

(Geliş Tarihi / Received Date: 12.03.2021, Kabul Tarihi/ Accepted Date: 12.04.2021)

Takım Sporları İçin Konum Tabanlı Antrenman Sisteminin Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi

Uğur FİDAN^{*1}, Mehmet YILDIZ², Aslıhan ŞAHAN³

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Bölümü, 03000,
Afyonkarahisar, ORCID No : <https://orcid.org/0000-0003-0356-017X>

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Bölümü, 03000,
Afyonkarahisar, ORCID No : <http://orcid.org/0000-0003-3481-7775>

³Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Fakültesi, Biyomedikal ABD, 03000,
Afyonkarahisar, ORCID No : <https://orcid.org/0000-0002-2102-1164>

Anahtar Kelimeler:

Antrenman,
Kinematik,
Biyoteleometri,
Konum,
Spor

Özet: Spor, yıllardır toplumda en önemli sosyal aktiviteler içerisinde yer almaktadır. Spor kültürlerarası etkileşim aracı olmakla birlikte rekabet düzeyinin giderek artmasıyla prestij ve ulusal kimliğin dünyada kanıtlandığı bir alana evrilmiştir. Teknolojide gerçekleşen hızlı değişimlerin kültürel, siyasi, ekonomik vb. birçok alan üzerinde etkisi olduğu görülmektedir. Teknolojinin etkilediği alanlardan biri de spordur. Antrenman ve sağlık bilimlerinde gerçekleşen teknolojik gelişmeler, sporcuların doğru şekilde yetiştirilmesine katkı sağlamaktadır. Bu sayede sporcuların performansları geliştirilmiş ve sportif başarıları artırılmıştır. Teknolojinin spor üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı spor teknolojilerinden faydalanmak zorunluluk haline gelmiştir. Bu çalışma ile açık saha sporcularının antrenman takibi ve analizine olanak sağlayacak bir sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem antrenörün oyuncuya verdiği direktifleri oyuncunun uygulama durumu, oyuncuların saha içi konumlarını, kat ettikleri mesafeleri ve maksimum hızlarını antrenörler için tek bir noktaya toplayarak antrenörün daha doğru analiz yapabilmesini sağlamıştır. Böylece antrenmanın verimliliği yapılan taktik çalışmalarının sporcular tarafından ne kadar anlaşıldığı ve oyuna hangi oranda uygulandığı tespit edilebilmiştir. Ayrıca oyuncuların saha içi performans ve kinematik parametrelerine göre kişiye özel teknik ve taktik çalışmalar için nicel veriler toplanmıştır. Geliştirilen sistemin getirdiği avantajlar yanında bazı sınırlamaları bulunmaktadır. GPS destekli sistemler konum bilgisine ulaşabilmek için uydu sinyallerine ihtiyaç duymaktadır. Bu durum GPS destekli kapalı saha takım sporları yerine açık saha takım sporlarında kullanılmasına neden olmaktadır. Ayrıca GPS konum bilgisinin doğruluğunu artırmak için GPRS, WiFi gibi radyo frekans sinyallerine gereksinim vardır. Sonuç olarak düşük maliyetli GPS modüllü sistemler ile hareket analizi anlık yapılmakla birlikte genel bir değerlendirme sonucu verdiği göz ardı edilememelidir.

Design and Implementation of Location Based Training System For Team Sports

Keywords:

Training,
Kinematic,
Biotelemetry,
Location,
Sports

Sport has been in the area of the most important social activities in society for years. Sport is a tool for intercultural interaction and with the increasing level of competition, it has evolved into a field where prestige and national identity are proven in the world. Cultural, political and economic etc. of rapid changes in technology. It appears to have an effect on many areas. One of the areas affected by technology is sports. Developments in training and health sciences contribute to the correct training of athletes. In this way, the performances of the athletes were improved and their sportive success was increased. Due to the positive effects of technology on sports, it has become a necessity to benefit from sports technologies. With this study, a system has been developed that will allow training tracking and analysis of open field athletes. The developed system allowed the trainer to

make a more accurate analysis by collecting the instructions given by the coach to the player, the position of the player, the position of the players on the field, their distance and maximum speed for the trainers. Thus, the efficiency of training could be determined to what extent tactical studies were understood by the athletes and at what rate they were applied to the game. In addition, quantitative data were collected for personal technical and tactical studies according to the in-field performance and kinematic parameters of the players. Besides the advantages of the developed system, there are some limitations. GPS supported systems require satellite signals to access location information. This situation causes it to be used in open field team sports instead of GPS supported indoor team sports. In addition, radio frequency signals such as GPRS and WiFi are required to increase the accuracy of GPS location information. As a result, although the motion analysis is done instantly with low-cost GPS module systems, it should not be ignored that it gives a general evaluation result.

1. GİRİŞ

Kültürlerarası etkileşim aracı olan spor rekabet düzeyinin giderek artmasıyla birlikte prestijin ve ulusal kimliğin dünyada üzerinde kanıtlandığı bir alana evrilmiştir. Spor, belirli teknik ve kurallara uygun yapılan, yarışma, eğlence ve bedensel gelişmeye faydalı amaçları da bulunan beden hareketlerinin bütünüdür. Spor yıllardır, toplumda en önemli sosyal aktiviteler arasında yer almaktadır. Teknolojide gerçekleşen hızlı değişimlerin kültürel, siyasi ve ekonomik alanlar üzerinde etkisi olduğu görülmektedir. Antrenman ve sağlık bilimlerinde gerçekleşen gelişmeler sporcuların nicel veriler ışığında eğitilmesine katkı sağlamaktadır. Bu sayede sporcuların performansları daha fazla geliştirilmiş ve sportif başarıları artırılmıştır. Sporunun alakalı olduğu spor dalındaki performansını motorik becerileri göstermektedir. Spor alanında artan teknoloji kullanımıyla nitel veriler yerine nicel veriler ile değerlendirilmesi, yapılan hassas ölçümler ile sağlanmaktadır. Antrenörlerin planladığı antrenman programının ve sporunun antrenman esnasında gösterdiği performansın sonuçları bir sonraki yapılan testte belirlenebilmektedir. Ancak yapılan antrenmanların sporcular üzerindeki etkinliğini ve gelişimini gösteren sistemler sınırlı sayıdadır.

