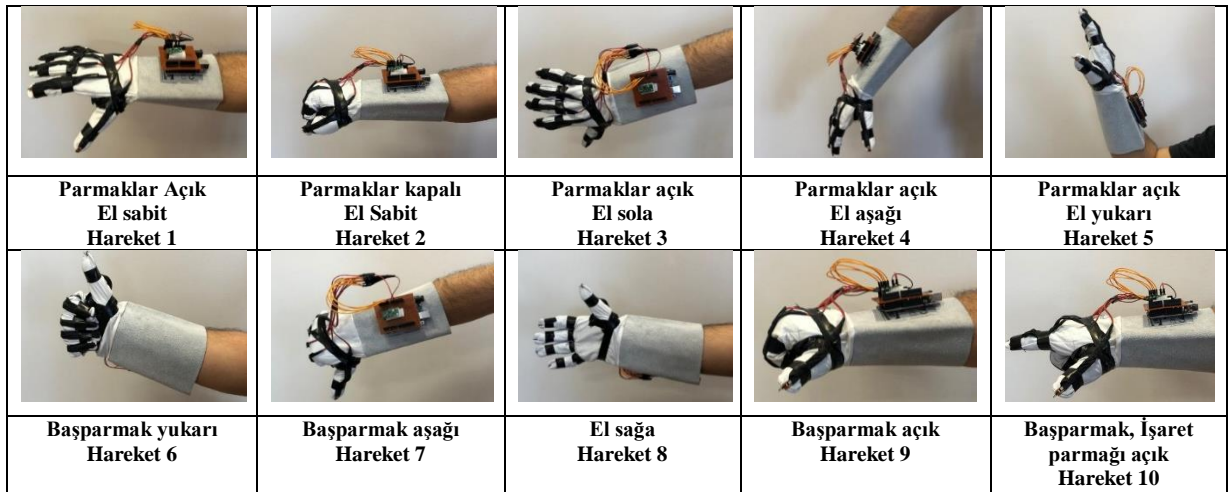
Gerçekleştirilen çalışmada tasarlanan eldivende kullanılan esneklik sensörleri ve IMU sensör yardımıyla Arduino ile alınan sinyallerin doğru ve gürültüsüz bir şekilde alınması sağlanmıştır. Uygulamayı doğru gerçekleştirmek için sensörlerin bağlantı bacakları ve devre kartındaki kablolama işlemi hassasiyetle yapılmıştır. Veri toplama ünitesinden alınan sinyallerin işleme uygun veri seti haline dönüştürülmesi işlemi uygulama çatısı sayesinde sağlanmıştır. Veri seti uygulama çatımız üzerinden istenilen formatta alınıp bilgisayarda istenilen dosyaya kaydedilebilmektedir. Ayrıca alınan sinyaller uygulamamızdaki grafik bilgi ekranından detaylıca ve anlık olarak incelenebilmektedir. Oluşturulan veri setindeki parametrelere harekete özgü olacak şekilde normalizasyon işlemi uygulanarak tekrarlı veriden ve gereksiz bilgileri asgariye indirerek zamandan ve hızdan tasarruf sağlanmıştır. Normalizasyon işleminin ardından elde bulunan verilere KNN sınıflandırma algoritması uygulanarak hareket tanımının belirlenmesi yapılmıştır. Sınıflandırma işlemi bittikten sonra belirlenen başarı oranı yüzdesinin

üstünde olan hareketler Unity ortamında geliştirdiğimiz İHA simülasyonuna iletilmiştir. Bu çalışmada tasarlanan akıllı eldiven sisteminin çalışma şekli Şekil 7’de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

