

**T.C. İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**SPOR MOTİVASYONUNU ARTIRMAK İÇİN SANAL GERÇEKLİK
TABANLI EGZERSİZ BİSİKLETİ PLATFORMU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammet Ali LİV

1700004728

Anabilim Dalı: Bilgisayar Mühendisliği

Programı: Bilgisayar Mühendisliği

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Ertuğrul SAATÇI

NİSAN 2022

**T.C. İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**SPOR MOTİVASYONUNU ARTIRMAK İÇİN SANAL GERÇEKLİK
TABANLI EGZERSİZ BİSİKLETİ PLATFORMU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammet Ali LİV

1700004728

Anabilim Dalı: Bilgisayar Mühendisliği

Programı: Bilgisayar Mühendisliği

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Ertuğrul SAATÇI
Jüri Üyeleri : Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DAĞTEKİN
Doç. Dr.Akhan AKBULUT

NİSAN 2022

ÖNSÖZ

“Spor Motivasyonunu Artırmak İçin Sanal Gerçeklik Tabanlı Egzersiz Bisikleti Platformu” adlı tez çalışmamda derin tecrübesi ile desteğini sağlayan değerli tez danışmanım Dr. Öğretim Üyesi ERTUĞRUL SAATÇI’ya teşekkür ederim. Her zaman, her durumda koşulsuz sevgilerini ve desteklerini esirgemeyen ailem başta olmak üzere bugüne kadar gelişmeme katkı sağlayan herkese teşekkür ederim.

Nisan, 2022

Muhammet Ali LİV

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
KISALTMALAR	iv
TABLO LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	3
3. YÖNTEM.....	4
3.1. Kalori.....	4
3.1.1. Enerji Birimlerinin Tanımları	4
3.1.1.1. Joule.....	4
3.1.1.2. Kalori	5
3.1.1.3. Kilokalori	5
3.2. Kondisyon Bisikletinde Harcanan Kalorinin Hesaplanması.....	5
3.2.1. Pedala Uygulanan Kuvvetten Kondisyon Bisikletinde Harcanan Kalori Hesabının Yapılması	5
3.2.2. Deneysel Yöntem ile Kondisyon Bisikleti İçin Harcanan Kalori Hesabının Yapılması	7
3.3. Optimal Nabız Aralığının Belirlenmesi.....	9
3.4. Kondisyon Bisikleti.....	9
3.4.1. Kondisyon Bisikletinin Mekanik Geliştirmeleri	10
3.4.2. Kondisyon Bisikletinin Elektronik Geliştirmeleri	11
3.4.3. Arka Ucun (Backend) Geliştirilmesi.....	14
3.4.3.1. API'nin Solid Prensipleri Uygulanarak Geliştirilmesi	17
3.4.3.2. Veritabanının Tasarlanması	24
3.4.4. Ön Ucun Geliştirilmesi	25
3.4.5. Amazon Web Services (AWS)'de Uygulamaların Yayınlanması	26
3.5. Sanal Gerçeklik ve Gelişimi.....	26

3.5.1. Oyunlaştırma.....	27
3.5.2. Sanal Gerçeklik Tabanlı Oyunun Geliştirilmesi	29
4. KULLANICI DEĞERLENDİRMELERİ.....	32
5. SONUÇLAR	34
KAYNAKÇA	36
EKLER.....	41



KISALTMALAR

JWT	: Json Web Token
VR	: Virtual Reality (Sanal Gerçeklik)
HMD	: Head-Mounted Display (Kasklı Ekran)
BMR	: Basal Metabolic Rate (Bazal Metabolizma Hızı)
MET	: Metabolic Equivalents (Metabolik Eşdeğer)

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1 Optimal nabız aralıkları	9
Tablo 3.2. Oyunlaştırma modeli kurma ve tasarlama aşamaları.....	28



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1 Kalori Tanımı için Zaman Çizelgesi.....	4
Şekil 3.2 Bisiklet çarkları ve pedalın şematik gösterimi.....	6
Şekil 3.3 Kondisyon bisikletinin mekanik geliştirme ve eklentileri	11
Şekil 3.4 Elektronik devre şeması.....	12
Şekil 3.5 (a) Arduino Uno mikrodnetleyici ve (b) Arduino IDE'si kullanılarak geliştirilen yazılım için akış diyagramı	13
Şekil 3.6 Arka Uç Dağıtım (Deployment) Diyagramı.	15
Şekil 3.7 .NET Core ve bazı rakiplerinin performans karşılaştırması.	17
Şekil 3.8 Arka Uç Kullanıcı Durum (Usecase) Diyagramı.....	19
Şekil 3.9 Katmanlı Arka Uç yapısı	19
Şekil 3.10 IEntityBaseRepository	20
Şekil 3.11 Sınıf (Class) Diyagramı	20
Şekil 3.12 (a) Getdata sekans(sequence) diyagramı (b) Register aktivite (activity) diyagramı.....	21
Şekil 3.13 Autofac Container yapısı	22
Şekil 3.14 HashingHelper sınıfı	23
Şekil 3.15 Postman kullanarak API'nin bazı metodlarının test edilmesi.....	24
Şekil 3.16 MySql veritabanı yönetim sisteminde oluşturulan tablolar	25
Şekil 3.17 (a) Kullanıcı web giriş ekranı ve (b) kullanıcı kullanım istatistikleri.....	26
Şekil 3.18 (a) Oyun giriş ekranı, (b) VR gözlük üzerinde oyun ve (c) Oyun ekranı	30
Şekil 3.19 (a) Bisikletli animasyonu ve (b) Yol yapısı üstten görünüm	31
Şekil 4.1 Kullanıcıların yöneltilen sorulara verilen cevaplar.....	33

Enstitüsü : Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Dalı : Bilgisayar Mühendisliği
Programı : Bilgisayar Mühendisliği
Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Ertuğrul SAATÇI
Tez Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans-Nisan 2022

ÖZET

SPOR MOTİVASYONUNU ARTIRMAK İÇİN SANAL GERÇEKLİK TABANLI EGZERSİZ BİSİKLETİ PLATFORMU

Muhammet Ali LİV

Sanal gerçeklik teknolojisinin popülaritesi günümüzde git gide artarak eğitim, sağlık ve spor gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen sanal gerçeklik oyunu ve kondisyon bisikleti ile insanların spora olan ilgisini artırıp sporu daha eğlenceli bir hale getirmek amaçlanmaktadır. Ek olarak React.js ile hazırladığımız web ara yüzü sayesinde kullanıcıların geçmiş aktivitelerini takip ederek düzenli spor yapmalarına olanak sağlanmaktadır. Böylece çağımızın en büyük sorunlarından olan obezitenin en büyük nedeni olan hareketsizliği azaltmayı hedeflemekteyiz.

Sanal gerçeklik için Unity oyun motorunu kullanarak geliştirdiğimiz oyuna e-postası ve şifresi ile giriş yapan kullanıcının yaş, boy, kilo ve hedef nabız aralığı gibi bilgileri hesaplamalarda kullanılmak üzere .net core ile hazırlanan API ile veritabanından alınmaktadır. Kullanıcı isterse oyuna başlamadan önce zorluk derecesini ayarlar kısmından değiştirebilmektedir. Eğer kullanıcı zorluk derecesini değiştirirse oyunda yoldaki eğitim artmaktadır. Oyundaki eğitim artışı hissini kondisyon bisikletinde yaşatmak için seçilen zorluk derecesi Bluetooth vasıtasıyla kondisyon bisikletine aktarılmakta ve böylece artırılan zorluk derecesine göre yeterli sayıda elektro mıknatıs aktif edilmektedir. Aktif edilen her elektro mıknatısın ana kasnağa uyguladığı kuvvet sayesinde pedalı çevirmek zorlaşmakta böylece oyundaki gerçeklik hissi artmaktadır. Oyuna eklediğimiz bisikletli karakter ve animasyonu, geliştirdiğimiz kondisyon bisikletinden Bluetooth ile alınan devir verisi kullanılarak oyun içinde hareket ettirilmektedir. Oyun içinde tasarlanan iki zemin bulunmakta ve karakter diğer zemine geçtiğinde arkada kalan zemin karakterin bulunduğu zeminin önüne getirilmektedir. Bu döngü karakteri durmaması için takip eden zombi karakteri yakalayıp oyun bitene kadar ya da kullanıcı oyundan çıkana kadar devam ettirilmekte böylece oyunda süreklilik sağlanmaktadır. Kullanıcı oyun sırasında ekranın sol üst köşesinde nabız, mevcut hız, geçen süre, yakılan kalori miktarı ve gidilen toplam yol bilgilerini görebilmektedir. Ayrıca oyunda nabız verisi cihazın üstüne yerleştirilen sensörler vasıtasıyla sürekli alınmakta ve nabız oyuna giriş yapan kullanıcının olması gereken

hedef nabız aralığında değilse kullanıcıya uyarı verilmektedir. Böylece kullanıcının daha sağlıklı spor yapması hedeflenmektedir. Oyuna girişte API vasıtasıyla alınmış yaş, boy, kilo verisi kullanılarak oyun sırasında yakılan kalori miktarı hesaplanmaktadır. Kullanıcı oyundan çıktığı zaman yaktığı kalori miktarı yine API vasıtasıyla veritabanına kaydedilmektedir. Kullanıcı web arayüzü sayesinde istediği zaman kullanım verilerini takip edebilmektedir.

Cihazın tüm bu fonksiyonları ile kullanıcıların spor yapma motivasyonu artırması hedeflenmektedir. Kullanıcı değerlendirmeleri bölümünde yer alan anket sonuçları cihazın bu potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Anket sonuçlarına göre kullanıcılara yöneltilen “tasarlanan cihazı kullanmak spor motivasyonunuzu artırır mı” bağlamındaki sorulara kullanıcı cevaplarının ortalaması 5 üzerinden 4’ün üzerinde çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sanal Gerçeklik, Kalori Ölçümü, Oyunlaştırma ile Spor, Kondisyon Bisikleti

University	: İstanbul Kültür University
Institute	: Graduate Education Institute
Department	: Computer Engineering
Programme	: Computer Engineering
Supervisor	: Asst. Prof. Ertuğrul SAATÇI
Degree Awarded and Date	: Master's Degree - April 2022

ABSTRACT

VIRTUAL REALITY-BASED EXERCISE BIKE PLATFORM TO INCREASE MOTIVATION IN SPORTS

Muhammet Ali LİV

The popularity of virtual reality technology is constantly increasing, and it has become widespread in many fields including education, health, and sports. The current thesis study aims at making sports practices more fun and thus increasing people's interest in sports by developing a virtual reality game and exercise bike platform. Furthermore, using the web interface prepared with React.js, users can follow their past activities and do regular sports. Accordingly, it is aimed to reduce the main cause of obesity, which is one of the biggest problems of our age, namely inactivity.

Users log in to the game that we developed using the Unity game engine for virtual reality with their e-mail addresses and passwords. User information such as age, height, weight, and target heart rate is recorded in the database with the API prepared with .net core to be used in subsequent calculations. Before the game, the user can change the difficulty level as desired using the settings. As the user changes the difficulty level, the slope of the track in the game increases. To experience the increased incline in the game on the real exercise bike, the selected difficulty level is transmitted to the exercise bike via Bluetooth. Thus, electromagnets corresponding to the increased difficulty level are activated. With each activated electromagnet, the force applied to the main pulley increases, and turning the pedal becomes more difficult. Thus, the sense of reality in the game increases. The character that uses the bike and its animation move in the game according to the cycle data transmitted from the developed exercise bike via Bluetooth. Two backgrounds are designed in the game. As the character moves from one background to another, the other background is brought in front of the current background. This cycle is continued until the zombie that follows the character catches the character or until the user terminates the game. This ensures continuity in the game. During the game on the upper left corner of the screen, the user can monitor the heart rate, current speed, duration, calories burned,

and total distance traveled. Besides, the heart rate data is continuously received during the game by the sensors placed on the device. Also, if the heart rate of the user is not within the target range, the user is warned to achieve the goal of making more healthy sports. The calories burned during the game are calculated using the age, height, and weight data obtained via the API. When the user exits the game, the calories burned are also recorded to the database via the API. The users can track their practice history at any time using the web interface.

The ultimate goal of all these functions of the device is to increase the motivation of the users toward sports practice. The survey results given in the user reviews section show that the device has a potential to achieve this goal. According to the results of the survey, the mean score of the users for the questions such as “Does using our device increase your motivation towards sports practice?” is more than 4 out of 5.

Keywords: Virtual Reality, Calorie Calculations, Gamified sports, Exercise Bike

1. GİRİŞ

Günümüzde hareketsiz yaşam sonucu obezite gün geçtikçe daha büyük bir sorun haline gelmektedir. Kimileri hareketsiz yaşamdan kurtulabilmek için spor salonlarına kaydolup sağlıklı yaşam için bir adım atarken yaşanan en büyük sorun motivasyon kaybı yüzünden sıkılınıp sporun bırakılmasıdır. Bu çalışmada güncel sanal gerçeklik teknolojisi yardımı ile sporu oyunlaştırarak kullanıcılar için daha eğlenceli bir hale getirip spor motivasyonunu artırmak ve sürekliliğini sağlamak amaçlanmaktadır. Bunun yanında son yıllarda yaşanan Covid-19 pandemisi insanları spor salonları gibi toplu alanlardan uzaklaştırıp bireysel bir yaşama yöneltmiştir. Bu dönemde bireysel spor araçları kullanımı yaygınlaşmış ve yaygınlaşmaya devam etmektedir. Çalışma kapsamında geliştirilen sanal gerçeklik tabanlı egzersiz bisikleti platformu ortaya çıkan bu yeni ihtiyaca da cevap verebilecektir.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen sistem, kondisyon bisikleti, sanal gerçeklik tabanlı oyun ve kullanım istatistiklerini tuttuğumuz bir veritabanı ile web ara yüzünden oluşmaktadır. Cihazı geliştirirken maliyeti azaltmak ve geliştirmeyi daha hızlı tamamlamak için Voit BS-101 model bisikletin mekanik aksamında düzenlemeler ve geliştirmeler yapılmış elektronik aksamı ise tamamen sökülüp yeni geliştirilen elektronik kontrol devresi ile mekanik direnç kullanmadan anlık zorluk seviyesi değişimi ve kullanıcının nabız, mevcut hız, geçen süre, yakılan kalori miktarı ve gidilen toplam yol parametrelerinin ölçümü sağlanmıştır. Ek olarak zorluk seviyesi değişimi sırasında bisikletin orijinal halindeki gibi mekanik bir işlem yapılmadığı için sürtünmeden kaynaklı kullanım ömrünün azalması durumu ortadan kaldırılarak mevcut cihazlara göre kullanım ömrü uzunluğu avantajı sağlanmıştır.