Konu ile ilgili literatür incelendiğinde; Baysal ve arkadaşları (2016) futbol takımlarının video analiz sistemlerinin hatalarını iyileştirmeye yönelik yaptığı çalışmalarında; futbol videolarını gerçek zamanlı olarak analiz etmek için çoklu oyuncuların izlemenin önemini ifade etmişlerdir. Çalışmalarında hızlı aydınlatma değişiklikleri ve oklüzyonların görüntü üzerinden oyuncuların takibini zorlaştırdığı belirtilmiştir. Parçacık filtresi temelli yaklaşımlar tıkanıklık ve hızlı hareketler altında izleme yetenekleri geliştirmek amacı ile kullanılmıştır. Birleştirilmiş görüntü ve hareket modelleri kullanarak hedeflerin model alan parçacıkları üzerinde olma olasılığı değerlendirilmiştir. Önerilen izleme algoritması Sentioscope adlı futbolcu izleme sistemine yerleştirilmiştir. Sistemin tüm adımlarını açıklayarak ve profesyonel futbol ligi maçlarından toplanan büyük ölçekli video verilerine kendi yaklaşımlarını uygulaması ve sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Deneysel sonuçlar, önerilen algoritmanın önceki yöntemlerle karşılaştırıldığında benzer görünlere ve takım sporları

gibi öngörülemeyen hareket biçimlerine sahip çoklu nesne izlemede daha başarılı olduğunu tespit etmişlerdir [1]. Altun ve arkadaşları (2016) tarafından yapılan diğer bir çalışmada, yetenekli sporcuların seçilmesi konusuyla ilgili farklı çalışmalar yapılmış olmasına rağmen üst düzey sporcuların seçilme ve geliştirilme sürecini iyileştirmeye yönelik Türkiye genelinde daha kapsamlı ve uzun vadeli bilimsel araştırmalar ve projelerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir [2]. 2018 yılında Nishikawa ve arkadaşları takım sporlarında çoklu oyuncu analizi için düşük maliyetli kamera sistemine değinmişlerdir. Takım sporlarında, çoklu oyuncu izleme ve stratejik analiz önemli bir teknolojidir. Mevcut çözümler yüksek çözünürlüklü kameralar kullandığından kurulum maliyetleri yüksek olup daha çok profesyonel takımlar tarafından tercih edilmektedir. Düşük bütçeli tüketicilerin kolayca elde edebileceği neredeyse hiçbir çözüme bulunmamaktadır. Algoritmaya dayalı görsel izleme sonuçları üretebilen bir prototiple, çok kameralı video dizileri kullanarak izleme performansını ve hesaplama süresini etkileyen faktörleri araştırmışlar ve birkaç takım sporunda çok oyunculu izleme için tahmini hesaplama süresini incelemişlerdir [3]. Willmott ve arkadaşları ise takım sporlarıyla ilgili protokollerin geliştirilmesi sırasında global konumlandırma sistemi (GPS) cihazlarının güvenilirliğini araştırmışlardır. Katılımcılara FieldWiz GPS cihazı ve Catapult MinimaxX S4 10 Hz GPS cihazı takılmıştır. Toplam mesafe ve tepe hızı değişkenleri için tipik ölçüm hatası ve değişim katsayısı hesaplanmıştır. Seanslar arasında FieldWiz GPS cihazlarında güvenilirlik karşılaştırmaları için düz çizgi ve yön değişimi protokollerini sırasında toplam mesafe ve tepe hızı için FieldWiz ve Catapult GPS cihazları arasında tipik ölçüm hatası gözlemlenmiştir. FieldWiz GPS cihazındaki veriler, oluşturulan cihazlarla karşılaştırılabilir ve takım sporlarıyla ilişkili çeşitli hareket düzenlerinde güvenilir olduğu belirtilmiştir [4]. Bastida-Castillo ve arkadaşlarının (2018) yaptığı çalışmada, yüksek doğruluğa sahip küresel konumlandırma sistemini (GPS) ve son zamanlarda zaman-hareket kalıplarını izlemek için ultra geniş bantlı (UWB) izleme sistemlerini kullanmışlardır. Çalışmalarındaki amaçları: (i) Futbolcuların konumlarındaki GPS ve UWB teknolojilerinin doğruluğunu belirlemek ve karşılaştırmak (ii) Her iki sistemin taktiksel uygulamasını karşılaştırmaktır. Bu amaçla 14 futbolcuya beş farklı test yapılmıştır. Bu

testler; (a) Alan çevresi, (b) Yarı çizgi, (c) Merkez daire, (d) Ceza sahası çevresi ve (e) Yarım daire ceza sahasıdır. Ayrıca, taktik analizde her iki sistemin doğruluğundaki gerçek ve pratik farklılıkları belirlemek için WIMUPRO™ ile izlenen küçük bir oyun oynatılmıştır. GPS için, “x” ve “y” koordinatlarının ortalama mutlak hatası sırasıyla $41,23 \pm 17,31$ cm ve $47,6 \pm 8,97$ cm, UWB için $9,57 \pm 2,66$ cm ve $7,15 \pm 2,62$ cm olarak hesaplanmışlardır. Öte yandan, kullandıkları cihaz (UWB WIMU PRO™ 20 Hz'in) oyuncuların sahadaki pozisyonunu tahmin etmek için daha doğru bir teknoloji olduğu gösterilmiştir. Takım sporlarında taktik performansın analizine yönelik araştırmayı geliştirebilecek oyun karmaşıklığı ve dinamik etkileşim özelliklerini incelemek için yeterli olduğunu göstermişlerdir. Buna rağmen, her iki sistemin de kullanımlarında bir dizi avantaj ve dezavantaj ortaya çıkmıştır. GPS'in avantajları yüksek sayıda ölçüm mümkün, operatör gerekli değil, kısa kurulum süresi, yüksek güvenilirlik, UWB'in avantajları: yüksek doğruluk, yüksek iletim yoludur. GPS'in dezavantajları: stadyumda uydu sinyal ulaşmamakta ve buna bağlı olarak oyuncuların pozisyonları için doğruluk sınırlı kalmaktadır. UWB dezavantajları: sabit kurulum, kurulum maliyeti, kurulum süresi olarak ortaya çıkmıştır [5].