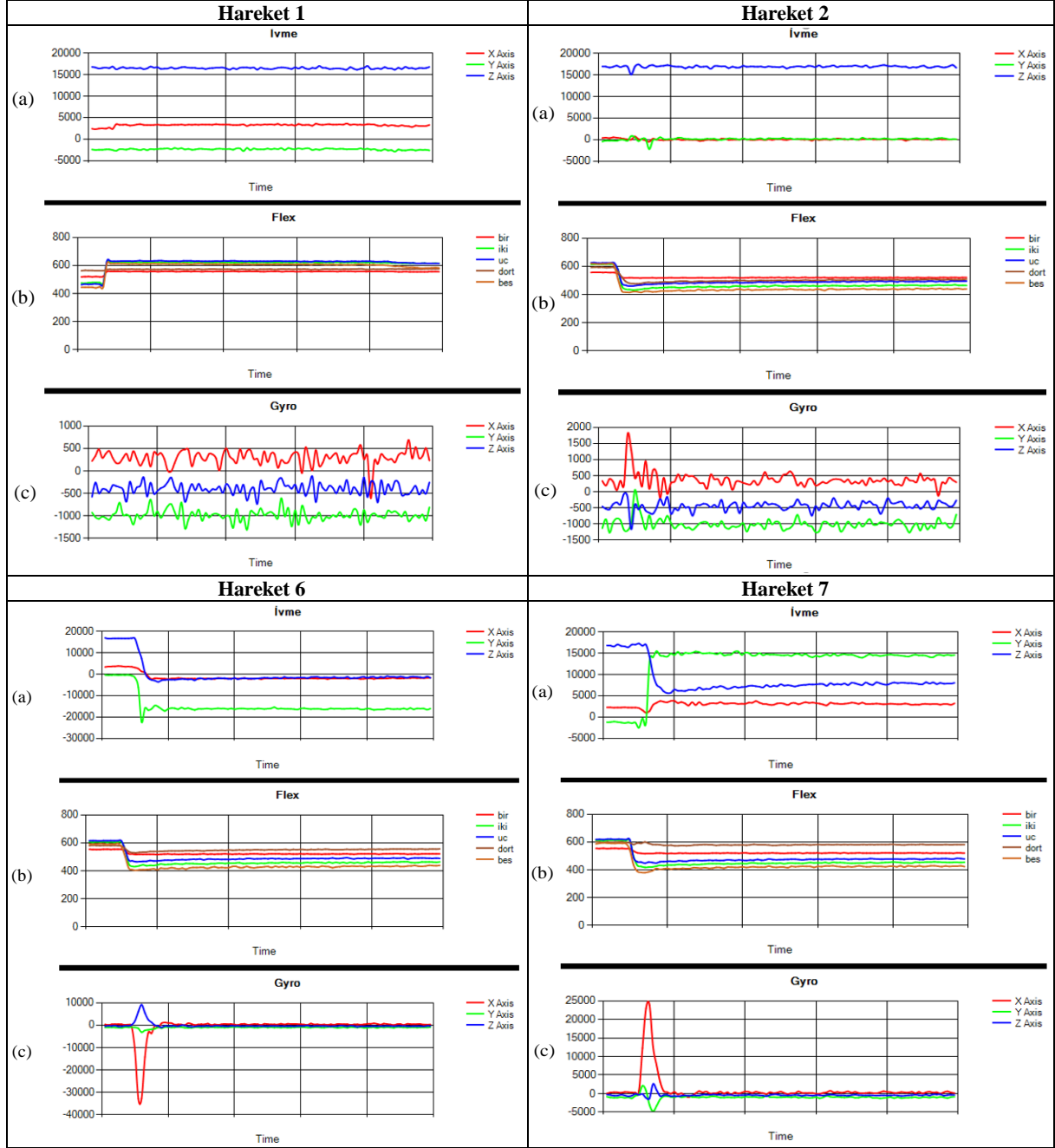


Şekil 7. Akıllı eldiven sistemi çalışma adımları

Yeni bir El hareketi geldiğinde veri toplama kısmında bulunan sensörler Arduino yardımıyla okunarak sinyallerin işlenmesi için ana bilgisayara gönderilmiştir. Ana bilgisayarda işlenen sinyaller veri seti haline dönüştürülüp kaydedilmiştir. Aykırı verilerin doğruluğunun engellememesi için normalizasyon işlemi uygulanmıştır. Normalizasyon işlemi uygulanan veriler sınıflandırma işlemine tabi tutulmuştur. Sınıflandırma sonucunda gelen verinin uygulamaya göre hangi hareket ait olduğu tespit edilir. O el hareketine karşılık İHA'nın yapması gereken hareket İHA simülasyonuna iletilir. Şekil 8’de hareket tanımlama ve sınıflandırma işleminde kullanılan el hareketleri gösterilmiştir. Veri seti oluşturmak için ve sınıflandırma işleminin kolaylığı açısından Her harekete Hareket1,Hareket2...Hareket10 gibi isimler tanımlanmıştır [9-12].