Kullanıcı geliştirilen sanal gerçeklik tabanlı oyuna e-postası ve kullanıcı şifresi ile giriş yapmakta ve isterse zorluk derecesini değiştirebilmektedir. Zorluk derecesi oyunda yoldaki eğimi artırmaktadır. Oyunda eğim artışı hissini verebilmek için kondisyon bisikletinde zorluk derecesine göre artan sayıda elektro mıknatıs aktif edilir. Aktif

edilen elektro mıknatısların ana kasnağa uyguladığı kuvvet sayesinde pedalı çevirmek zorlaşır böylece oyundaki gerçeklik hissi artar. Oyundaki bisikletli karakter, kondisyon bisikletinden ölçülen devir sayısına göre hareket ettirilir. Oyun karakteri duraksamaması için takip eden zombi karakteri yakalayana ya da kullanıcı oyundan çıkana kadar devam eder. Oyunda ekranın sol üst köşesinde kullanıcının nabızı, mevcut hızı, geçen süre, hesaplanan yakılan kalori miktarı ve gidilen toplam yol bilgisi gösterilir. Kullanıcı oyundan çıktığı zaman ise yaktığı kalori miktarı veritabanına kaydedilir. Kullanıcı web ara yüzü sayesinde veritabanına kaydedilen geçmiş kullanım verilerini takip edebilir.

Cihazın tüm bu fonksiyonları ile kullanıcıların spor yapma motivasyonu artırması hedeflenmektedir. Kullanıcı değerlendirmeleri bölümünde yer alan anket sonuçları cihazın bu potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Anket sonuçlarına göre kullanıcılara yöneltilen “tasarlanan cihazı kullanmak spor motivasyonunuzu artırır mı” bağlamındaki sorulara kullanıcı cevaplarının ortalaması 5 üzerinden 4’ün üzerinde çıkmıştır.

Çalışmada Bölüm 2’de literatür taraması verilmiş, Bölüm 3’de kalori tanımı, kondisyon bisikletinde harcanan kalenin hesabı, mekanik ve elektronik geliştirmeler, ön uç ve arka uç geliştirmeleri, ön uç ve arka ucun AWS’de yayınlanması ve de sanal gerçeklik oyununun geliştirmesi anlatılmıştır. Bölüm 4’de kullanıcı anketine ve Bölüm 5’de sonuçlara yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

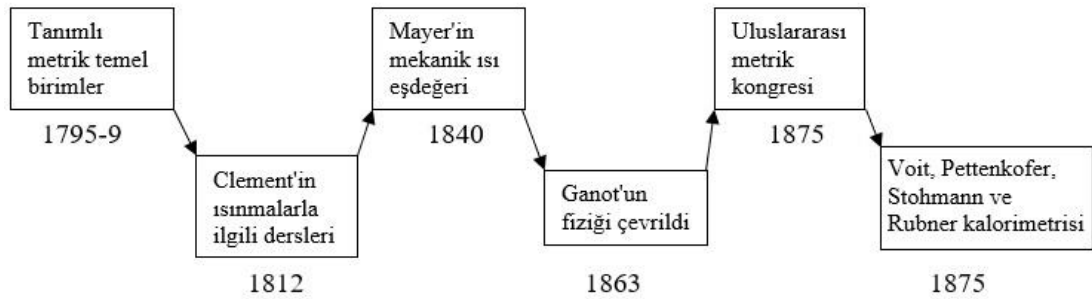
Sanal gerçeklik gözlüğü ve kondisyon bisikleti ile sporu oyunlaştırarak yaptırmayı amaçlayan çeşitli akademik çalışmalar ve ticari ürünler vardır. Bu çalışma çeşitli yönleriyle diğer çalışmalardan ayrılmaktadır. Indiegogo üzerinden 2016 yılında büyük bir ön sipariş alma başarısı sağlayan VirZOOM [1], PlayStationVR, HTC Vive ve Oculus Rift gibi yüksek maliyetli sanal gerçeklik gözlüklerine ihtiyaç duyarken bu çalışmada Google Cardboard veya benzeri düşük maliyetli bir sanal gerçeklik gözlüğü kullanılabilmektedir. Bu da maliyet açısından bu çalışmayı avantajlı bir konuma getirmektedir. Geliştirilen kondisyon bisikleti ve oyun ile belli bir platforma bağlı kalmadan, kondisyon bisikleti ile oyun arasındaki etkileşim artırılmış olduğundan, bu çalışma belli bir oyuna entegre edilen MineBike [2] gibi çalışmalardan farklılık göstermektedir. Benzer bir çalışma olan [3]'de dışarda spor yapmakta zorluk yaşayan yaşlı insanların kapalı alanlarda daha etkili spor yapabilmeleri amaçlanmakta olup bu çalışmadan farkımız ise dar bir kullanıcı kitlesi yerine geniş bir kullanıcı kitlesinin hedeflenmesidir. Benzer bir başka çalışma olan [4] ise mekanik bir dağ bisikletine mekanik eklentiler ve düzenlemeler yapılarak geliştirilmiştir. Bizim çalışmamız mekanik kondisyon bisikletine eklentiler ve düzenlemeler içermekte olup mekanik olarak farklıdır ve aynı zamanda geliştirilen web ara yüzü sayesinde kullanıcı geçmiş kullanımlarını takip edip diğer kullanıcılara göre sıralamasını görebilmekte ve bu da kullanıcının motivasyonunu artırmasına yardımcı olmaktadır. Ek olarak zorluk seviyesini ayarlamak için geliştirilen manyetik zorluk sistemi ile mekanik sürtünme kaynaklı yıpranmaları önleyerek daha uzun bir kullanım ömrü sağlamak ve zorluk değişimine kondisyon bisikletinin daha hızlı bir şekilde cevap vermesiyle kendine özgü bir yapı sunmaktadır. Çalışmamızın prototipi “Sanal Gerçeklik Yardımıyla Sporun Oyunlaştırılması İçin Tasarlanan Kondisyon Bisikleti ve Oyun” başlıklı bildiride sunulmuştur [5].

3. YÖNTEM

Çalışmada ilk olarak kalori kavramı tanımlanmış sonrasında ise kondisyon bisikletinde harcanan kaloringin hesabı, pedala uygulanan kuvvet üzerinden ve deneysel yöntem ile ayrı ayrı yapılmıştır. Çalışmanın devamında mekanik ve elektronik geliştirmeler tamamlanmış ve sanal gerçeklik tabanlı oyun için arka uç ve ön uç geliştirilmiştir.

3.1. Kalori

İnsanların yaşamsal ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için gereken enerjiye kalori denmektedir. Günümüzde beslenme konusunda ölçü birimi olarak kullanılan kalori için geçmiş zamanlarda kaloringin kökeni ya da kcal'nin ısı birimi olarak ele alınıp alınamayacağı konusunda herhangi bir tartışmanın olmadığı görülmektedir. Şekil 3.1'de görüldüğü gibi zaman içerisinde metrik sistemle eş zamanlı, kaloringin bir ısı birimi olarak geliştirildiği ancak bir metrik birim olmadığı, kimya ve mühendislikte de en erken 1819-1824 yıllarında kullanıldığı görülmektedir [6].



Şekil 3.1 Kalori Tanımı için Zaman Çizelgesi [6]

3.1.1. Enerji Birimlerinin Tanımları

3.1.1.1. Joule

Hargrove, Joule (J)'ü, SI sisteminde tanımlanan tek enerji birimi ve bir cismi kuvvet yönünde 1 metre hareket ettiren 1 Newton (N) kuvvetin yaptığı iş olarak ve de temel biriminin ise $\text{kg m}^2\text{s}^{-2}$ olarak tanımlandığından bahsetmektedir [6]. Bu birimler, deniz

seviyesinde ($9,806 \text{ ms}^{-2}$) yerçekimi ivmesine karşı bir kütleyi (kg) bir mesafe (m) kaldırma işi olarak türetilebilir. 1 kg'ı 1 m kaldırma işi 9,8 J'ye eşit olduğundan, 1 J, 0,102 kg'ı 1 m kaldırmada yapılan iş olarak tanımlanmaktadır. Alternatif olarak, 1 Coulomb'luk bir elektrik yükünü 1 voltluk bir elektriksel potansiyel farkı boyunca hareket ettirmek için gereken iş olarak da tanımlanmaktadır. 1 saniye boyunca (1 Ws) sürekli olarak 1 Watt güç üretmek için yapılan iş olarak da tanımlanabilmektedir.

3.1.1.2. Kalori

Hargrove, Kalori'nin başlangıçta 1 kg suyun sıcaklığını 1 atmosfer basınçta 0'dan 1°C 'ye çıkarmak için gereken ısı miktarı olarak tanımlandığından bahsetmektedir [6]. Gıda etiketlerinde potansiyel enerjiyi ifade etmek için kullanıldığında 4,186 kJ olarak tanımlanır ve bir kcal ile aynı olduğundan bahsedilmiştir.

3.1.1.3. Kilokalori

Hargrove, 1930'larda m-kg-s sistemine geçildiğinde cm-g-s sisteminde cal termik birimin, m-kg-s sisteminde 1 kcal 1000 cal olarak tanımlandığından bahsetmektedir [6].

3.2. Kondisyon Bisikletinde Harcanan Kalorinin Hesaplanması

Kondisyon bisikletinde harcanan kalorinin hesaplaması hem pedala uygulanan kuvvet üzerinden hem de deneysel yöntem ile yapılmıştır. Geliştirilen sistemde pedala uygulanan kuvvet üzerinden harcanan kalorinin hesabının kullanılması tercih edilmiştir. Bunun nedeni ise zorluk seviyesi değiştirildiğinde, değişikliğin hesaplamaya kolayca yuarlanabilmesidir.

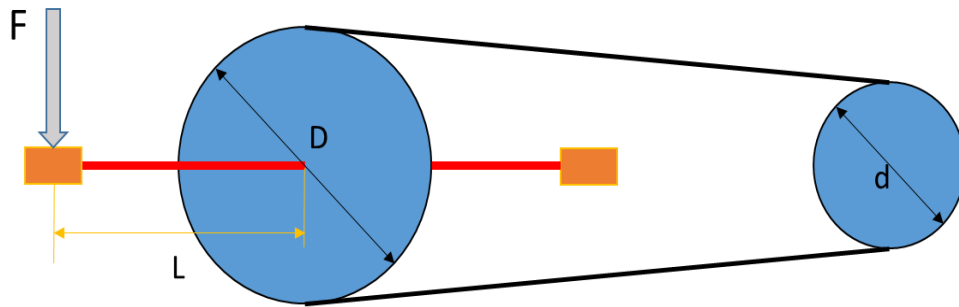
3.2.1. Pedala Uygulanan Kuvvetten Kondisyon Bisikletinde Harcanan Kalori Hesabının Yapılması

Kondisyon bisikleti ile spor yapan bir kişinin harcadığı enerji miktarını hesaplamak için termodinamiğin 1. kanunundan faydalanılır. Termodinamiğin 1. kanununa göre enerjinin korunumu esastır. Böylece enerji yoktan var olmadığı gibi vardan yok olmaz sadece farklı sistemler arasında dönüşüme uğrar [7]. Bu esasa göre kondisyon bisikletini kullanan sporcunun pedalları çevirmesi ile bisiklete aktardığı enerji, harcadığı enerji miktarına eşit olacaktır. Kondisyon bisikletine aktarılan güç değerini

hesaplamak için Eşitlik 3.1’de verilen denklem kullanılır. Bu denklem dönen cisimlerde güç hesabı yapabilmek için elde edilmiştir [8].

$$P = \frac{\tau \omega}{\eta} \quad (3.1)$$

Bu denklemde P (Watt) güç, τ (Nm) tork, ω (rad/s) açısal hız ve η verimi ifade etmektedir. Ortalama bir insanın pedal çevirme işlemindeki verimi (η) %20-30 arasında verilmektedir [9]. Belirtilen verim değeri sporcunun harcadığı toplam enerjinin kondisyon bisikletinin pedalını çeviren mekanik enerjiye oranıdır. Geri kalan enerji ise ortama ısı olarak atılır. Bu çalışma kapsamında verim değeri %25 olarak alınmaktadır. Sistemdeki diğer mekanik kayıplar oldukça küçük olduğundan ihmal edilmektedir. τ (tork) değerini hesaplayabilmek için bisiklet çarkına uygulanan kuvvet F , pedal kol uzunluğu L ile çarpılmalıdır. Belirtilen kuvvet ve pedal kol uzunluğu Şekil 3.2’de şematik olarak gösterilmiştir. Bu çalışmada $L=0,15$ m ve pedal çarkını döndürmek için gerekli kuvvet ise zorluk derecesi artırılmadığında yani hiçbir elektromıknatıs aktif edilmediğinde sabit neodyum mıknatıslar etkisiyle 38 N’dur. Bu değerler kondisyon bisikleti üzerinde yapılan ölçümler ile elde edilmiştir. Böylece τ (tork) değeri 5,7 Nm olur. Zorluk derecesi artırıldığında aktif edilen her bir elektromıknatıs için bu değer 1,6 Nm daha artar.