Konu ile ilgili yapılan çalışmaların geneli mevcut sistemleri kullanarak üretilmiş istatistiksel yöntemlere dayalı çalışmalardır. Konu ile ilgili sistem tasarımı sınırlı olup bu durum mühendislik ile spor bilimleri arasındaki iş birliğinin eksik olduğunu göstermektedir. Bu çalışma ile açık saha sporlarının antrenman takibi ve analizine olanak sağlayacak düşük maliyetli bir sistemin tasarımı ve gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Bu sayede antrenörün oyuncuya verdiği direktifleri oyuncunun uygulama durumu, oyuncuların saha içi konumlarını, kat ettikleri mesafeleri ve maksimum hızları antrenörler için tek bir noktaya toplayarak antrenörün daha doğru analiz yapabilmesi sağlanacaktır. Böylece antrenmanın verimliliği, yapılan taktik çalışmalarının sporcular tarafından ne kadar anlaşıldığı ve oyuna hangi oranda uygulandığı tespit edilmiş olacaktır. Ayrıca oyuncuların saha içi performans ve kinematik parametrelerine göre yeni teknik ve taktik çalışmalar için nicel veriler elde edilecektir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Sportif Performans ve Antrenman Bilimi

Performans, bir fiziksel aktivite esnasında o aktivitenin gerektirdiği biyomekanik, psikolojik ve fizyolojik verimdir. Diğer bir ifade ile sporcunun sergilediği ortalama işin bir göstergesidir. Sporcunun performansı antrenman derecesi, yaş, cinsiyet, genetik, beslenme, motivasyon ve sağlık durumu gibi iç etkenlere bağlı olduğu gibi ısı ve nem gibi çevresel koşullara göre de değişmektedir. Bu sebepten dolayı antrenman programları ve yöntemleri sporcunun performansına göre kişiye özel planlanarak yapılması gerekmektedir. Performansın takip

edilmesine ve uygun antrenman programının belirlenmesine kinetik ve kinematik veriler yön göstermektedir [6]. Sporcu hareketlerinin farklı metotlarla analiz edilmesi motorik becerilerin sayısal veriler ile ortaya konulmasını sağlamaktadır. Sporcudan alınan bu verilerin kaydedilmesi gelişim sürecinde ve performans artışının takip edilmesinde önemlidir. Sporcunun anatomik yapısından, kullandığı ekipmanlara kadar birçok alanda çalışmaların yapıldığı ve ölçümlere dayalı sayısal verilerin değerlendirilmesi sonucunda performansı artırmak amacıyla farklı ürünlerin geliştirildiği görülmektedir [7].

Takım sporlarında uygulanan antrenman programları sporcuların gelişimlerini olumlu yönde etkilerken bazı durumlarda gerekli katkıyı sağlayamamaktadır. Bu durumlarda takım genelinde başarısızlıklar olmaktadır. Sporcuların performanslarına göre sınıflandırma yapılarak antrene edilmeleri takım başarısını artırmaktadır. Sporcuların ilk durumlarında yapılan performans testlerinin sonuçlarına göre sporcuya uygun antrenman programları hazırlanmaktadır. Antrenman programı esnasında ve sonrasında yapılan performans testleri ile planlanan programın başarısı görülmektedir. Test sonuçlarında gelişme olmadığı durumlarda programlar yeniden yapılandırılmaktadır.

2.2. Biyomekanik ve Spor Biyomekaniği

Biyomekanik, canlı hareketlerinin nicel verilere dönüştürülerek incelendiği bir bilim dalıdır [8]. Koşma, yürüme, atlama gibi aktivitelerin gerçekleşmesi biyomekanik ile açıklanabilmektedir. Hareket anında veya dinlenme durumunda insan vücudunda etkili olan kuvvetleri ve bu kuvvetlerin diğer kişilere, nesnelere olan etkileri spor biyomekaniği içerisinde araştırılmaktadır. Koordineli, düzgün ve amacına yönelik yapılan hareketler kas iskelet sistemi tarafından gerçekleştirildiği için spor biyomekaniği katı cisimler mekaniği alanında incelenmektedir. Sporda mükemmeli yakalama çabası spor biyomekaniği alanında önemli gelişmelerin oluşmasını sağlamaktadır. Teknolojideki ilerlemelerle birlikte uygulama alanları çoğalan bu bilim dalı gözleme dayalı araştırma yöntemlerine ek olarak ölçüme dayalı araştırma yöntemlerini geliştirmiş ve hareket analizlerini gerçekleştirmektedir [9].

2.3. Temel Motorik Özellikler

Temel motorik özelliklerin geliştirilmesi bütün spor branşlarında uygulanan antrenman programlarının vazgeçilmez bir unsurudur. Temel motorik özellikler; kuvvet, dayanıklılık, sürat, hareketlilik ve beceri olmak üzere 5 temel yapıda sınıflandırılmaktadır.

2.3.1 Kuvvet

Kuvvet, bir dirence karşı belirli bir ölçüde dayanabilme özelliği olup performansın temel bir ögesidir. Spor biliminde kas kuvveti birçok farklı alanda tanımlanmıştır. Spor biliminde kuvvet, kemik ve kas yapısıyla oluşturulan kaldıraç sistemi gibi düşünülür ve güç uygulayabilme

kabiliyetini gösterir. Test edilen kas grubuna göre farklı özellik göstermektedir. Örneğin pençe kuvveti yüksek olan bireyin bacak kuvvetinin de yüksek olduğu söylenebilir [10].

2.3.2 Dayanıklılık

Dayanıklılık sporcunun fizyolojik ve fiziki yorgunluğa karşı dayanma gücüdür. Başka bir tanımla, uzun süre devam etmekte olan sportif antrenmanlarda tüm organizmanın yüksek yoğunluktaki yüklenmeleri devam ettirebilme ve yorgunluklara karşı koyabilme yeteneğidir. Dayanıklılığın belirli bir seviyeye ulaşabilmesi, uygulanacak değişik antrenman içeriklerinin ve yöntemlerinin uygulanmasına göre değişiklik göstermektedir. Antrenman yapmayanlarda kalp ağırlığı, antrenman yapan sporculara göre daha azdır. Kalbin büyüklüğünün artması kalp atım ve hacminin yükselmesinin sağlayarak dayanıklılık yeteneğinin gelişmesini sağlamaktadır [11].

2.3.3 Sürat

Önemli motorik özelliklerinden biri olan sürat, sporcunun yüksek hızda bir yerden başka bir yere konum değiştirme yeteneği olarak tanımlanır. Sürat sadece vücut konumunun yer değişiminin en yüksek hızda olması değildir. Örneğin bir boksörün yumruk atmadaki sürati veya voleybolda smaç yaparken bir kolun sürati gibi uzuvların oluşturduğu konum değiştirmede sürat olarak tanımlanır.