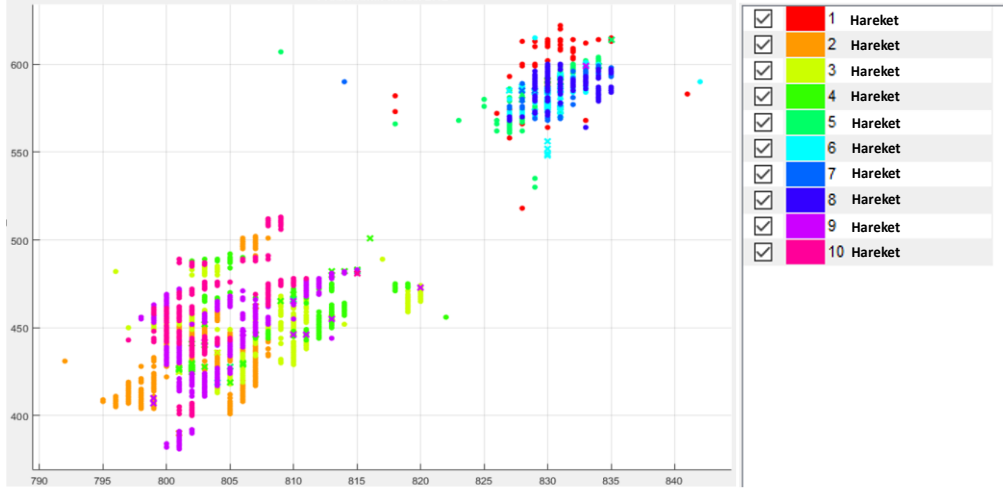


Şekil 8. El hareketleri

Tablo 2. 4 El hareketine karşılık örnek sinyal hareketleri

Tablo 2’de Örnek olması açısından Hareket 1, Hareket 2, Hareket 6, Hareket 7 olmak üzere 4 adet el hareketine karşılık gelen sinyal örnekleri gösterilmiştir. Tablodaki grafiklerde (a)’da IMU sensörden alınan ivme verileri X Axis Y Axis Z Axis üç eksendeki hareketleri zaman ekseninde gösterilmiştir. Tablodaki grafiklerde (b)’de Esneklik Sensörden alınan verilerin parmak hareketlerine göre eğilme bükülme hareketlerindeki direnç değer değişiklikleri sinyali, birinci parmak için bir, ikinci parmak için iki, üçüncü parmak için üç, dördüncü parmak için dört, beşinci parmak için beş olan hareket parametreleri zaman ekseninde gösterilmiştir. Tablodaki grafiklerde (c)’de IMU sensörden alınan gyro verileri X Axis Y Axis Z Axis üç eksendeki hareketleri zaman ekseninde gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre uygulama çatısı üzerindeki grafik bölümünden el hareketi sinyalleri incelenebilmektedir. Şekil 8’de gösterilen el hareketlerine karşılık Tablo 2’de gösterilen el hareketi sinyalleri gerçekleşmiştir.

Örnek hareketlere göre Hareket 1’de El havada sabit iken bütün parmaklar açıktır esneklik sensörleri, ivme sensörü ve gyro sensöründen alınan sinyallerde grafik üzerinde bir değişiklik gözlenmemektedir. Hareket 2’de El havada sabit iken bütün parmaklar kapatılmıştır. Esneklik sensörlerinden gelen sinyallerde bu bükme hareketiyle birlikte aşağı yönlü bir değişim gözlemlenmiştir. Parmaklar kapatılırken gerçekleşen kısa harekette ivme ve gyro sensörü grafiğinde küçük hareketler görülmektedir. Hareket 6’ya baktığımızda başparmak açık olacak ve yukarıyı gösterecek şekilde yumruk yapılmıştır. Buna bağlı olarak esneklik sensörünün bir numaralı parametresi hariç değişim gözlenmiştir. Gyro ve esneklik sensöründe x,y ve z eksenlerinde harekete bağlı değişiklikler görülmüştür. Hareket 7’ye baktığımızda başparmak açık olacak ve aşağıyı gösterecek şekilde yumruk yapılmıştır. Buna bağlı olarak esneklik sensörünün bir numaralı parametresi hariç değişim gözlenmiştir. Gyro ve esneklik sensöründe x,y ve z eksenlerinde harekete bağlı değişiklikler görülmüştür.