Şekil 3.2 Bisiklet çarkları ve pedalın şematik gösterimi

Bu çalışma kapsamında dönü sayısı, d çapındaki kasnağın bağlı olduğu enkoderden okunmaktadır. Enkoder saniyedeki dönü sayısını yani dönünün frekansını (f) verir. Bu ölçümden yola çıkarak pedal çarkının açısal hızını Eşitlik 3.2 ile hesaplayabiliriz.

$$\omega_{Pedal} = \frac{d}{D} 2 \pi f \quad (3.2)$$

Bu eşitlikte pedalı barındıran kasnağın çapı (D) 200 mm; enkoderin bağlı olduğu kasnağın çapı (d) ise 25 mm'dir. Böylece Eşitlik 1 kullanılarak güç yani birim zamanda harcanan enerji miktarı hesaplanabilir. P (Watt) güç değerinin sporcunun pedal çevirme süresi t (saniye) ile çarpılması ise Eşitlik 3.3'te görülen yaktığı enerji miktarı E 'yi Joule cinsinden verecektir.

$$E = P \times t \text{ (Joule)} \quad (3.3)$$

Joule biriminde hesaplanan enerji değerinin Eşitlik 3.4 yardımıyla kaloriye çevrilmesi ile sporcunun harcadığı kalori miktarı elde edilmiş olur [10].

$$Kalori = E \times 0.239 \quad (3.4)$$

3.2.2. Deneysel Yöntem ile Kondisyon Bisikleti İçin Harcanan Kalori Hesabının Yapılması

Yaş aralıkları 12-18, 19-25, 26-32, 33-39, 40-46, 47-53, 54-60, 61-67 ve 68-75 olan kadın ve erkek bireylerin kondisyon bisikleti ile 30 dakika süren antrenmanlarda gerçekleşen kalori yakımları tespit edilmiş ve de sırasıyla EK 1 ve EK 2'de verilmiştir. Veriler oluşturulurken 30 dakikalık bisiklet sürme esnasında 60, 70, 80, 90 ve 100 kilogram ağırlığa sahip kadın ve erkek bireyler, her yaş grubunda 150, 160, 170, 180 ve 190 cm olmak üzere beş farklı boy kriteri ile ayrı ayrı incelenmiştir. Orta tempolu egzersizler esnasında ideal nabız aralığı formülünden yola çıkarak yaş aralıklarını oluşturan alt sınırdaki yaşı'n alt sınır nabızı, üst sınırdaki yaşı'n üst sınır nabızı hesaplanmış olup ideal nabız aralığı tespit edilmiştir [11]. Yaş aralıklarına uygun tespit edilen nabız aralıkları, orta tempolu egzersizlerde gerçekleşen kalori yakımının saptanmasında standart kabul edilmiştir. Bu veriler ile beş farklı boy uzunluğuna ait Excel yardımıyla oluşturulan tablolar EK 1 ve EK 2'de verilmiştir. Yapılan çalışmada hedeflenen kalori yakım miktarı için kullanılan kalori hesaplaması Eşitlik 3.5 ile gerçekleştirilmiştir [12].

$$Kalori = (BMR \times MET) / (24 \times Aktivite Saati) \quad (3.5)$$

Bazal Metabolizma Hızı (BMR) genetik, ağırlık, uzunluk ve yaş faktörlerine bağlı gerçekleşmektedir. İngiliz ölçü birimleri referans alınarak gerçekleştirilen çalışmadaki kadın ve erkek bireyler için BMR bağıntıları Eşitlik 3.6 ve 3.7'deki gibi verilebilmektedir [13].

$$\text{BMR}_{\text{Erkek}} = 66 + (2.81 \times \text{Ağırlık (kg)}) + (32.25 \times \text{Boy (cm)}) - (6.76 \times \text{yaş}) \quad (3.6)$$

$$\text{BMR}_{\text{Kadın}} = 655.1 + (1.97 \times \text{Ağırlık (kg)}) + (11.93 \times \text{Boy (cm)}) - (4.7 \times \text{yaş}) \quad (3.7)$$

Metabolik eşdeğeri (MET), yapılan aktiviteye bağlı olarak kcal/dakika şeklinde birimlendirilen kişinin gerçekleştirmiş olduğu metabolik enerjidir. Bu çalışma verileri doğrultusunda kondisyon bisikletinde gerçekleştirilen egzersiz için MET değeri 3,5 kcal/dk olarak belirlenmiştir [14].

Tablolardan, 30 dakikalık bisiklet sürme egzersizi esnasında aynı yaş grubundaki kadın (EK 1) ve erkek (EK 2) bireylerin vücut ağırlıkları arttıkça yakılan kalori miktarlarının da arttığı görülmektedir. Aynı vücut ağırlığına sahip farklı yaş gruplarındaki kadın ve erkek bireylerin yaş aralıkları arttıkça yakılan kalori miktarlarının azaldığı görülmektedir. Bu zıt yönlü değişimin nedeni ise yaş ilerledikçe metabolizma hızının yavaşlamasıdır. Aynı yaş grubu ve aynı kilodaki kadın ve erkek bireyler kıyaslandığında erkek bireylerin yaktığı kalori miktarları daha yüksektir. Bunun nedeni ise erkek bireylerdeki kas kütlelerinin kadın bireylere oranla %40-%60 oranında daha fazla olmasıdır. Yoğun kas kütlelerine sahip erkek fizyolojisinde gerçekleşen kalori yakımı bu nedenle aynı yönde artış göstermektedir.

EK 1'e bakıldığında kadınlarda maksimum yakılan kalori 12-18 yaş aralığında 190 cm boy 90 kg ağırlığında 281 kalori iken, yakılan en düşük kalori ise 68-75 yaş aralığında 150 cm boy 60 kg'da 172 kaloridir. EK 2'ye baktığımızda erkeklerde maksimum yakılan kalori 12-18 yaş aralığında 190 cm boy 90 kg ağırlığında 410 kalori. Yakılan en düşük kalori ise 68-75 yaş aralığında 150 cm boy 60 kg'da 180 kaloridir.

Sistemde kullanıcının yaş, kilo ve boy bilgilerine göre 30 dakikalık bisiklet sürme aktivitesinde yakacağı kalori hesaplandığında, kullanıcının cinsiyetine ait tablodan

çıkarılan maksimum ve minimum harcanan kalori miktarına göre %10-%20 arası yakılan kaloride fark olduğu görülmektedir. Bunun nedeni değişen Bazal Metabolizma Hızı (BMR)'dir.

3.3. Optimal Nabız Aralığının Belirlenmesi

Orta tempolu egzersizler esnasında ideal nabız aralığı hesabında minimum ideal nabız atış sayısını (Tablo 3.1) bulmak için Eşitlik 3.8 ve maksimum ideal nabız atış sayısını bulmak için ise Eşitlik 3.9'daki bağıntıdan yararlanılmıştır [11]. Yaş aralıklarına uygun tespit edilen nabız aralıkları, orta tempolu egzersizlerde gerçekleşen kalori yakımının saptanmasında standart kabul edilmiştir.

$$\text{Minimum ideal nabız} = 220 - \text{Yaş} \times 0.5 \quad (3.8)$$

$$\text{Maksimum ideal nabız} = 220 - \text{Yaş} \times 0.7 \quad (3.9)$$

Tablo 3.1 Optimal nabız aralıkları

Yaş Aralığı	Nabız (atış/dk)
12-18	104-141
19-25	101-137
26-32	97-132
33-39	94-127
40-46	90-122
47-53	87-117
54-60	83-112
61-67	80-107
68-75	76-102

3.4. Kondisyon Bisikleti

Bisiklet, insanların yaygın olarak ulaşımında kullandıkları, motorlu taşıtlara nispeten ucuz ve duyu-motor becerisi gerektiren bir araçtır. Doğası gereği bisiklet, insan duyu-motor işlevlerinin temel ilkelerini incelemeye kusursuz bir platform sunar [19]. Bisiklet, ilk icat edildiği günden bu yana çeşitli araştırmaların konusu olmasının yanı

sıra, ilk icat edildiği haline benzer tasarımları ile günümüzde çok çeşitli görsellikle karşımıza çıkmaktadır. Bu çeşitliliğinin nedenlerini;

1. Bisikletin; insan sağlığını olumlu yönde etkilemesi, pek çok fiziksel hastalıkların giderilmesinde kullanılabilmesi [15],
2. Nabız sensörü gibi tıbbi sensörlerdeki gelişmeler ile bu sensörlerin bisikletlere entegre edilmesi [18],
3. Özellikle kentlerde bisiklet sürececek alanların kısıtlı olması

şeklinde sıralamak mümkündür. Tüm bu nedenlere bağlı olarak kondisyon bisikletleri ortaya çıkmış ve her geçen gün yeni gelişmelerle özelliklerini artırmıştır.

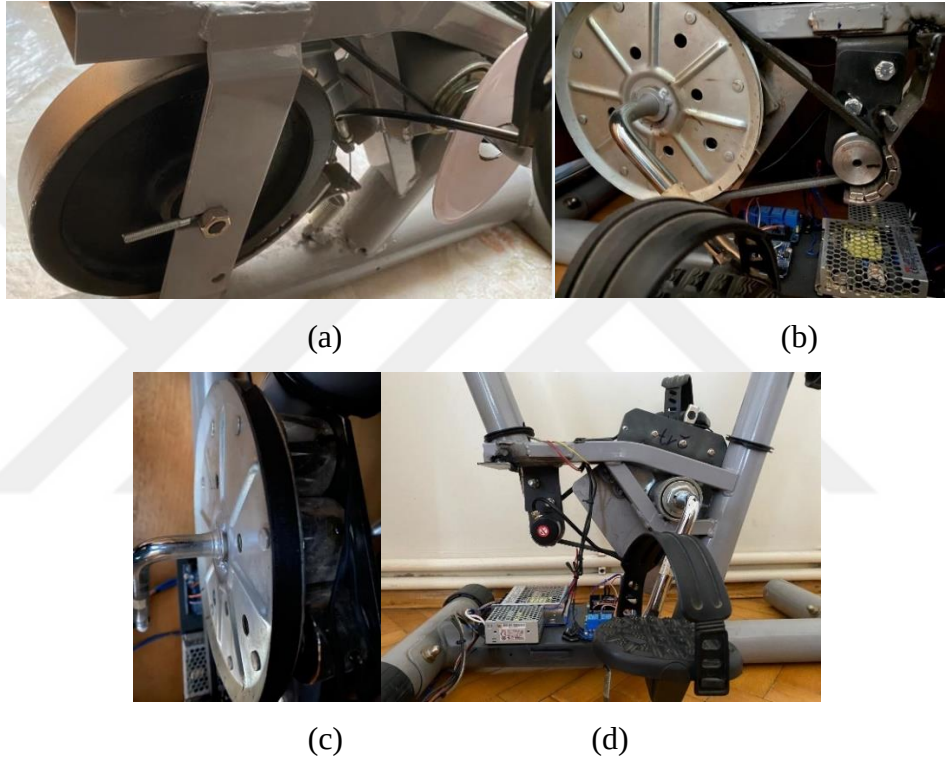
Kondisyon bisikleti (Stationary bicycle); tekerleği olmayan ve sabit duran, genel olarak sele, pedallar ve tutmaçla (gidon) tasarlanmış bir tür egzersiz bisikletidir [20]. Sıradan bir bisiklet de tekerlekleri sabitlenerek kondisyon bisikleti gibi kullanılabilir. Ancak kondisyon bisikletleri genelde elektrik kullanır ve kullanıcıya egzersizi ve yaşamsal parametreleri (tansiyon, sıcaklık gibi) ile ilgili bilgiler sunar.

Kondisyon bisikletleri sağlıklı yaşam biçimi benimsemiş olanların yanı sıra, kilo vermek isteyenlerin kalori yakmak amacıyla kullandığı bir spor aletidir. Araştırmalar, kondisyon bisikletlerinin 30 dakika kullanımıyla 200 ila 300 arasında kalori yaktığına işaret etmektedir [17]. Antrenman yoğunluğuna ve vücut ağırlığına bağlı olarak, sabit bir bisiklet ile saatte 600 kaloriden fazla yakılabilirken, kapalı alanda kullanılan kondisyon bisikletleri, hızlı bir şekilde kalori yakmak için kullanıcılara egzersiz seçeneği sunar. Sıradan bisikletler sürüldüğünde, sürücü ne kadar kalori yaktığını bilmezken, kondisyon bisikletleri, kalori ölçümü yapabildiğinden, ön panelde bulunan monitörler aracılığıyla kullanıcılarının bilgilenmesine katkıda bulunur [16].

3.4.1. Kondisyon Bisikletinin Mekanik Geliştirmeleri

Cihaz prototipini daha hızlı ve düşük maliyetli geliştirmek için Voit BS-101 marka kondisyon bisikletinin tüm elektronik aksamı sökülüp yeni geliştirilen elektronik aksam monte edilmiş ve cihaz üzerinde çeşitli mekanik düzenlemeler yapılmıştır. Yaklaşık 5 kg ağırlığındaki Şekil 3.3(a)'daki ana kasnak çıkartılıp yerine Şekil 3.3(b)'de görülen enkoder için geliştirdiğimiz kasnak ve motor tutucu takılarak cihazın

ağırlığı azaltılmıştır. Ayrıca kasnağa zorluk ayarında kullanılmak üzere yerleştirilmiş metal bir ipin çektiği sabit mıknatıslar yerine, Şekil 3.3(c)'de gösterilen elektro mıknatıslar yerleştirilmiş ve zorluk seviyesi değiştirme işlemi daha hızlı ve mekanik yerine elektronik bir sistemle kontrol edilebilir hale getirilmiştir. Yapılan bu değişiklikler ile mekanik sürtünmeden kaynaklı parça aşınmaları ortadan kaldırılarak cihaz ömrü uzatılmıştır. Ayrıca cihazın temel zorluk seviyesini elektro mıknatısları aktif etmeden sağlamak için kasnakların etrafına neodyum mıknatıslar sabitlenmiştir. Cihazın mekanik düzenlemeleri tamamlanmış hali Şekil 3.3(d)'de görülmektedir.