2.3.4 Hareketlilik (Esneklik)

Hareketlilik eklemlerin izin verdiği oranda değişik yönlere veya uygun bir açıda hareket edebilme yeteneğidir. İnsan vücudunda hareketler kaslar, iskelet sistemi, kirişler ve ligamentler aracılığıyla sağlanmaktadır. Sporda istenilen güce sahip olabilmek için hareketlilik, antrenmanların ana unsuru olarak önemli bir yer tutmaktadır. Yeteri kadar geliştirilmemiş bir hareketlilik;

- Sakatlıklara neden olmaktadır,
- Hareket açısını sınırlandırmaktadır,
- Teknik bir hareketin öğrenilmesini ve uygulamasını zorlaştırmaktadır.

Hareketlilik diğer motorik özellikler ile bağlantılı olduğu için diğer özelliklerin öğrenilmesinde, uygulanması ve geliştirilmesinde büyük öneme sahiptir.

2.3.5 Beceri (Koordinasyon)

Kasların merkezi sinir sistemi ile uyumlu bir şekilde etkileşimi beceri olarak tanımlanmaktadır. Beceri istemsiz veya istemli olarak yapılan hareketlerin uyumlu bir şekilde amaca yönelik düzenli bir hareket bütünü içerisinde uygulanabilmesini sağlamaktadır. Bazı becerileri gerçekleştirebilmek için el-ayak veya el-göz koordinasyonu gerekmektedir. Bazılarında ise tüm vücut koordinasyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. Spor alanında başarı sağlamada, becerilerin öğrenilmesinde ve günlük

yaşamdaki işlerin gerçekleştirilmesinde önemli olan koordinasyonun geliştirilmesi için antrenman programlarında koordinasyon öğelerini içeren çalışmalar bulunmaktadır.

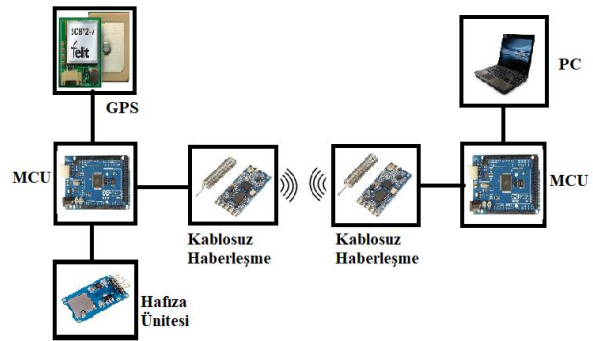
2.4. Ölçüm Sistemi

Spor dalının gerektirdiği fizyolojik özellikleri geliştirmek için değişik türde antrenmanlara yönelmek söz konusudur. Çünkü güç, dayanıklılık, sürat, çabukluk, kıvraklık gibi pratikte bir arada bulunan özelliklerden birini geliştirmek yeterli değildir. Bu yüzden antrenörler genel ve özel antrenmanlar uygulamaktadır. Genel antrenmanlar, genel ve çok yönlü yetenekleri geliştirirken özel antrenmanlar ise belli bir spor dalı için gerekli yetenekleri geliştirmeyi hedefler.

Sporda üst düzey başarıya ulaşma ilkesi ile sporcuların ve takımın antrenmanlarını iyi bir şekilde düzenlemek, sporcuların bireysel ya da takımın gücünü geliştirmek, rakip sporcunun ya da takımın zayıf ve güçlü yönlerine bakarak takımı ve sporcuları yönlendirmek için gözlem yapılmalıdır. Gözlemin amaçlarını şu şekilde sıralanabilir;

- Antrenmanın en verimli biçimde gerçekleştirilmesi için sporcunun bireysel taktik, teknik ve kondisyon durumunu tespit etmek
- Antrenmanlarda takımın taktiksel davranışlarını tespit etmek
- Rakip takımın savunma ve hücumdaki davranışını ve rakip sporcuların teknik özelliklerini tespit etmek
- Sporcunun bireysel verimliliğini görmek.

Tasarlanan sistem ölçüm birimi, RF haberleşme ünitesi ve analiz yazılımı olmak üzere 3 temel bölümden oluşmaktadır. Tasarlanan sistemin blok şeması ve devre kartı Şekil 1 de görülmektedir. Tasarlanan sistem ölçüm birimi, kablosuz haberleşme ünitesi ve analiz yazılımı olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır.



Şekil 1. Antrenman ölçüm sistemi

Ölçüm biriminin temel algılama sensörü olarak küresel konumlandırma modülü (GPS- Global Positioning System) kullanılmıştır. GPS modülü 1Hz konum güncelleme özelliğine sahiptir. GPS modülünden gelen NMEA 0183 protokolüne sahip konum bilgileri 9.6kb/s veri iletim hızı, 8N1 data formatı ile UART haberleşme protokolü üzerinden mikrodenetleyici birimine

aktarılmaktadır. NMEA 0183 protokolünde yer alan konum bilgileri çözümlendikten sonra konum bilgileri SPI haberleşme hattı üzerinden dahili hafıza birimi olarak kullanılan SD karta kaydedilmektedir. Elde edilen konum bilgileri eş zamanlı olarak 20dB çıkış gücüne sahip ISM bandı içerisinde yer alan 433MHz taşıyıcı frekanslı RF modülü üzerinden ortama yayın yapılmaktadır. Taşıyıcı frekansına akordlu RF alıcı modülünden gelen veriler FTDI dönüştürücüsünden geçirildikten sonra PC'ye aktarılmıştır. Bu konum değişiklikleri Visual Studio C#.net platformunda form uygulaması olarak geliştirilmiş arayüz yazılımı ile analiz edilmektedir.

2.4.1. Küresel Konumlama Sistemi ve NMEA 0183 Protokolü

Küresel konumlama sistemi (GPS), dünya üzerinde engelsiz herhangi bir görüş alanında, en az dört uydusu ile bütün hava koşullarında coğrafi konum ve zaman bilgilerini sağlayan uydu tabanlı radyo navigasyon sistemi olarak tanımlanmaktadır. Uyduların yaydığı radyo sinyalinin yeryüzündeki GPS alıcıları olarak yorumlarlar ve konum belirlenmesini gerçekleştirirler. Bu uydu ağı uydularla arasındaki uzaklığı ölçerek düzenli olarak kodlanmış bir bilgi yollarlar ve bu sayede dünya üzerindeki bir noktanın konumunun belirlenmesini sağlar. GPS sistemlerinin çalışma prensibi, konumu bilinen üç farklı cisim ile bir noktanın arasındaki uzaklıklara göre hesaplanabilmesine dayanmaktadır. Her uydudan alınan veri alıcı konumunda bir çember oluşturur ve bu çemberlerin yerküre üzerinde kesiştiği tek nokta alıcının konumu olur. Ne kadar çok GPS uydusundan veri almırsa bu oluşan çemberlerin kesişme noktası o kadar daralacaktır ve uydu alıcısında elde edilen konum bilgileri gerçeğe yakın olacaktır [12].