Şekil 9. Örnek veri seti ile sınıflandırma sonucu

Şekil 9’da gösterilen Akıllı eldiven sistemimizden alınan örnek el hareketi verileriyle oluşturulmuş veri seti üzerinden yapılan KNN algoritmasıyla sınıflandırılmış hareket tipleri belirtilmiştir. Hareket tahmini yapabilmek için veri seti değerleri ve KNN sınıflandırma algoritması parametreleri titizlikle düzenlenmiştir. Sağda gösterilen renk skalasında her hareket için birer renk tanımlanmış ve yeni hareketin bu renkler ile belirtilerek hangi sınıfa ait olduğu gösterilmiştir. Veri seti için, her el hareketinde esneklik sensörlerden ve IMU sensörden alınan 11 farklı veri için 26800 örnek içeren 10 hareket türü için normalizasyon işlemi uygulanmış, 21400 veri elde edilmiştir. Sınıflandırmada kullanılacak verilerden 18000 örnek eğitim için 3400 veri test için kullanılmıştır. Sınıflandırma sonucunda çalışmanın doğruluk oranı % 96,8 olarak sonuçlanmıştır. Her bir verinin boyutu yaklaşık 5,6 byte büyüklüğündedir. Tahmin hızı saniyede 3100 veri olarak gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma simülasyonunun tamamen çalışma süresi 27,951 sn olarak tamamlanmıştır. Akıllı eldiven sistemimiz test aşamasında üst üste çalıştırıldığında minimum % 96, maksimum %97,6 oranında doğru sonuç vermiştir. Sistemimizin 10 kez üst üste çalışması sonucunda ortalama %96,8 oranında doğrulukla sonuçlandığı gözlemlenmiştir. Sonuçlar Tablo 3’te belirtilmiştir. Geliştirilen İHA simülasyonunda el hareketleri tanımlamasının İHA hareketleri doğru yönlendirip yönlendirmediği gözlemlenmiştir.

Tablo 3. Sınıflandırma Doğruluk Tablosu

El Hareketi	10
Veri Seti	26800
Maksimum Doğruluk Oranı	% 97,6
Minimum Doğruluk Oranı	% 96
Ortalama Başarı oranı	% 96,8
Standart Sapma	1,1313

4. Sonuçlar

Son yıllarda İHA kullanımının artması bunun sonucunda gelişen ihtiyaç yönetimi İnsan-İHA etkileşimini önemli kılmıştır. Literatürde yapılan çalışmalara bakılacak olursa gelecekte İHA gibi robot sistemleriyle insanların iletişim sıklığı artacaktır[13-20]. Bu iletişime kolaylık sağlamak amacıyla İnsan-İHA etkileşimi ve giyilebilir teknolojileri beraber kullanma açısından yeni bir yöntem önerilmiştir. Bu çalışmada İnsan-İHA etkileşiminde gerçek zamanlı uygulama çatısı geliştirilmiştir. Geliştirilen uygulama çatısı Visual Studio programında C# ortamında yapılmıştır. IMU ve esneklik sensörler kullanılarak eldiven üzerinden esneklik, ivme ve gyro verileri elde edilmiştir. Elde edilen sinyaller gerçek zamanlı izlenerek her bir el hareketi için gözlemlenmiştir. Literatürdeki çalışmalar ile karşılaştırıldığında geliştirilen uygulama çatısının gyro gibi parametreleri kullandığı görülmektedir. Böylece giyilebilir teknolojilerinde İnsan-İHA etkileşimi için gyro sensörünün kullanılabilirliği gösterilmiştir. Gyro ve ivme verileri sayesinde bir eldiven ile en az on hareket kolaylıkla tanımlanabilmiştir. Veri seti üzerinde önce normalizasyon işlemi devamında KNN sınıflandırma işlemi gerçekleştirilerek gelen sinyalin hangi sınıfa ait olduğu tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak el hareketi %96,8 oranında doğru tanımlanmıştır. Simülasyon ortamında İHA kontrolü gerçekleştirilmiştir. Başarıyla gerçekleştirilen bu işlemlerin ardından Unity ortamında geliştirdiğimiz İHA simülasyonuna gerçek zamanlı veriler iletilmiştir. Giyilebilir akıllı eldiven sistemimiz 10 defa çalıştırıldığında minimum %96, maksimum %97,6 doğrulukla çalıştığı gözlemlenmiştir. Sistemin doğru çalışma ortalaması 96,8 belirlenmiştir.