Şekil 3.3 Kondisyon bisikletinin mekanik geliştirme ve eklentileri

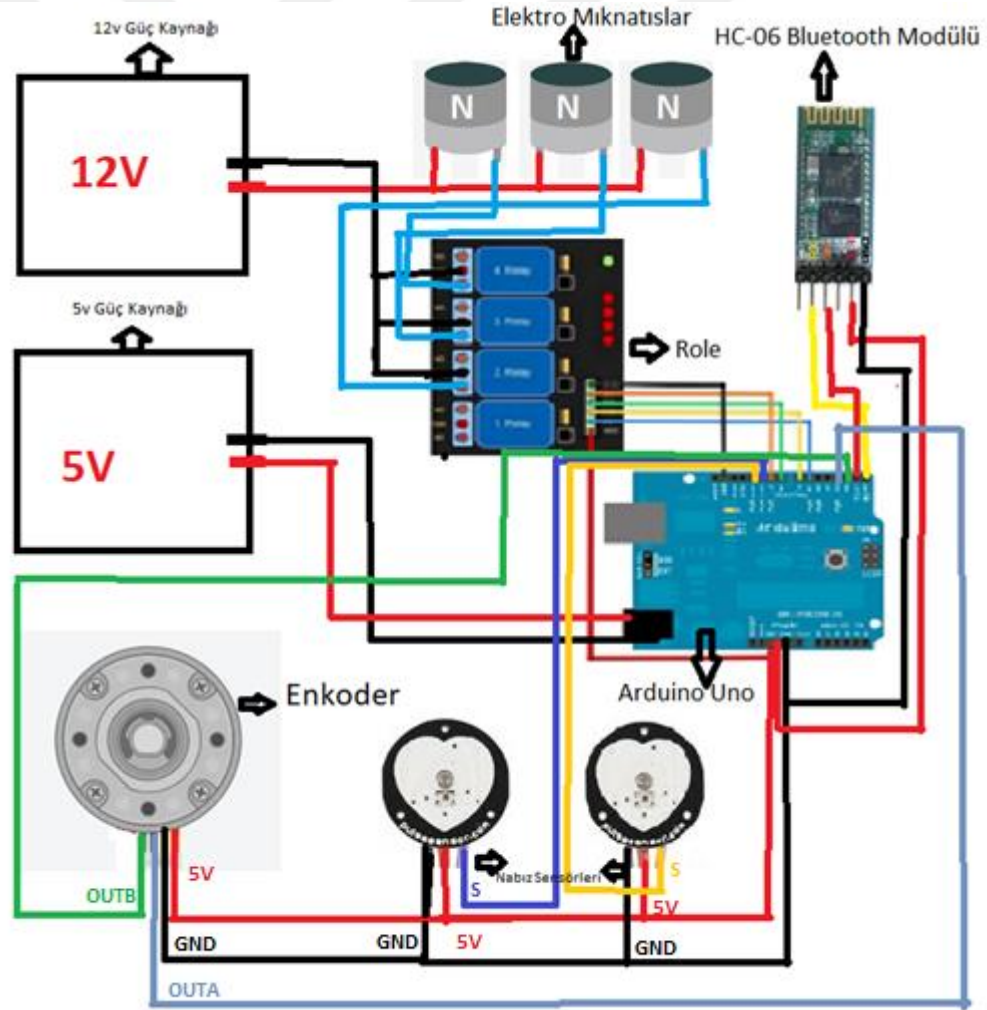
3.4.2. Kondisyon Bisikletinin Elektronik Geliştirmeleri

Voit BS-101 marka bisikletin tüm elektronik aksamı sökülerek Şekil 3.4'de bağlantı şeması görülen elektronik devre tasarlanmıştır. Bu devrede 12V ile çalışan elektro mıknatısları beslemek için 12V güç kaynağı ve devre üzerinde bulunan Arduino Uno'yu beslemek için ise 5V güç kaynağı kullanılmıştır. Elektro mıknatısları açıp kapatma işlemi röle yardımıyla yapılmaktadır. Nabız ölçümü için iki adet nabız sensörü, haberleşme için HC-06 Bluetooth modülü ve pedal çevirme sayısının ölçümü için ise enkoder kullanılmıştır. Enkoderdan ölçülen devir sayısı ve nabız sensöründen ölçülen nabız değeri Bluetooth modülü yardımıyla uygulamaya gönderilerek oyun

akışı animasyon ile sağlanmıştır. Oyun üzerinde ayarlanan zorluk derecesi bilgisi yine Bluetooth bağlantısı ile alınarak röle yardımıyla yeterli sayıda elektro mıknatıs aktif edilmektedir.

Kullanılan elektronik devre elemanları:

1. 12V Güç kaynağı
2. 5V Güç kaynağı
3. Arduino Uno
4. 12V 4'lü Röle
5. 600 Pulse Enkoder
6. 2 Adet Nabız sensörü
7. 3 Adet 12V elektro mıknatıs
8. HC-06 Bluetooth modülü

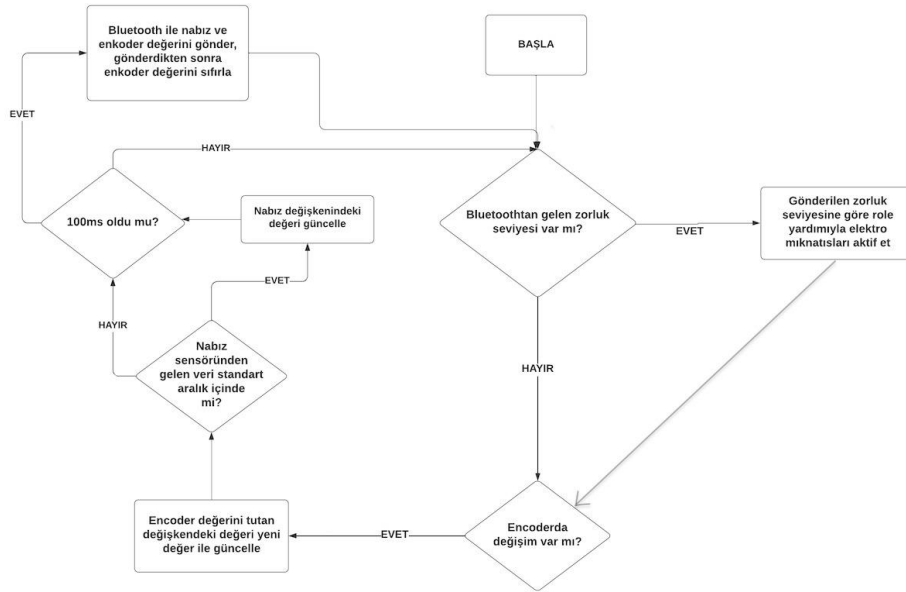


Şekil 3.4 Elektronik devre şeması

Tasarlanan kontrol devresinde Şekil 3.5(a)'da görülen Arduino Uno mikrodeneleyici geliştirme kartını kullandık. Arduino Uno düşük maliyetli, analog ve dijital girişlere sahip, Atmega328p mikrodeneleyici kullanan ve C programlama dili ile programlanabilen çok amaçlı, düşük seviyeli bir geliştirme kartıdır [21]. Arduino Uno için yazılımı açık kaynak kodlu Arduino IDE'sini kullanarak geliştirdik.



(a)



(b)

Şekil 3.5 (a) Arduino Uno mikrodeneleyici ve (b) Arduino IDE'si kullanılarak geliştirilen yazılım için akış diyagramı

Şekil 3.5(b)'de görülen algoritmamızda ilk olarak Bluetooth modülü ile alınan zorluk seviyesi kontrol edilir ve gelen zorluk seviyesi verisine göre yeterli sayıda elektro mıknatısı aktif edilir. Enkoderdan gelen veride değişim olması durumunda açılı değeri güncellenir. PulseSensorPlayground kütüphanesi kullanılarak nabız sensör değerleri okunup, enkoderdan okunan değer ile her 100 ms'de bir kez olmak üzere seri port

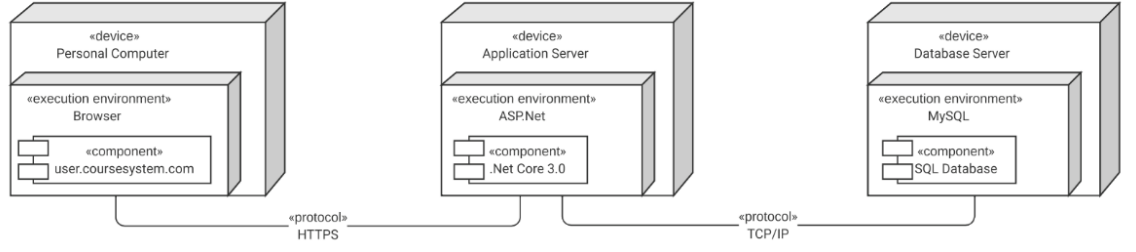
üzerinden '*' karakteri ile nabız ve enkoder değerleri ayrılarak Bluetooth modülü yardımı ile gönderilir ve açılı değeri sıfırlanarak döngüye yeniden başlanır.

Veriler 100 ms'den daha kısa zaman aralığında gönderildiğinde gönderilen verilerde bozulmalar oluşmaktadır. Bu nedenle veriler en sık 100 ms'de bir kez '*' karakteri ile ayrılmış olarak gönderilmektedir.

3.4.3. Arka Uçun (Backend) Geliştirilmesi

Şekil 3.6'de dağıtım (deployment) diyagramı görülen arka uç, bir .Net çerçevesi olan .Net Core çerçevesi kullanılarak C# programlama dili ile geliştirilen Rest API'den oluşmaktadır [22]. Veritabanı olarak MySql veritabanı yönetim sistemi tercih edilmiştir.

Uygulama programlama arayüzleri (API), karmaşık mobil uygulamaların geliştirilmesinde temel bileşenlerden biridir. API'lerin bir uygulamaya dahil edilmesi, bir yazılım ürününün yaşam döngüsünü modülerliği sayesinde uzatabilir ve erişme ihtiyacı olan diğer uygulamalarla etkileşimi kolaylaştırır [23]. Son yıllarda, akıllı telefonlar gibi kablosuz cihazların sayısındaki büyüme, mobil uygulama ve API sayısında benzer bir büyümeye yol açmıştır. API'lerin artan popüleritesinin bir başka nedeni ise, günümüzde birçok uygulamanın kendi temel işlevlerini oluşturmak için başkaları tarafından sağlanan hizmetleri kullanmasıdır [24]. Örneğin, bir milyondan fazla web sitesi ziyaretçilere harita işlevselliği sağlamak için Google Haritalar API'sini kullanır [25]. Bizim de arka ucu API oluşturma nedenimiz VR oyunumuzun bir mobil uygulama olması ve aynı verilere geliştirdiğimiz bir web sitesi üzerinden erişmeye ihtiyacımız olmasıdır. Eğer bir API kullanmış olmasaydık ihtiyaç duyacağımız her bir platform için yeni bir iş katmanı (business logic) geliştirmek zorunda kalacaktık. Arka ucumuzu web API ile oluşturarak ihtiyaç duyacağımız yeni bir platform için ek bir geliştirme yapmamıza gerek kalmayacaktır.



Şekil 3.6 Arka Uç Dağıtım (Deployment) Diyagramı.

Biz arka ucumuzda RESTful API'yi tercih ettik. RESTful API (REST olarak da bilinir), REST mimari stiline kısıtlamalarına uyan ve RESTful web hizmetleriyle etkileşime izin veren bir uygulama programlama arabirimidir (API veya web API). REST, temsili durum aktarımı anlamına gelir ve bilgisayar bilimcisi Roy Fielding tarafından oluşturulmuştur [26]. Bir API'nin RESTful olarak kabul edilebilmesi için şu kriterlere uyması gerekir:

1. İstemciler, sunucular ve kaynaklardan oluşan ve istekleri HTTP aracılığıyla yönetilen bir istemci-sunucu mimarisi,
2. Durum bilgisi olmayan istemci-sunucu iletişimi, yani alma istekleri arasında hiçbir istemci bilgisi depolanmaması ve her isteğin ayrı ve bağlantısız olması,
3. İstemci-sunucu etkileşimlerini kolaylaştıran önbelleğe alınabilir veriler,
4. Bilgilerin standart bir biçimde aktarılması için bileşenler arasında tek tip bir arayüz gerekmektedir. Standard biçimde aktarım için:
 - a. Talep edilen kaynaklar tanımlanabilir ve müşteriye gönderilen beyanlardan ayrılır.
 - b. Kaynaklar, aldıkları temsil yoluyla müşteri tarafından manipüle edilebilir, çünkü sunum bunu yapmak için yeterli bilgiyi içerir.
 - c. Müşteriye döndürülen kendi kendini tanımlayan mesajlar, müşterinin onu nasıl işlemesi gerektiğini açıklamak için yeterli bilgiye sahiptir.
 - d. Hypertext/hypermedia mevcuttur, yani bir kaynağa eriştikten sonra istemci, gerçekleştirebilecekleri mevcut diğer tüm eylemleri bulmak için köprüleri kullanabilmelidir.

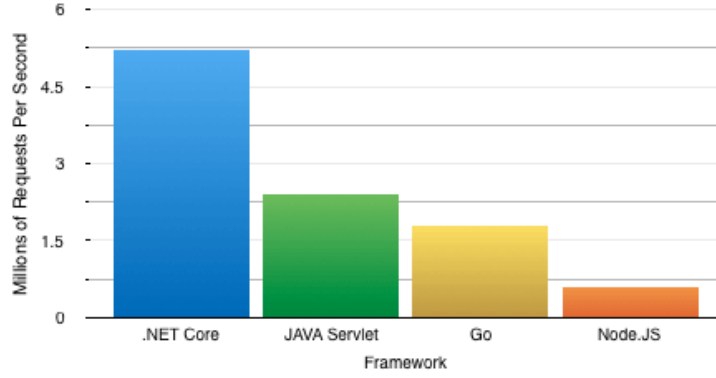
- e. Her tür sunucuyu (güvenlikten, yük dengelemeden vb. sorumlu olanlar) organize eden katmanlı bir sistem, istenen bilgilerin istemci tarafından görülemeyecek şekilde hiyerarşiler halinde alınmasını içermektedir.
- f. İsteğe bağlı kod: İstendiğinde sunucudan istemciye yürütülebilir kod gönderme, istemci işlevselliğini genişletme yeteneği gerekir.