ASCII tabanlı seri haberleşme protokolünü kullanan NMEA 0183, deniz sistemlerinde kullanılan pusula, derinlik ölçer, otomatik pilot, sonar ve GPS alıcıları gibi elektronik cihazlar arasındaki iletişim standardıdır. NMEA 0183 standardındaki tüm mesajlar başlangıç karakteri olarak "\$" ya da "!" karakteri ile başlar ve her bir veri alanı "," karakteri ile ayrılır.

Tablo 1 \$GPRMC başlıklı NMEA 0183 mesaj içeriği

Açıklama	Örnek	Tanımlanması
Mesaj Başlığı	\$GPRMC	RMC: Gerekli Minimum Karakter
UTC Zaman	191436.00	Saat Dakika Saniye (19:14:36)
Durum	A	A: Data erişilebilir, V: Data Erişilemez
Enlem	3846.3972	Derece dakika (ddmm.mmmm)
N/S	N	N: Kuzey S: Güney
Boylam	3029.3678	Derece Dakika (dddmm.mmm)
E/W	E	E: Doğu W: Batı
Yere Göre Hız	0.00	Knot biriminde
Rota Açısı	138.30	Derece biriminde
Tarih	260517	Gün Ay Yıl
Manyetik Değişim	003.1, W	E: Doğu W: Batı

Kontrol Numarası	*6C	Her zaman "*" ile başlar
------------------	-----	--------------------------

Örnek bir GPRMC mesajı;
 \$GPRMC,191436.000,A,3846.3972,N,03029.3678,E,0.0,0,138.30,260517,,A*6C şeklinde verilmiştir. Bu NMEA 0183 mesajından Tablo 1'de verilen bilgiler çıkartılabilmektedir.

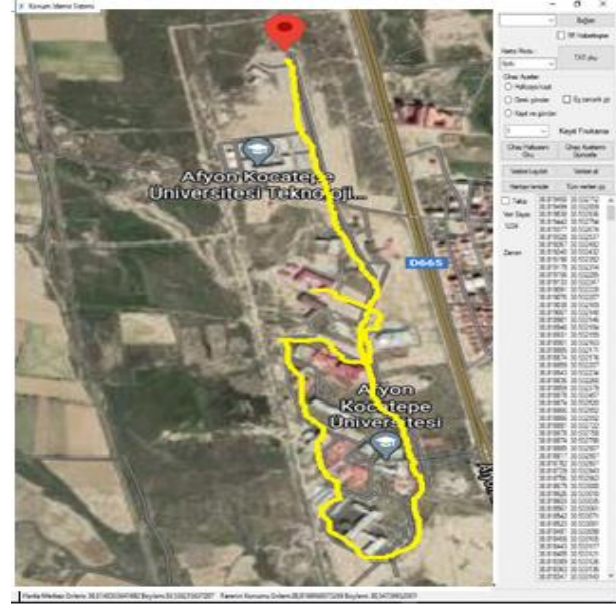
GPS alıcılarından kullanıcılara GP ile başlayan birçok mesaj iletilir. Bu mesajlardan bazıları;

- GPGLL; konum, zaman ve durum bilgisini,
- GPRMC; konum yön, zaman ve hız bilgisini,

GPGLL; konum, zaman, erişilebilir uydu sayısı, anten irtifası gibi bilgileri içerir [13].

3. BULGULAR

Yapılan çalışma ile alınan konum bilgileri C# programlama diliyle geliştirilen konum izleme uygulaması (Şekil 2) ile haritaya üzerine eş zamanlı işaretlenmektedir. Eş zamanlı konum takibi yapılabildiği gibi SD kart üzerine depo edilmiş veriler arayüz yazılımı ile asenkron mod ile analiz edilebilmektedir. Antrenman sisteminin bilgisayar yazılımı üzerinden tüm sporcularının verilerini tek bir yerde toplayıp eş zamanlı olarak hareketleri yazılım sayesinde analiz edilmektedir. Bilgisayarın diğer modüllerle haberleşebilmesi için harici bir modül hazırlanarak bilgisayar yazılımına entegre edilmiştir. Bilgisayar yazılımı sahada aktif kullanılan modüllerden sıralı olarak veri toplayarak kayıt ve analiz işlemi sağlamıştır.



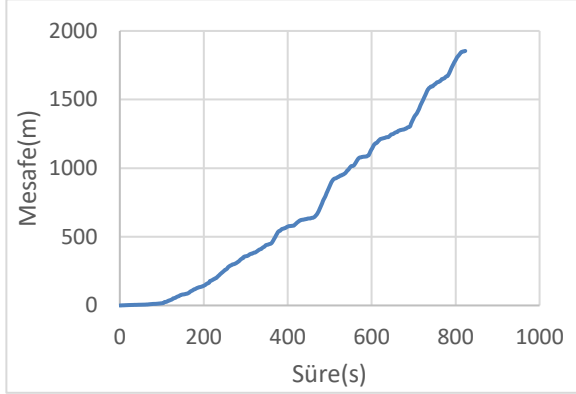
Şekil 2. Antrenman ölçüm sistemi için yazılan ilk bilgisayar uygulaması

Üniversite kampüsü içerisinde iki konum arasında mesafe bisiklet ile katedilmiş ve bu süreç boyunca veriler kablosuz olarak gerçekleştirilen sistem ile toplanmıştır. Yol boyunca 1000 ms örnekleme periyodu ile 825 adet veri toplanmıştır. Bu verilerden iki koordinat arası mesafe hesaplama yöntemlerinden biri olan Haversine fonksiyonu ile mesafeler hesaplanarak yol zaman grafiği (Şekil 3) oluşturulmuştur. Hesaplamalar sonucunda

bisikletlinin toplam 1854 m yol aldığı bulunmuştur. Haversine fonksiyonu Denklem 1' de gösterilen denklemler ile iki koordinat arasındaki kuş uçuşu mesafeyi hesaplamakta kullanılmaktadır.

$$\begin{aligned} a &= \sin^2(\Delta\varphi/2) + \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \sin^2(\Delta\lambda/2) \\ c &= 2 \cdot \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}) \\ d &= R \cdot c \end{aligned} \quad (1)$$

Yukarıda denklemlerde kullanılan parametreler;
 φ : Enlem,
 λ : Boylam,
 R : Dünyanın yarıçapı (ortalama yarıçap = 6,371 km), ifade etmektedir.