Kaynaklar

- [1] Maher A., Li C., Hu H., Zhang B.. Realtime Human-UAV Interaction Using Deep Learning. Chinese Conference on Biometric Recognition CCBR 2017; Biometric Recognition pp 511-519.
- [2] Lee B., Chung W.. Wearable Glove-Type Driver Stress Detection Using a Motion Sensor. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 2017; vol. 18, no. 7, pp. 1835-1844.
- [3] Bolin J., Crawford C., Macke W., Hoffman J., Beckmann S., Sen S.. Gesture-Based Control of Autonomous UAVs. Proc. of the 16th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems 2017.
- [4] Wu F., Ramchurn S., Chen X.. Coordinating human-UAV teams in disaster response. International Joint Conference on Artificial Intelligence, 2016.
- [5] Tsvkunov E., et al. SwarmCloak: Landing of a Swarm of Nano-Quadrotors on Human Arms. Asia Emerging Technologies, 2019.
- [6] Labazanova L., Tleugazy A., Tsvkunov E., Tsetserukou D.. SwarmGlove: A Wearable Tactile Device for Navigation of Swarm of Drones in VR Environment, 2019.
- [7] Jhajharia, S., Pal, S. K., Verma, S.. Wearable computing and its application. International Journal of Computer Science and Information Technologies 2014; 5(4), 5700-5704.
- [8] Haptic Interaction. AsiaHaptics. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 535. Springer, Singapore https://doi.org/10.1007/978-981-13-3194-7_674, 2018
- [9] Shin S., Kang Y. and Kim Y.. Hand Gesture-based Wearable Human-Drone Interface for Intuitive Movement Control 2019 IEEE International Conference on Consumer Electronics ICCE2019; Las Vegas, NV, USA, pp. 1-6.
- [10] Hu, B., Wang, J.. Deep learning based hand gesture recognition and UAV flight controls. International Journal of Automation and Computing. 2020: 17-29.
- [11] Hu B., Wang J.. Deep Learning Based Hand Gesture Recognition and UAV Flight Controls. 24th International Conference on Automation and Computing ICAC 2018; Newcastle, United Kingdom, pp. 1-6.
- [12] Karaköse M., Yetiş H., Müezzinoğlu T.. An Investigation of Vision Based Navigation Methods for Unmanned Aerial Vehicles. 7th International Conference on Advanced Technologies ICAT 2018; 483-488.
- [13] Yetiş H., Karaköse M., A New Smart Cargo Cabinet Application for Unmanned Delivery in Smart Cities. International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing (IDAP), 2018.
- [14] Rajappa S.. Towards Human-UAV Physical Interaction and Fully Actuated Aerial Vehicles. Dissertation der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät at der Eberhard Karls Universität Tübingen zur Erlangung des Grades eines Doktors der Naturwissenschaften, 2017.
- [15] Augugliaro F., D'Andrea R.. Admittance Control for Physical Human-Quadrocopter Interaction. European Control Conference (ECC) 2013; Zürich, Switzerland, pp. 1805 - 1810.
- [16] Stegagno P., Rajappa S., Bühlhoff H. H.. Design and Implementation of a Novel Architecture for Physical Human-UAV Interaction", International Journal on Robotics Research, 2017; Vol. 36(5-7) 800-819.
- [17] Cauchard J. R., Jane L. E., Zhai K. Y., Landay J. A.. An Exploration Into Natural Human-Drone Interaction", International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing UbiComp 2015; Osaka, Japan.
- [18] Chen M., Zhang P., Wu Z., Chen X. A multichannel human-swarm robot interaction system in augmented reality. Virtual Reality & Intelligent Hardware, 2020.
- [19] Jiao, R., Wang, Z., Chu, R., Dong, M., Rong, Y., Chou, W.. An Intuitional End-to-End Human-UAV Interaction System for Field Exploration. Frontiers in Neurorobotics, 2019. 13, 117.
- [20] Elfar M., Zhu H., Cummings M. L., Pajic M., Security-Aware Synthesis of Human-UAV Protocols. 2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Montreal, QC, Canada, 2019.