REST API aracılığıyla bir istemci isteği yapıldığında, kaynağın durumu bir temsilini istekte bulunana veya uç noktaya aktarılır. Bu bilgi veya temsil, HTTP aracılığıyla çeşitli biçimlerden birinde sunulur: Bizimde uygulamamızda kullandığımız gibi veri alışverişi REST API'lerinde genelde JSON (Javascript Object Notation) kullanılır. İsteklerimizin durumunu REST API'lerde HTTP durum kodlarından kolayca takip edebiliriz. Örneğin başlıca HTTP durum kodları:

1. 100(Continue): İsteğin devam ediyor olduğu.
2. 200(Ok): İsteğin başarılı olduğu.
3. 201(Created): İsteğin başarılı olduğu.
4. 307(Temporary Redirect): Geçici bir sorun var tekrar gönder.
5. 400(Bad Request): Kötü istek.
6. 401(Unauthorized) : Yetki dışı istek.
7. 403(Forbidden): Yasaklı istek.
8. 404 (Not Found): İstenilen kaynak sunucuda bulunamadığı.
9. 500 (Internal Server Error): Beklenmedik bir hata ile karşılaşıldığı.
10. 504(Gateway Timeout): Zaman aşımı.

Bu çalışmada REST API'mizi .NET core tercih etmemizin nedenleri:

1. Platform bağımsız çalışması.
2. Açık kaynak kodlu olması.
3. Güncel bir .Net Çerçevesi olması.
4. Büyük bir komüniteye sahip olması ve Microsoft tarafından desteklenmesi.
5. Şekil 3.7'de görüldüğü gibi güncel rakip çerçevelere kıyasla yüksek performanslı olması.



Şekil 3.7 .NET Core ve bazı rakiplerinin performans karşılaştırması [27].

.NET Core Çerçevesi kullanarak RESTful API'yi geliştirirken çerçevenin desteklediği nesne yönelimli bir programlama dili olan C# programlama dili kullanıldı. C#, 2001 yılında Microsoft tarafından geliştirilmiş ve yayınlanmıştır. Açık kaynak kodlu, basit, modern, esnek ve evrensel bir dildir. Sürekli güncellendiği için geliştiricilere yalnızca bugün değil, gelecek yıllarda da geçerli olacak yazılımlar oluşturma esnekliği ve yeteneği sağlar. C# güvenli bir dildir. Veri kaybına veya başka sorunlara neden olabilecek tür dönüştürmeye izin vermez. Geliştiricilerin Şekil 3.7'deki gibi yüksek performanslı kod yazmasına izin verir.

3.4.3.1. API'nin Solid Prensipleri Uygulanarak Geliştirilmesi

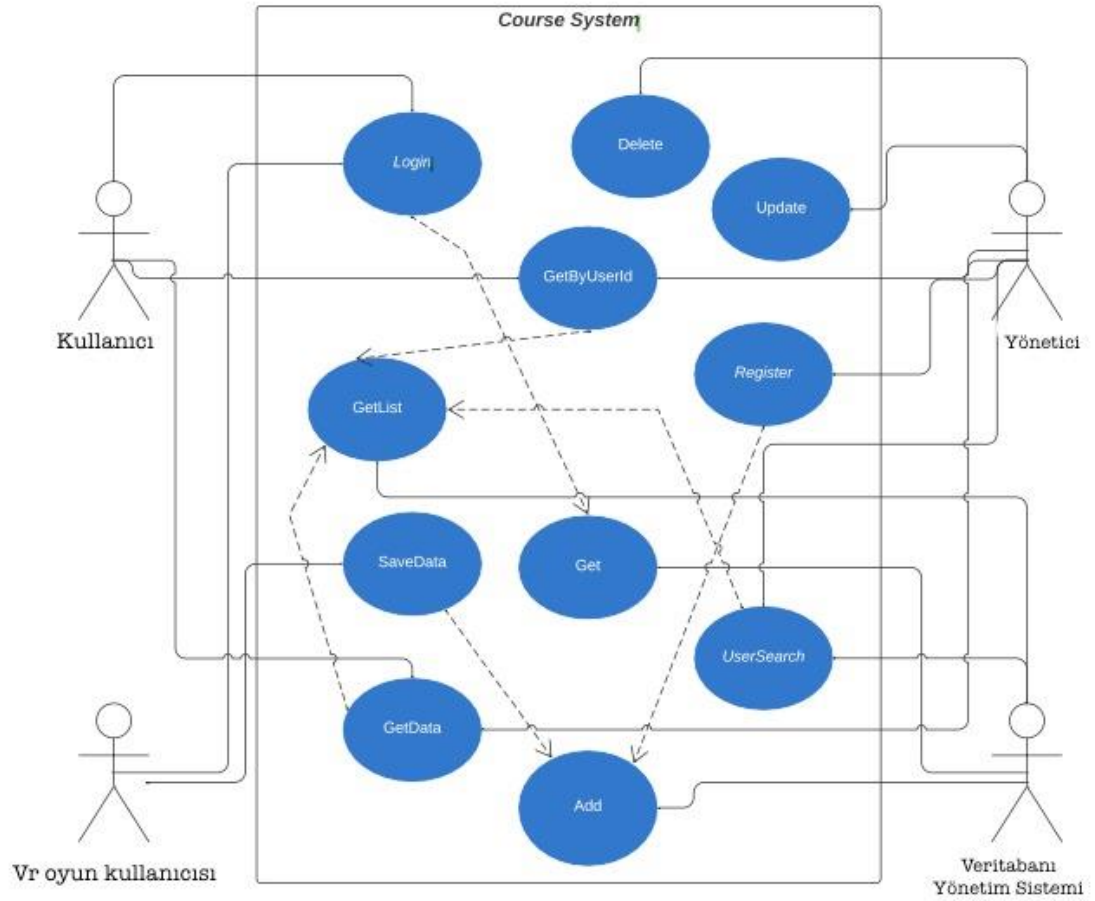
Son yıllarda projelerde giderek artan istek sayısı projelerin kod okunabilirliğini ve sürdürülebilirliğini olumsuz etkilemektedir. Gelen geliştirme isteklerine cevap verebilmek ve daha sürdürülebilir kod yazmak için çeşitli prensipler geliştirilmiştir. Bu prensiplerden biri de Robert C. Martin tarafından geliştirilen beş ilkenin ilk harflerinden adını alan SOLID prensibidir [28]. Arka ucu geliştirirken SOLID prensiplerine uygun olarak temiz (clean) kod yazmaya çalıştık. Solid prensipleri:

1. Single Responsibility Principle: Projede her yapı sade anlaşılır ve tek görevi olmalıdır.
2. Open-Closed Principle: Projede yapılarımız gelişime açık değişime kapalı olmalıdır. Yeni bir değişiklik geldiğinde mevcut modüllerin yapısını değiştirmek yerine yeni bir modül oluşturarak bu istek yerine getirilmelidir.

3. Liskov Substitution Principle: Alt sınıflar miras aldığı sınıfların tüm özelliklerini taşımalıdır, alt ve üst sınıflar birbiriyle yer değiştirebilir şekilde geliştirilmelidir.
4. Interface Segregation Principle: Oluşturulan interface'lerde gereksiz tanımlamalar yapılmamalıdır.
5. Dependency Inversion Principle: Sınıflar arası bağımlılık minimum olmalıdır. Alt sınıflarda yapılan değişiklikler üst sınıfları etkilememelidir.

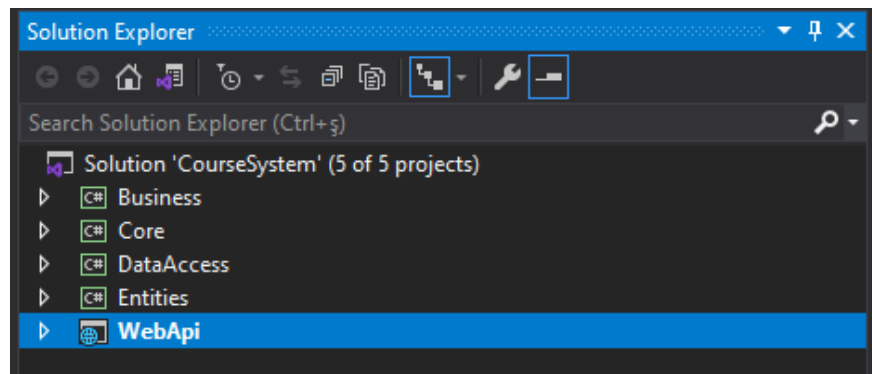
Şekil 3.8'de kullanıcı durum diyagramı görülen arka ucu .Net Core 3.0 Çerçevesi ile katmanlı mimari yapısı kullanarak geliştirdik. Arka uç Şekil 3.9'de görülen 5 katmandan oluşur ve bu katmanlar aşağıda sıralanmıştır:

1. Entities: Veritabanı objeleri ve ekranlarda kullanmak için oluşturulan objelerin oluşturulduğu katmandır.
2. DataAccess: Veritabanı işlemlerini yaptığımız katmandır.
3. Business: İş kurallarını yazdığımız katmandır.
4. Core: Bu katmanda geliştirilen projeden bağımsız olarak temel işlemler için kullandığımız yapılar bulunur. Örneğin JWT (Json Web Token) bu katmanda kullanılmıştır.
5. WebAPI: API'mizin olduğu katmandır .Net Core 3.0 Web API'den oluşur.



Şekil 3.8 Arka Uç Kullanıcı Durum (Usecase) Diyagramı

Veritabanı işlemleri için EntityFreamworkCore kütüphanesini kullandık. DbFirst ile ilk önce MySql’de tablolarımızı oluşturduk daha sonra Entity katmanında Entitylerimizi oluşturup Mysql data kütüphanesini projemize ekleyip Context nesnemizi oluşturarak veritabanımız ile bağlantı kurduk. Oluşturduğumuz tüm Entityleri IEntity interface’inden türettik.

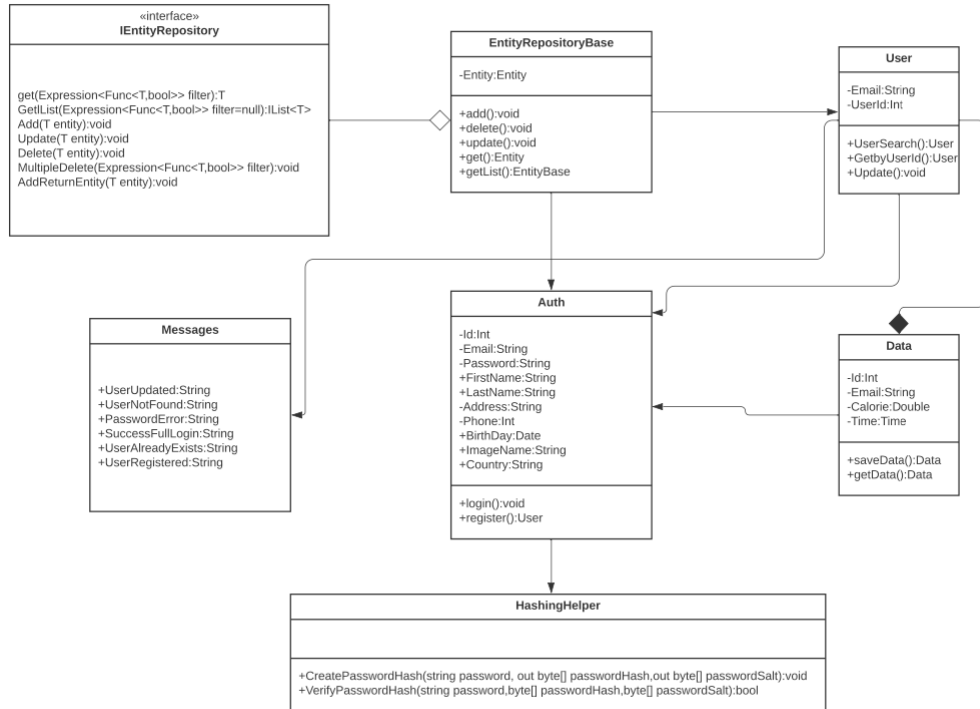


Şekil 3.9 Katmanlı Arka Uç Yapısı

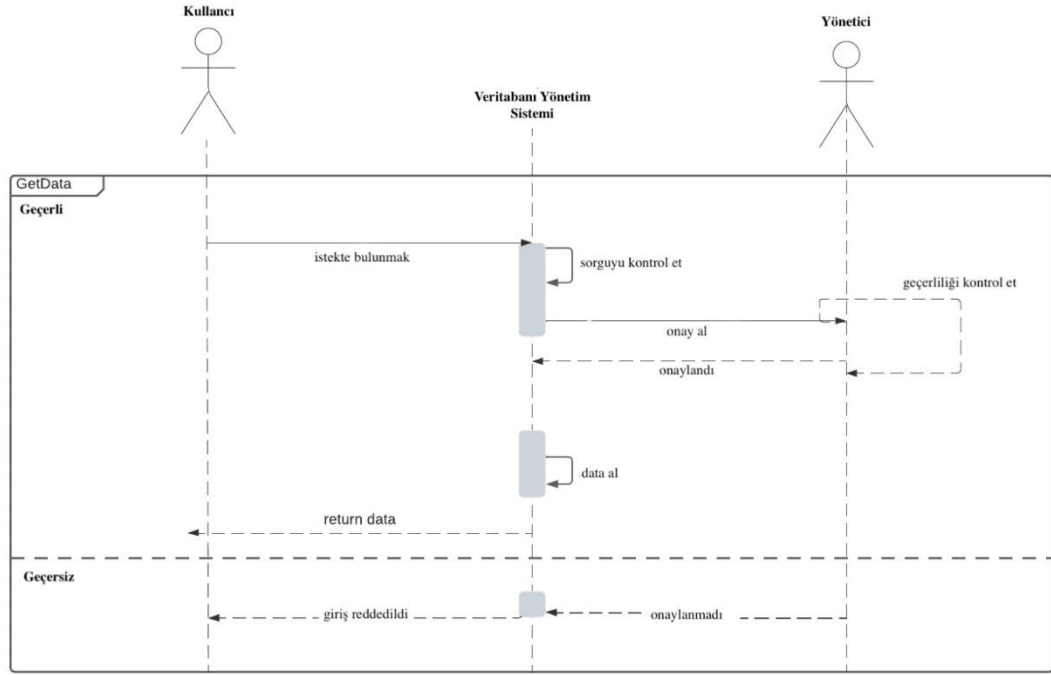
Şekil 3.10’da görülen IEntityBaseRepository base arayüzünde ekleme, listeleme, silme ve güncelleme işlemlerinin metod başlıklarını generic bir yapı ile oluşturup örneğin sporcu ekle, kullanıcı ekle gibi tekrar eden yapılar kullanmak yerine oluşturduğumuz generic yapı ile ekle, sil gibi metodlarımızı yazarak daha temiz ve anlaşılır kod yazıp gereksiz kod tekrarını önledik. EfEntityRepositoryBase’i IEntityBaseRepository’den türettik. Böylece Şekil 3.11’de sınıf diyagramında görülen sınıflarımızda tekrarlar önlenerek anlaşılır ve süründürülebilir şekilde yapımız oluştu.

```
public interface IEntityRepository<T> where T:class,IEntity,new()
{
    T Get(Expression<Func<T, bool>> filter);
    IList<T> GetList(Expression<Func<T, bool>> filter=null);
    void Add(T entity);
    void Update(T entity);
    void Delete(T entity);
    void MultipleDelete(Expression<Func<T, bool>> filter);
    T AddReturnEntity(T entity);
}
```