Şekil 3. Sistemden alınan verilerin oluşturduğu yol-zaman grafiği.

Yol zaman grafiği üzerinde yapılan hesaplamalara göre toplanan verilerin türevi alınarak Şekil 4'te görülen hız zaman grafiği oluşturulmuştur. Hız zaman grafiğinde sistemi test etmek için yapılmış olan ara ara hızlanmalar ve yavaşlamalar ayrıntılı olarak görülmektedir. Bisikletlinin yol boyunca ortalama hızı Denklem 2' de görülen formül ile hesaplanarak 2,18 m/s bulunmuştur.

$$V_{ort} = \frac{\sum X}{\sum t} \quad (2)$$

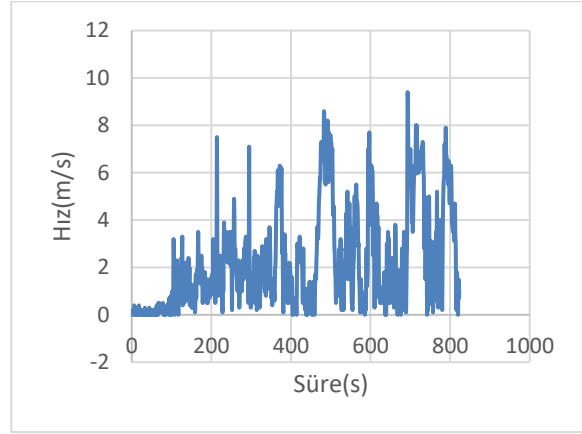
Yukarıda denklemlerde kullanılan parametreler;

V_{ort} : Ortalama hız,

$\sum X$: Toplam alınan yol,

$\sum t$: Toplam geçen zaman,

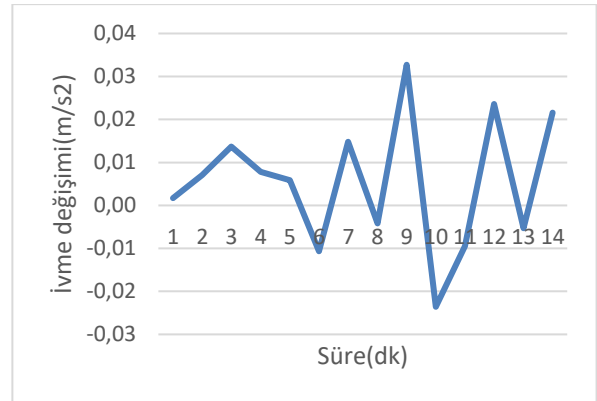
ifade etmektedir.



Şekil 4. Sistemden alınan verilerin oluşturduğu hız-zaman grafiği.

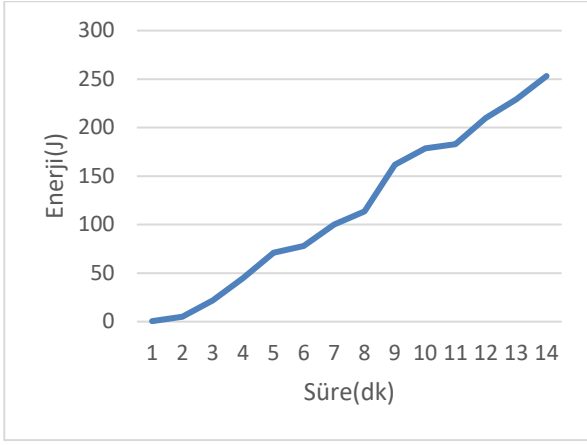
Sistemden alınan verilere göre bisikletlinin ayrıntılı olarak dakikalarda toplam aldığı yolun, ortalama hız değişiminin, ivme değişiminin ve harcadığı toplam enerjisinin değerleri Ek A bölümünde Tablo 2'de verilmiştir. Veriler incelendiğinde bisikletlinin 9. dakikada 0.0327 m/s² ivmelenmesiyle 4.1252 m/s hıza çıktığı görülmektedir. Bisikletli birey toplam süre içerisinde 1854.1728m yol almıştır ve bu yol boyunca toplam harcanan ortalama enerjisinin 253.1722 J olduğu görülmüştür.

Hız zaman grafiğinden hız değişim verileri elde edilerek zamana göre türevi alınmıştır ve ivme değişim grafiği (Şekil 5) elde edilmiştir. Bisikletlinin üçüncü, yedinci, dokuzuncu ve on ikinci dakikalarda ani ivmelendiği görülmektedir.



Şekil 5. Sistemden alınan verilerin oluşturduğu ivme-zaman grafiği.

Bisikletlinin yol boyunca alınan verilerinden elde edilerek ne kadar enerji harcadığı kinetik enerji denklemlerinden (Denklem 3) yararlanarak hesaplanmış ve elde edilen toplam enerji değişimleri Şekil 6'da verilmiştir. Bisikletin ve bireyin toplam ağırlığı yaklaşık 100kg olarak alınmıştır.



Şekil 6. Bisikletlinin yol boyunca harcadığı enerji değişimi.

$$E = 0.5 \times m \times V^2 \quad (3)$$

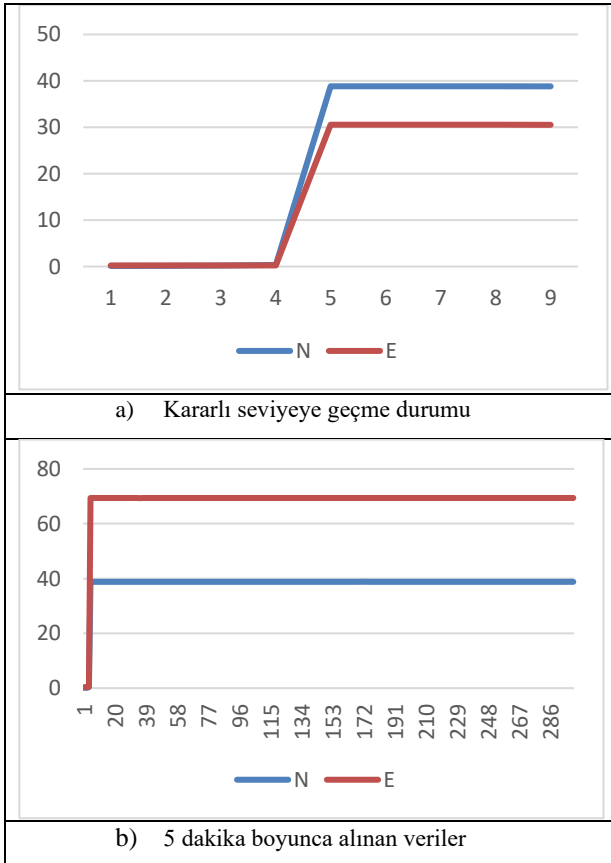
Yukarıda denklemlerde kullanılan parametreler;

E : Enerji, m : Toplam ağırlık ve V : Hızı

ifade etmektedir.