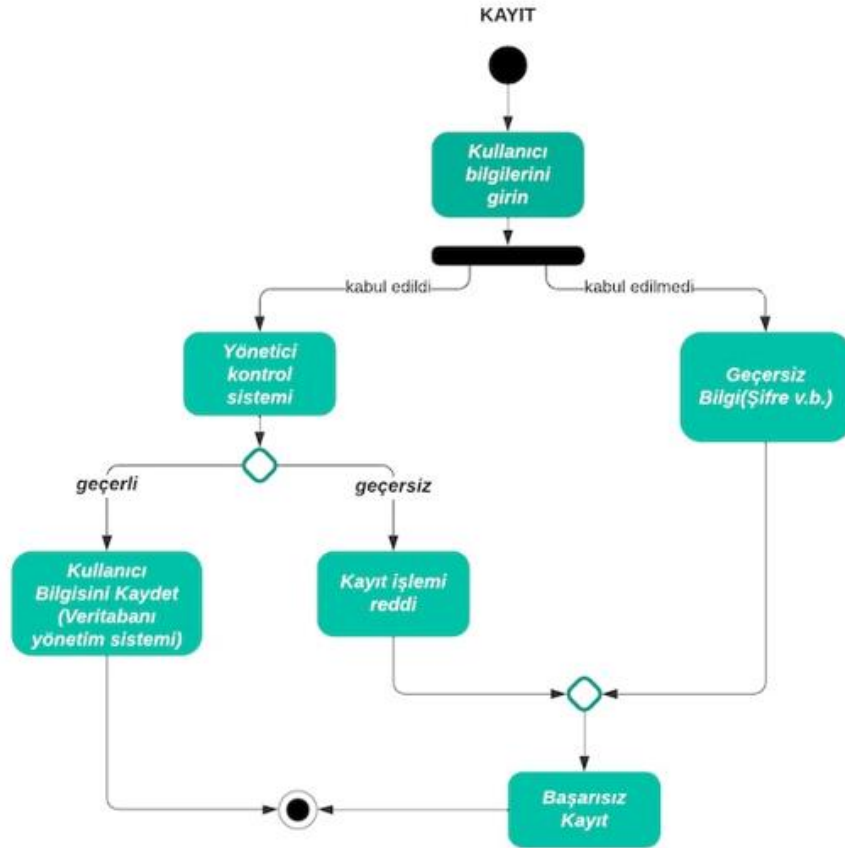
Şekil 3.10 IEntityBaseRepository



Şekil 3.11 Sınıf (Class) Diyagramı



(a)



(b)

Şekil 3.12 (a) Getdata Sekans (sequence) Diyagramı (b) Register Aktivite (activity) Diyagramı

Tüm iş kuralları iş katmanında yazıldı. Bunun nedeni ilerleyen dönemlerde API yerine farklı bir ortam üzerinden erişim ihtiyacı duyulursa doğrudan cihazdan erişim ya da Rest API yerine WCF kullanımında örneğin iş katmanında yazmış olduğumuz kullanıcı e-postasının sistemde var olup olmadığı kontrolünü API kısmında yazmış olsaydık böyle bir değişim durumunda iş kurallarını tekrar yazmak zorunda kalacaktık. Mesajlarımızı iş katmanında Message sınıfında static stringler oluşturarak yazdık. Bunun nedeni uygulamamızın ileride yabancı dil desteği sunması halinde bu değişime daha hızlı uyum sağlamaktır. Result sınıfımızdan DataResult sınıfını türettik başarılı sonuçların datalarını dönmek için SuccessDataResult, hatalı sonuçların datalarını dönmek için ErrorDataResult sınıflarını oluşturduk. Sadece string tipinde mesaj dönmek için başarılı sonuçlarda SuccessResult sınıfı hatalı sonuçlarda ise ErrorResult sınıfı oluşturulmuştur. Tüm kullandığımız metotlarda olduğu gibi Şekil 3.12(a)'da sekans ve Şekil 3.12(b)'de aktivite diyagramı görülen metodumuzda da bu result sınıflarını kullandık.

Projemizde SOLID prensiplerine uygun bir yapı oluşturmak için Autofac kütüphanesini kullanarak sınıfların birbirine bağımlılığını azalttık. Autofac kullanırken Şekil 3.13'de görüldüğü gibi Web katmanından Business katmanına erişmek için ve Business katmanından DataAcse katmanına erişmek için doğrudan somut sınıfı kullanmak yerine soyut sınıf üzerinden erişim sağlayarak uygulamamızda dependency inversion prensibini kullanmış olduk.

```
protected override void Load(ContainerBuilder builder)
{
    builder.RegisterType<UserManager>().As<IUserService>();
    builder.RegisterType<EfUserDal>().As<IUserDal>();

    builder.RegisterType<RoleManager>().As<IRoleService>();
    builder.RegisterType<EfRoleDal>().As<IRoleDal>();

    builder.RegisterType<CountryManager>().As<ICountryService>();
    builder.RegisterType<EfCountryDal>().As<ICountryDal>();

    builder.RegisterType<AuthManager>().As<IAuthService>();
    builder.RegisterType<JwtHelper>().As<ITokenHelper>();
}
```

Şekil 3.13 Autofac Container Yapısı

Projemizde yetkilendirme yönetimi için Core katmanında JWTHelper kütüphanesi kullanarak JWT (Jeson Web Token) alt yapısını kurduk. JWT Base64 ile kodlanmış;

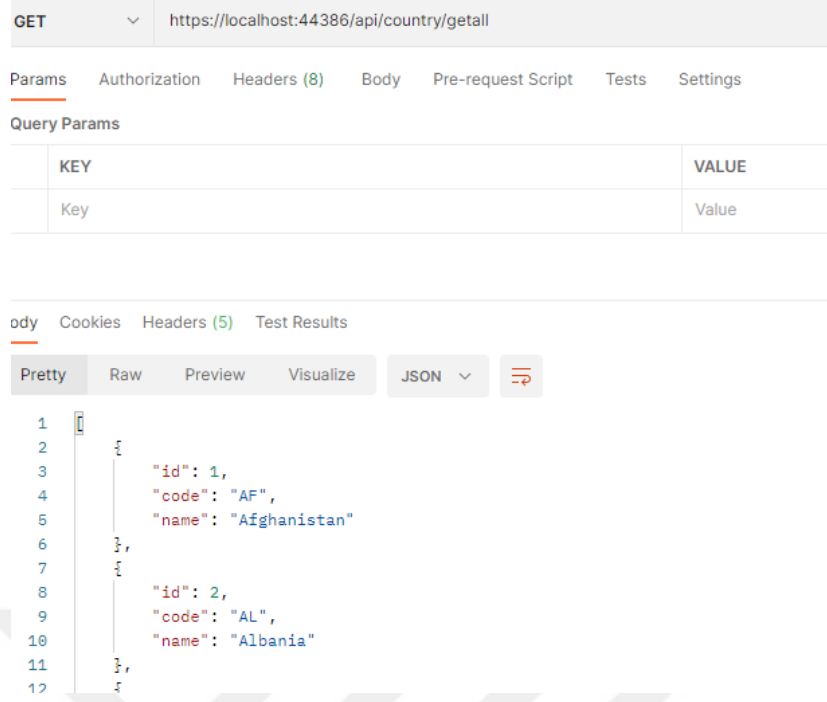
başlık, yük ve imza olmak üzere üç kısımdan oluşan, adından da anlaşılacağı üzere JSON formatında olan yapılar arası iletişimi güvenli bir şekilde sağlayan, son yıllarda standart haline gelen JSON tabanlı bir yetkilendirme standartıdır. JWT'nin çok tercih edilme nedeni oluşturulan tokenları değişime uğratmanın ya da güvenlik kodu olmadan çözümlemenin neredeyse imkansız olmasıdır.

Kullanıcı güvenliği için aldığımız bir diğer önlem ise Core katmanında Şekil 3.14'de görülen HashingHelper'da kullanıcıların şifre güvenliği için kullanıcı şifrelerini kaydederken HMACSHA512 türünde hash'leri oluşturuldu ve güvenliği daha da artırmak için bu hash'ler oluşturulur iken passwordsalt kullanıldı. Sadece hash'lerin kullanılmama nedeni, bilindik saldırı yöntemlerinden biri olan bilinen şifrelerden bir sözlük oluşturup eşleşen kayıt sayesinde kullanılan hash'i öğrenip diğer şifrelere erişilebilmesidir. Salt ile hash'i kombinleyerek bu durumu daha da zorlaştırarak şifre güvenliğini artırdık.

```
public class HashingHelper
{
    public static void CreatePasswordHash(string password, out byte[] passwordHash,
out byte[] passwordSalt)
    {
        using (var hmac = new System.Security.Cryptography.HMACSHA512())
        {
            passwordSalt = hmac.Key;
            passwordHash = hmac.ComputeHash(Encoding.UTF8.GetBytes(password));
        }
    }
    public static bool VerifyPasswordHash(string password, byte[] passwordHash, byte[]
passwordSalt)
    {
        using (var hmac = new System.Security.Cryptography.HMACSHA512(passwordSalt))
        {
            var computedHash = hmac.ComputeHash(Encoding.UTF8.GetBytes(password));
            for (int i = 0; i < computedHash.Length; i++)
            {
                if (computedHash[i] != passwordHash[i])
                {
                    return false;
                }
            }
        }
        return true;
    }
}
```

Şekil 3.14 HashingHelper Sınıfı

Ücretsiz bir yazılım olan postman ile API'mizin bazı metodlarını Şekil 3.15'de görülen tüm ülkeleri çektiğimiz Country kontrollerindeki getall metodunu test ettiğimiz gibi ön uç kısmına başlamadan önce test ettik. Bu yöntemi izleme nedenimiz hata kaynağı API'den olursa daha hızlı fark edecek olmamızdır.



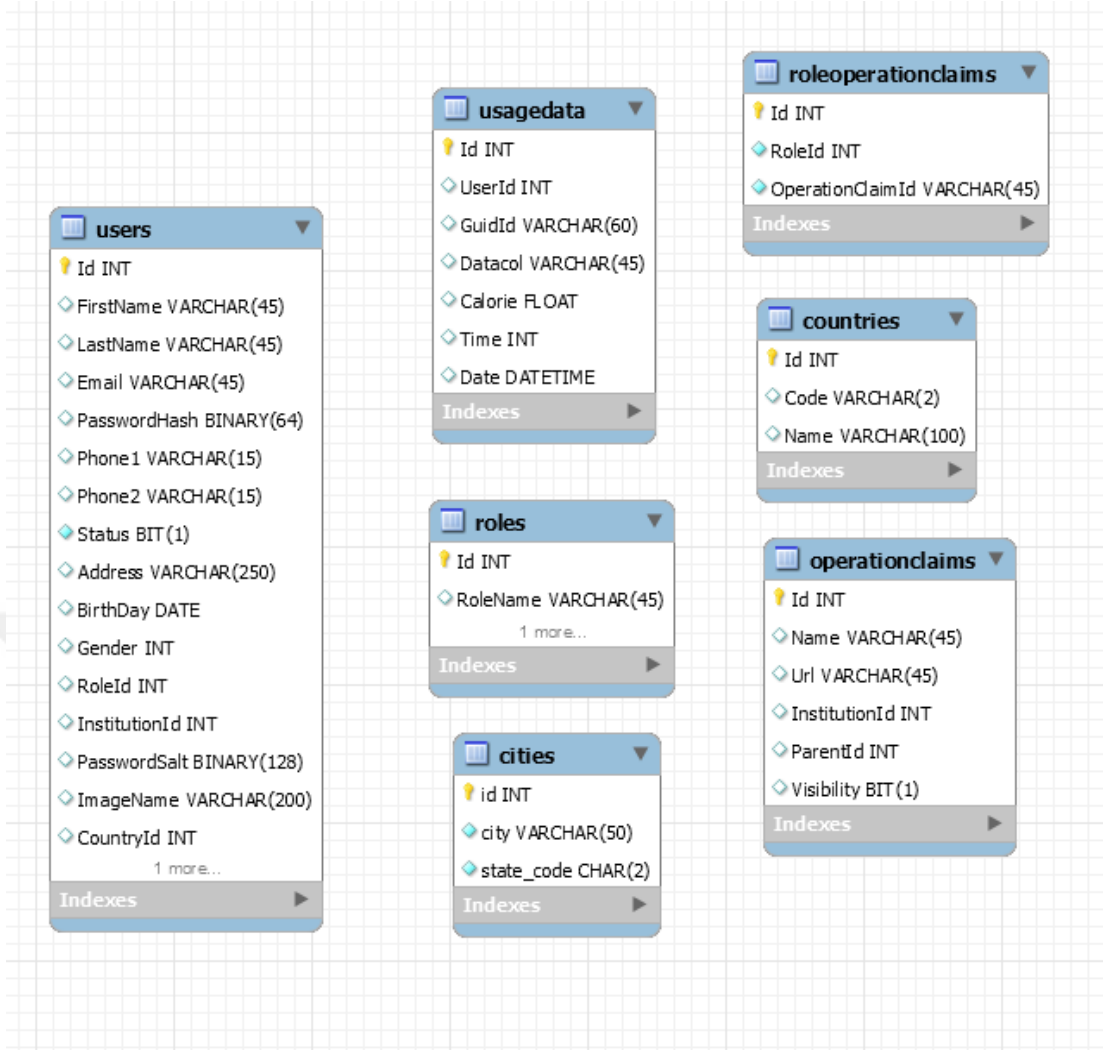
Şekil 3.15 Postman kullanarak API'nin bazı metodlarının test edilmesi

3.4.3.2. Veritabanının Tasarlanması

Veritabanı yönetim sistemi olarak MySQL veritabanı yönetim sistemi tercih edildi. Bunun nedenleri açık kaynak kodlu oluşu, geniş bir komüniteye sahip ve veri güvenliği için iyi bir tercih olması olarak sıralanabilir.