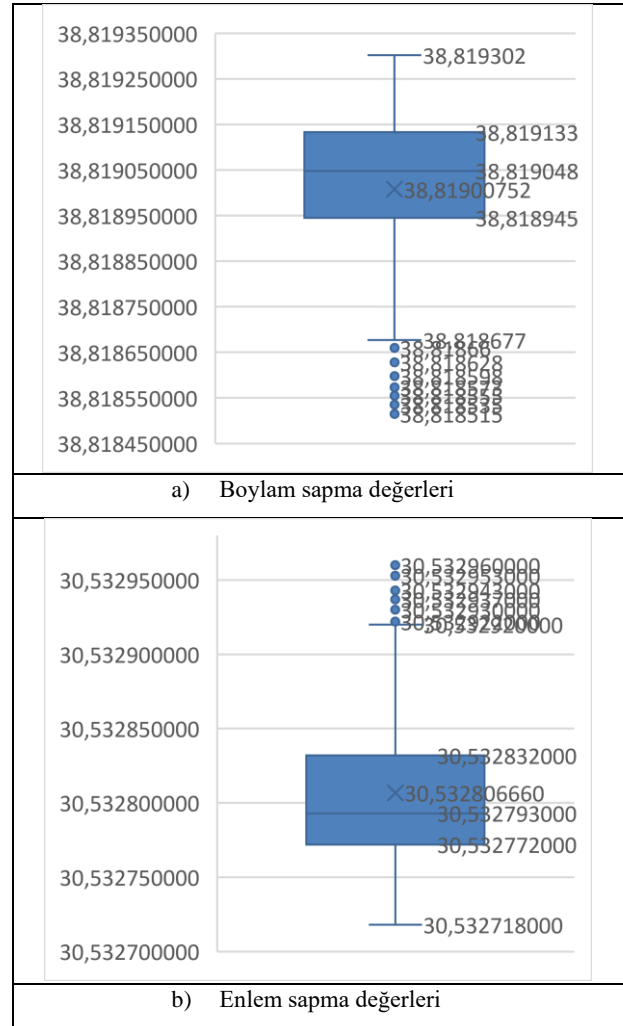
3.1 Sistemin Güvenilirlik Testi

Gerçekleştirilen sistemin üretmiş olduğu konum verilerinin geçerlilik ve güvenilirliğini belirlemek için sabit bir konumdan (GPS modülünün yeri değiştirilmeden) 5 dakika boyunca aralıksız veriler toplanmıştır. Şekil 7a'da da görüldüğü üzere GPS modülünden veriler alınmaya başlandıktan 5 saniye sonra kararlı hale geçmiştir. 5 dakika boyunca alınan verilerin grafiği ise Şekil 7b' te verilmiştir.



Şekil 17 Sistemin kararlı hale geçmesi.

Sistemin güvenilirliğini belirlemek için aynı noktada 10 tekrarlı ölçüm yapılmıştır. Alınan verilerin boylam ve enlemlerdeki sapma grafikleri Şekil 8'de verilmiştir. Boylamda gerçekleşen sapmaların minimum değeri 38.818677, ilk çeyrek değeri 38.818949, ortalama değeri 38.819007, üçüncü çeyrek değeri 38.819133 ve maksimum değeri 38.819302 olarak ölçülmüştür. Enlemden gerçekleşen sapmaların minimum değeri 30.532718, ilk çeyrek değeri 30.532772, ortalama değeri 30.532806, üçüncü çeyrek değeri 30.532832 ve maksimum değeri 30.532960 olarak gerçekleşmiştir. Elde edilen bu konum farkları mevcut GPS modülü ile $\pm 15m$ sapmalı konum verileri alınabileceğini göstermektedir. Bu sebepten dolayı düşük maliyetli GPS modüllerinin ölçüm güvenilirliği düşük çıkmaktadır. Doğruluğu artırmak için daha düşük alıcı duyarlılığı ($\leq 150dBm$) sahip modüller kullanılması gerekmektedir. Her ne kadar alıcı duyarlılığı düşük GPS kullanılsa da hassasiyeti artırmak için GPRS destekli GPS modüllerine ihtiyaç vardır. Çünkü hassasiyet üzerinde GPS uydularının mevcut konumları gibi bulut ve yağış (sis, yağmur, kar) gibi atmosferik koşullar etkili olmaktadır.



Şekil 8 Boylam ve enlem değerlerindeki sapma grafikleri.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Spor belirli teknik ve kurallara uygun yapılan, yarışma, eğlence ve bedensel gelişmeye faydalı amaçları da bulunan beden hareketlerinin bütünüdür. Teknolojide gerçekleşen hızlı değişimlerin etkilediği alanlardan birisi de spordur. Antrenman ve sağlık bilimlerinde gerçekleşen gelişmeler sporcuların doğru şekilde yetiştirilmesinde faydalı olmuştur. Bu sayede sporcuların performansları geliştirilmiş ve sportif başarıları arttırılmıştır. Teknolojinin spor üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı spor teknolojilerinden faydalanmak zorunluluk haline gelmiştir. Bu çalışma ile açık saha sporcularının antrenman takibi ve analizine olanak sağlayacak bir sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem antrenörün oyuncuya verdiği direktifleri oyuncunun uygulama durumu, oyuncuların saha içi konumlarını, kat ettikleri mesafeleri ve maksimum hızlarını antrenörler için tek bir noktaya toplayarak antrenörün daha doğru analiz yapabilmesini sağlamıştır. Böylece antrenmanın verimliliği yapılan taktik çalışmalarının sporcular tarafından ne kadar anlaşıldığı ve oyuna hangi oranda uygulandığı tespit edilebilmiştir. Ayrıca oyuncuların saha içi performans ve kinematik parametrelerine göre kişiye özel teknik ve taktik çalışmalar için nicel veriler elde edilmiştir. Konuma bağlı parametre ölçümlerinin geçerlilik ve güvenilirliği tekrarlamaya testi ile yapılmış ve ölçüm verileri istatistiksel kutu grafiği yöntemi ile analiz edilmiştir. Geliştirilen sistemin getirdiği bu avantajları yanında bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Yapılan analiz sonucunda salt GPS'ye dayalı ölçümün $\pm 15m$ sapma neden olduğu görülmüştür. Hassas konum ölçümünde atmosfer koşulları, uydu pozisyonu ve GPS alıcı duyarlılığı etkili olmuştur. Basketbol, voleybol, futbol gibi hızlı konum değiştirmelerin ve kapalı alanlarda yapılan takım sporları için GPS destekli sistemler yeterli hassasiyet verememektedir. Kapalı alan takım sporlarının hareket analizi video işleme veya GPRS destekli konum kestirimi gibi sabit ve pahalı sistemler ile mümkün olabilmektedir [14,15]. Ancak salt GPS destekli sistemler daha ziyade uzun mesafe koşusu, dağcılık, doğa yürüyüşü ve oryantiring gibi açık alan takım oyunlarında kullanılabilir. Sonuç olarak düşük maliyetli GPS modüllü sistemler ile hareket analizi anlık yapılmakla birlikte genel bir değerlendirme sonucu verdiği göz ardı edilememelidir.

Etik Hususlar

Etik kurallara uyum

Bu çalışmada deney hayvanları ve/veya gönüllü insanlar üzerinden veri toplanmamış olup çalışmada elde edilen bulgular araştırma ekibi üzerinden laboratuvar koşullarında alınmıştır.

Finansman

Bu çalışmanın finansmanı Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından karşılanmıştır.

Çıkar çatışması

Bu çalışma ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Teşekkür

Bu çalışmanın (18.Fen.Bil.57) gerçekleştirilmesinde gereken desteği sağlayan Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- [1] Baysal, S., & Duygulu, P. (2016). Sentioscope: a soccer player tracking system using model field particles. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 26(7), 1350-1362.
- [2] Altun, M. ve Koçak, S. (2015). Türkiye'nin sportif başarıları açısından değerlendirilmesi: Bakü Avrupa oyunları örneği. *Hacettepe Journal of Sport Sciences*, 3: 114-128.
- [3] Nishikawa, Yuri, Hitoshi Sato, and Jun Ozawa(2018). "Multiple sports player tracking system based on graph optimization using low-cost cameras." *Consumer Electronics (ICCE)*, 2018 IEEE International Conference on. IEEE, 2018.
- [4] Willmott, A. G., James, C. A., Bliss, A., Leftwich, R. A., & Maxwell, N. S. (2019). A comparison of two global positioning system devices for team-sport running protocols. *Journal of biomechanics*, 83, 324-328.
- [5] Bastida Castillo, A., Gómez Carmona, C. D., De la Cruz Sánchez, E., & Pino Ortega, J. (2018). Accuracy, intra-and inter-unit reliability, and comparison between GPS and UWB-based position-tracking systems used for time-motion analyses in soccer. *European journal of sport science*, 18(4), 450-457.
- [6] Kamar, A. (2003). *Sporda Yetenek Beceri Ve Performans Testleri*. Nobel Yayın Dağıtım, 1. Baskı, Ankara.
- [7] Wixted, A. J., Thiel, D. V., Hahn, A. G., Gore, C. J., Pyne, D. B. and James, D. A. (2007). Measurement of energy expenditure in elite athletes using mems-based triaxial accelerometers. *IEEE Sensors Journal*, 7: 481-488.
- [8] Dönmez, G., Ak, E., Ödek, U., Özberk, N. ve Korkusuz, F. (2014). Sporda hareket analizi. *Türk Ortopedi ve Travmatoloji Birliği Derneği Dergisi*, 13: 369-380.
- [9] İnal, H.S. (2004). *Spor Biyomekanikliği Temel Prensipler*. Nobel Yayın Dağıtım, 1.Baskı, Ankara.
- [10] Günay, M., Tamer, K., Cicoğlu, İ. (2006) *Spor Fizyolojisi ve Performans Ölçümü*. Gazi Kitabevi, 1. Baskı, Ankara.
- [11] Sevim, Y. (2002). *Antrenman Bilgisi*. Nobel Yayın Dağıtım, 1.Baskı, Ankara.
- [12] Zubaroğlu, T. (2013). *Yazılım Tabanlı GPS Almaçlarının İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [13] <http://freenmea.net/docs/nmea0183>, 12/03/2021
- [14] Sarlis, V., Chatziilias, V., Tjortjis, C., & Mandalidis, D. (2021). A data science approach analysing the impact of injuries on basketball player and team performance. *Information Systems*, 101750.

- [15] Chen, X., & Sun, L. (2021). Campus football application based on FPGA system and GPS wearable electronic equipment. *Microprocessors and Microsystems*, 81, 103784.

Ekler**Ek A.** Sistemden alınan verilerin ayrıntılı değer tablosu**Tablo 2.** Sistemden alınan verilerin ayrıntılı değerleri

Eksen	Toplam alınan yol(m)	Ortalama hız değişimi (m/s)	İvme değişimi(m/s ²)	Toplam harcanan ortalama enerji
1.dakika	6.1000	0.1017	0.0017	0.5168
2.dakika	37.7040	0.5267	0.0071	4.9361
3.dakika	118.6252	1.3487	0.0137	21.7160
4.dakika	227.6432	1.8170	0.0078	44.9839
5.dakika	357.6605	2.1670	0.0058	71.0672
6.dakika	449.1808	1.5253	-0.0107	77.8408
7.dakika	593.8969	2.4119	0.0148	99.9755
8.dakika	723.6116	2.1619	-0.0042	113.6315
9.dakika	971.1212	4.1252	0.0327	161.7072
10.dakika	1133.7313	2.7102	-0.0236	178.5204
11.dakika	1262.2427	2.1419	-0.0095	182.8807
12.dakika	1475.5557	3.5552	0.0236	209.9985
13.dakika	1669.8709	3.2386	-0.0053	229.1641
14.dakika	1854.1728	4.1887	0.0216	253.1722