MySQLWorkbench kullanarak Şekil 3.16'de görülen tablolar oluşturulmuştur. Oluşturduğumuz tablolar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

1. Users: Kullanıcı bilgilerinin tutulduğu tablo.
2. Usagedata: Kullanıcı kullanım istatistiklerinin tutulduğu tablo.
3. Roles: Sistemi kullanan kullanıcı rollerinin (admin, user vs.) tutulduğu tablo.
4. Cities: Veritabanına eklenen tüm dünyadaki şehir isimlerinin tutulduğu tablo.
5. Roleoperationclaims: Rollerin sahip olduğu yetkilerin tutulduğu tablo.
6. Countries: Veritabanına eklenen tüm dünyadaki ülke isimlerinin tutulduğu tablo.
7. Operationclaims: Operasyonların (ön uç sayfa hiyerarşisi) tutulduğu tablo. Bu tabloda hem yetkiler hemde ön uç için menu yapısı tutulmaktadır. Yapı bir sonraki bölüm ön ucun geliştirilmesi kısmında açıklanacaktır.



Şekil 3.16 MySql veritabanı yönetim sisteminde oluşturulan tablolar

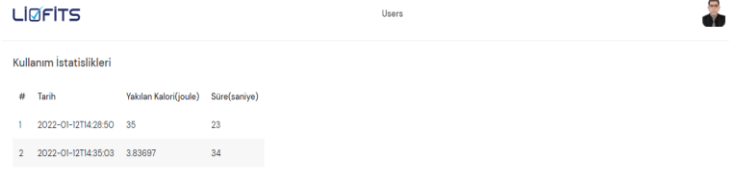
3.4.4. Ön Uçun Geliştirilmesi

Ön uç için Facebook tarafından geliştirilen popüler bir javascript kütüphanesi olan Reactjs tercih edildi. Reactjs ile geliştirilen ön uç Microsoft tarafından ücretsiz olarak kullanıma sunulan Visual Studio Code editörü kullanılarak yazılmıştır.

Kullanıcı Şekil 3.17(a)'da görülen ekran üzerinden e-posta ve şifresi ile giriş yapmaktadır. Kullanıcının yönetici yetkisi yok ise oluşturulan dinamik yapı sayesinde doğrudan geçmiş kullanım istatistiklerini Şekil 3.17(b)'de gösterildiği gibi bir sayfa üzerinden takip edebilmektedir. Yönetici yetkisi var ise yeni kullanıcılar tanımlayabilmekte veya var olan kullanıcıları düzenleyebilmektedir.



(a)



#	Tarih	Yakılan Kalori (joule)	Süre (saniye)
1	2022-01-12T14:28:50	35	23
2	2022-01-12T14:35:03	3.83697	34

(b)

Şekil 3.17 (a) Kullanıcı web giriş ekranı ve (b) kullanıcı kullanım istatistikleri

3.4.5. Amazon Web Services (AWS)’de Uygulamaların Yayınlanması

Geliştirilen uygulamayı yayınlamak üzere popüler bir bulut platformu olan Amazon Web Services (AWS) tercih edildi. Tercihin başlıca nedenleri arasında düşük maliyeti, ihtiyaç anında kolayca yeniden yapılandırılabilir esnek yapısı ve entegrasyon için birçok aracın var olması verilebilir. Uygulamanın yayınlanması için AWS EC2’de bir adet Windows sunucu oluşturulup ISS üzerinden oluşturulan iki siteden birinde arka uç diğerinde ön uç yayınlanmıştır. Ayrıca veritabanı da maliyeti azaltma açısından aynı makinada kurulmuştur. Kullanıcı resimleri de yine bir başka AWS servisi olan S3 üzerinde depolanmıştır.

3.5. Sanal Gerçeklik ve Gelişimi

Sanal gerçeklik (Virtual reality - VR) yeni bir teknolojik kavram olarak bilinse de, kökenleri yüzyıllar öncesine dayanır. Sanal gerçeklik olarak anılan kanvas resimlerin 17. yüzyılda çizilmeye ve kullanılmaya başlandığında dair kanıtlar mevcuttur. Dijital VR sisteminin ilk kaydedilen uygulaması ise 1966 yılında Amerika Birleşik Devletleri hava kuvvetleri için eğitim amaçlı tasarlanmış bir uçuş simülatörü biçiminde ortaya çıkmıştır [39]. İlk uygulamalar, 1991’de Virtuality Group şirketi tarafından özel atari oyunları piyasaya sürülene kadar kamu sektörü ile (özellikle askeri alanla) sınırlı kalmıştır [37]. 1993 yılına gelindiğinde ise SEGA’nın başa takılan bir ekran (Head-Mounted Display - HMD) tasarlaması üzerine, bu ekranın kullanımı için oyun stüdyoları yazılım geliştirseler de bu yazılımlar piyasaya sürülmemiştir [35]. Nintendo Temmuz 1995’te VR tabanlı oyun sistemi olan Virtual Boy’u piyasaya sürmüştü ancak bu oyun sistemi de başarı elde edememiştir.

VR'ın kamu alanındaki başarılı girişimleri, ticari uygulamalar için ön ayak olsa da beklenen başarıyı getirmemesine rağmen eğitimde VR kullanımıyla ilgili gerçekleştirilen çalışmalar, VR hakkında öğrencilerin eğlenerek öğrenmesi [33], motivasyonlarındaki artış [34], derin öğrenme ve kalıcılık meydana getirmesi [36] gibi pek çok olumlu geri bildirimler elde etmişlerdir. Bununla birlikte özellikle VR sinemadaki gelişmeler, geleneksel sinemaya yeni bir soluk getirmiş ve eğlence sektörüne önemli katkılar sağlamıştır.

Son otuz yılda Sanal Gerçeklik araştırmaları, sanal dünyaya, yeni kavramlar ve teknolojik cihazlar kazandırmıştır. Bu kavramlardan biri olan CAVE (Mağara), 1992'de anılmaya başlanmış, sanal gerçeklik ve bilimsel görselleştirme sistemini vurgulamıştır. CAVE'de HMD kullanmak yerine odanın duvarlarına stereoskopik görüntüler yansıtılır ve kullanıcı LCD gözlükler takarak görüntülerin üstün kalitesini deneyimler [38]. Bugün gelinen noktada ise VR gözlükleri, kullanıcılara 3D hizmeti sunarken, farklı aparatların da beraberinde kullanılmasıyla, sanal olanın gerçekliği en üst seviyede yaşatmasına izin verir. Genelde bu gözlük ve aparatlar, çalışmaları için bir bilgisayara ihtiyaç duyarlar. Bununla birlikte günümüzde lense sahip ve akıllı telefon gerektiren VR gözlükleri de mevcuttur. Önceleri belirli seviye ve alanlarda kullanılan (özellikle tıp alanında) VR gözlükleri, oyun ve VR sinema düşünlerinin istedikleri mekanlarda bireysel kullanımları için uygun hale getirilmiştir.

3.5.1. Oyunlaştırma

Eski çağlardan bu yana yaşamın bir parçası olan oyun, kültürler çerçevesinde farklı yönde gelişimler sergilemektedir. Bu nedenle toplumların oyun alışkanlıkları ve oyunlara olan ilgisi kültürel değişkenlere bağlı olarak belirgin farklılıklar göstermektedir. İnsan psikolojisinde güçlü etkisi bulunan oyunlar için dahiyane teoriler kurulmaktadır. Oyun sektörü modern çağda üç büyük ile nitelendirilmektedir; büyük para, büyük zaman ve büyük insan [36]. Sürekli gelişimin bir parçası olan ve dünya pazar payındaki yerini artıran oyunlar, oyunlaştırma alanını ortaya çıkarmıştır. Oyunlaştırma kavramı, 2003 yılında Nick Pelling ile ortaya çıkmıştır. Kavramın çıkışı 2000'li yılların başında yer edinmiş olsa da kullanım alanlarının artışı 2010 yıllarından sonra gerçekleşmiştir. Oyunlaştırma için kabul edilen en genel tanım, kişilerin yaptıkları aktivite ya da içinde bulundukları durumlara ilgisini artırarak dahil olmalarını sağlayan oyun uygulamalar geliştirmektir [37]. Oyunlaştırmanın ayırt edici

noktası oyun ilişkisi barındırmayan dijital uygulamalara ya da gündelik yaşama oyun tekniklerinin dahil edilmesidir. Kısacası oyunlaştırma kavramı, oyun felsefesini merkeze alan uyarlamaların oluşturulması olarak açıklanmaktadır. Oyunlaştırma insanların davranış stillerine ve eğlenebilmelerine odaklı geliştirildiğinden, detaylar ile ele alınan doğru analizler yapılmalı ve psikolojik etmenlerin göz önünde bulundurulduğu karmaşık metotlar ve kurgular geliştirilmelidir. Oyunlaştırma modeli dinamikler, mekanizmalar ve bileşenler kategorileri ile oluşturulmaktadır. Oyunlaştırma tasarımı oluşturulurken ise Fogg Davranış Modeli'nde vurgulanan tetikleyici, beceri ve motivasyon ölçütleri bir araya getirilmektedir. Uyumlu biçimde belirlenen faktörler tasarım için bir bütünlük sağlamaktadır [38]. Oyunlaştırma modeli kurma ve tasarlama aşamalarının detaylı faktörleri aşağıda Tablo 3.2'deki gibi ifade edilmektedir [39].

Tablo 3.2 Oyunlaştırma modeli kurma ve tasarlama aşamaları



Teknolojinin hızla geniş kitlelere yayıldığı modern dünyada kullanım alanında genişleyen yaş aralığıyla birlikte dijital ürünlere özellikle oyunlara yoğun talep bulunmaktadır. Bu talepler doğrultusunda yaşamın her alanına ait yeni neslin davranışları ve karakteristik özellikleri çerçevesinde şekillenerek sürekli gelişen uygulamalar geliştirilmektedir. Böylelikle oyunlaştırmanın kullanım alanları ve uyarlandığı alanlar da her geçen yıl hızla artmaktadır. Özellikle son yıllarda finans ve sağlık sektöründe kullanımda büyük bir artış saptanmaktadır. Dünya genelinde oyunlaştırmanın faydalandığı kullanım alanları şu şekilde sıralanmaktadır:

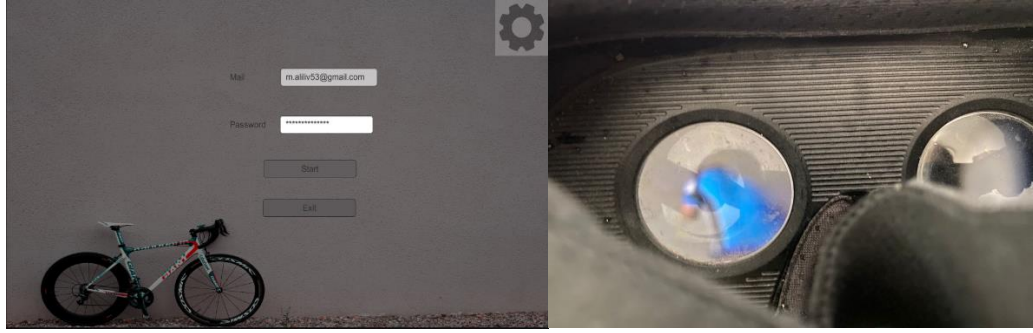
1. Perakende Sektörü
2. Bankacılık
3. Hükümet
4. Sağlık
5. Eğitim ve Araştırma
6. IT ve Telekomünikasyon

Bireyler alışkanlık haline getiremediği gerçekleştirmeyi hedeflediği konularda psikolojik anlamda destekleyici faktörlere fazlasıyla ihtiyaç duymaktadırlar. Gündelik rutinler sırasında otomatikleşen davranışlar ve alışkanlıklar göz önüne alındığında ilgi artırıcı teknolojik uygulamalar oldukça önem kazanmaktadır. Bireylerin spor yapma konusunda bilincinin ve sürekliliğinin eksik olması bu duruma örnek verilebilmektedir. Türkiye’de insanların spor alışkanlığına bakıldığında Avrupa’daki insanlara göre oldukça düşük olduğu söylenebilmektedir. GittiGidiyor firmasının 2018 yılında gerçekleştirdiği ankette spor yapma oranının %46 olduğu görülmektedir. Aynı ankette bisiklet kullanan bireyler %53 orana sahiptir. Spor yapmayan bireylerin uygulamaya geçiş aşamasında motivasyon eksikliği yaşadığı söylenilebilmektedir. Sağlık alanındaki mobil uygulamaların artışı ve bireylerin gerçekleştirdikleri aktiviteleri rahatlıkla takip edebilme fikri spor alanında oluşturulacak dijital uygulamaları pozitif yönde destekleyerek uygulamalara cezbedici bir hal katmaktadır. Spor alışkanlığı edinemeyen bireylerin motivasyon ve süreklilik konusunda eksik olmaları göz önünde alındığında oyunlaştırma tasarımı ile bir çözüm üretmek etkili bir sonuç oluşturacaktır. Bu alanda örnekler incelendiğinde global ölçekli Nike firması tarafından geliştirilen bir uygulama [40], spor yapmayı artırmaya yönelik yarış ortamı oluşturan bir oyun tasarımıdır. Oyunlaştırılarak geliştirilen bu uygulamanın diğer sağlık hizmetleri ile birleştirilerek büyük bir kullanım oranına ulaştığı görülmektedir. Bundan yola çıkarak doğru analiz ve doğru oyunlaştırma metodu ile bireylere spor alışkanlığı kazanma noktasında büyük ölçüde destek sağlanabileceği söylenebilir.

3.5.2. Sanal Gerçeklik Tabanlı Oyunun Geliştirilmesi

VR tabanlı oyuna giriş kullanıcı e-posta adresi ve şifresi ile Şekil 3.18(a)’da görülen giriş ekranından yapılmaktadır. Şekil 3.18(b)’de görülen VR gözlüğü gibi herhangi bir düşük maliyetli VR gözlüğü oyunda kullanılabilmektedir. Kullanıcı oyunda yaktığı

kaloriyi, geçirdiği süreyi ve nabız atış sayısını Şekil 3.18(c)'de gösterildiği gibi oyun ekranından takip edebilmektedir.



(a)

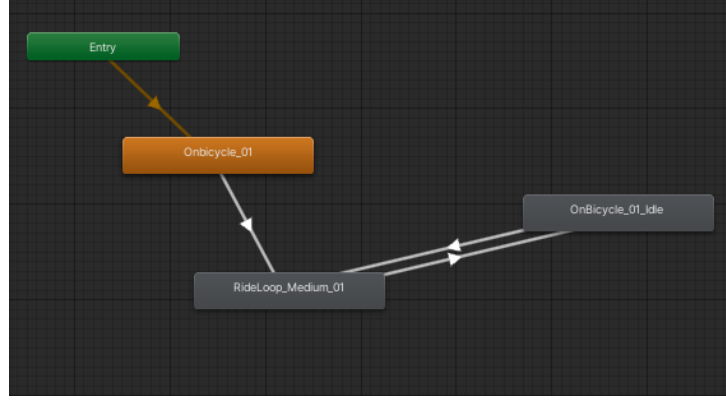
(b)



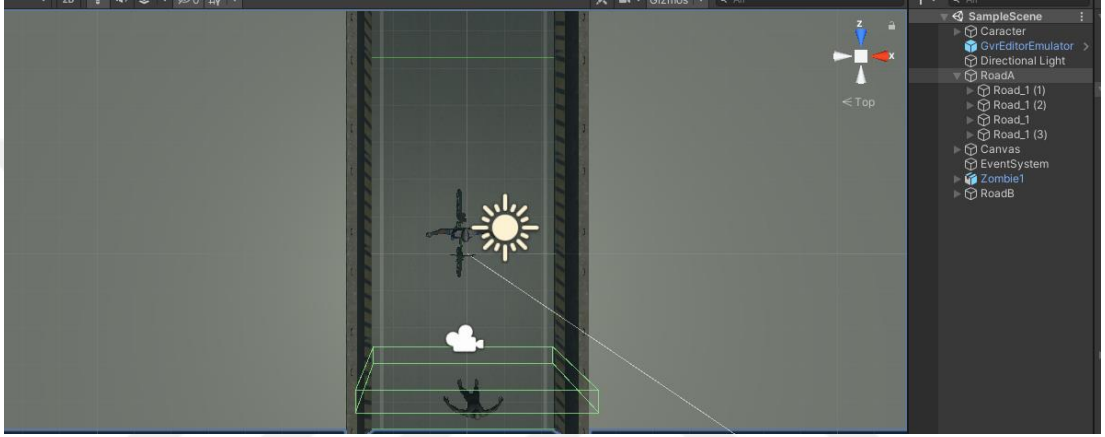
(c)

Şekil 3.18 (a) Oyun giriş ekranı, (b) VR gözlük üzerinde oyun ve (c) Oyun ekranı

Bluetooth bağlantı üzerinden gelen verilere göre, Şekil 3.19(a)'da verilen diyagramdan görüldüğü üzere animasyon başlatılır ve gelen veriye göre bisikletli karakter ilerletilir. Oyunda Şekil 3.19(b)'de üstten görünüşü verilen iki zemin kullanılmıştır. Karakter bir zeminden diğer zemine geçerken zeminin başında olan Box Collider'a dokunduğunda arkada kalan zemin karakterin bulunduğu zeminin önüne getirilmekte ve bu döngü devam ettirilerek oyunda süreklilik sağlanmaktadır. Zorluk seviyesi kullanıcı tarafından ayarlar sekmesi yardımıyla değiştirilebilmektedir. Değişen zorluk seviyesi zeminin eğimini değiştirmektedir. Döngü karakterin durmasını önlemek için onu takip eden zombi, karakteri yakalayana ya da kullanıcı oyundan çıkana kadar devam etmektedir. Kullanıcı verileri ilk olarak locale daha sonra API yardımıyla arka uca gönderilmekte ve veritabanına kaydedilmektedir. Her oyuna girişte localdeki değerler veritabanındaki değerle karşılaştırılmakta ve eğer kayıtlı değil ise kaydedilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 3.19 (a) Bisikletli animasyonu ve (b) Yol yapısı üstten görünüm

4. KULLANICI DEĞERLENDİRMELERİ

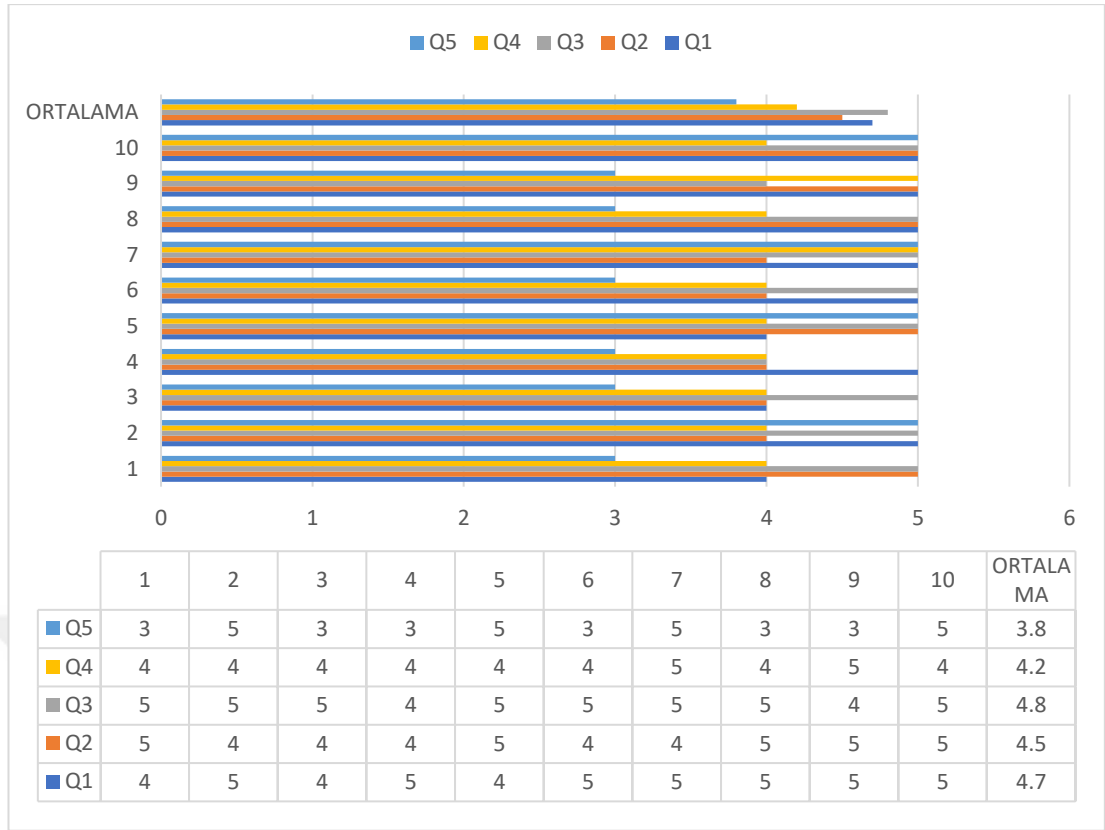
Geliştirdiğimiz sistemin iddiamız olan spor motivasyonunu artırıp artırmadığını değerlendirme için on kullanıcıya sistem kullanımı sonrası aşağıdaki sorular yöneltilmiştir:

1. Geliştirdiğimiz spor bisikletini kullanarak spor yapmak sizi daha uzun süre spor yapmaya motive etti mi?
2. Hiç spor yapma isteğiniz yokken sırf cihazımızı kullanmak için spor yaparmıydınız?
3. Klasik spor bisikletine göre cihazımız daha iyi mi?
4. Cihazımızı beğendiniz mi?
5. VR oyununu gerçekçi buluyor musunuz?

Cevap olarak aşağıdaki seçeneklerden birinin verilmesi istenmiştir:

1. Kesinlikle katılmıyorum
2. Katılmıyorum
3. Ne katılıyorum ne katılmıyorum
4. Katılıyorum
5. Kesinlikle katılıyorum

Burada kesinlikle katılmıyorum seçeneğinden kesinlikle katılıyorum seçeneğine doğru 1’den 5’e kadar puanlama yapılmıştır. Bu puanlama sonucunda Şekil 4.1’de görüldüğü gibi 1. soruya verilen cevapların puan ortalaması 4,7, 2. soruya cevap verenlerin puan ortalaması 4,5, 3. soruya cevap verenlerin puan ortalaması 4,8, 4. soruya cevap verenlerin puan ortalaması 4,2 ve 5. soruya cevap verenlerin puan ortalaması 3,8 olarak hesaplanmıştır. Genel olarak bakıldığında tüm sorulara verilen cevapların 3 ün üzerinde puan aldığı görülmektedir. Bundan dolayı geliştirdiğimiz spor bisikletinin insanlar tarafından beğenildiği ve spor motivasyonunu artırdığı yorumunu yapabiliriz. Pandemi döneminde yapılan ankette katılımcı sayısı sınırlı kalmıştır. Daha yüksek doğrulukta bir sonuç almak için örnek sayısının yani ankete katılan kişi sayısının artırılması iyi olacaktır.



Şekil 4.1 Kullanıcıların yöneltilen sorulara verilen cevaplar

5. SONUÇLAR

Günümüzde hareketsiz yaşam kaynaklı obezite büyük bir sorun haline gelmiştir. Çözüm olan sağlıklı yaşam için spor aktivitelerinin sürekliliğinin sağlanmasında yaşanan en büyük sorun motivasyon kaybı yüzünden aktivitelerin bırakılmasıdır. Ek olarak son yıllarda yaşanan Covid-19 pandemisinin getirdiği kısıtlamalar ve endişe kapalı spor salonlarına rağbeti azaltarak sorunu daha da büyötmüştür. Pandemi sonrasında insanların bir kısmının toplu spor salonlarında spor yapmak yerine bireysel olarak spor yapma alışkanlığını devam ettireceği öngörülmektedir. Bu durum ise insanların evlerinde spor yapabilmeleri için spor ekipmanları almalarına neden olacaktır. Yukarıda bahsi geçen sorunlara çözüm sağlamak adına, bu çalışmada VR teknolojisi yardımı ile sporu oyunlaştırarak daha eğlenceli bir hale getirip spor motivasyonunu artırmak ve sürekliliğini sağlamak amacıyla sanal gerçeklik tabanlı egzersiz bisikleti platformu geliştirilmiştir. Kullanıcı değerlendirmeleri bölümünde yer alan anket sonuçları cihazın bahsi geçen amaca erişmeyi sağlayacak potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Anket sonuçlarına göre kullanıcılara yöneltilen “tasarlanan cihazı kullanmak spor motivasyonunuzu artırır mı” bağlamındaki sorulara kullanıcı cevaplarının ortalaması 5 üzerinden 4’ün üzerinde çıkmıştır. Buda amacımıza ulaştığımızın göstergesidir.

Geliştirilen ürünün ticarileştirilmesi durumunda halihazırda var olan kondisyon bisikletleri karşısında VR teknolojisi yardımıyla sporu oyunlaştırarak yapmayı sağlaması nedeniyle avantaja sahip olacağı düşünülmektedir. Ayrıca elektromıknatıslar ile mekanik temas olmadan elektronik olarak yapılan zorluk seviye ayarı sayesinde, zorluk seviyesi mekanik sürtünme ile ayarlanan ve kullanım ömrü sürtünme kaynaklı azalan cihazlara göre uzun ömür avantajı sağlayacağı öngörülmektedir. Buna karşılık daha fazla elektrik tüketimi nedeniyle bir dezavantaja da sahiptir.

Çalışmanın devamında bisikletin tek bir oyuna bağlı kalmaması için bisiklet ile kullanılabilecek daha fazla VR uygulaması geliştirilebilir. Ek olarak ilerleyen dönemlerde kullanıcıların kullanım istatistiklerini takip ettiği web ara yüzünde,

kullanıcılara geçmiş verilerine göre spor programları öneren bir geliştirme yapılabilir. Web ara yüzü üzerinden diğer kullanıcılarla iletişim kurmalarına olanak sağlanarak rekabetçi bir ortam sağlanabilir. Söz konusu geliştirmelerin yapılması durumunda geliştirilen ürüne ilgi daha da artabilecektir.



KAYNAKÇA

- [1] Indiegogo, [Online]. Erişilebilirlik: <https://www.indiegogo.com/projects/virzoom-virtual-reality-bike-controller-and-games#/>, [Erişim Tarihi Temmuz 2021].
- [2] Y. Huh, G. T. Duarte and M. El Zarki, MineBike: Exergaming with Minecraft, IEEE 20th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom), pp. 1-6, 2018.
- [3] Justyna Maculewicz, Stefania Serafin and Lise Busk Kofoed, “A Stationary Bike in Virtual Reality - Rhythmic Exercise and Rehabilitation”, DCBIOSTEC 2015 – Doctoral Consortium on Biomedical Engineering Systems and Technologies, pp. 3-8, Feb. 2015.
- [4] G.Hernández–Melgarejo, D.A.Flores–Hernández, A.Luviano–Juárez, L.A. Castañeda, I.Chairez, S.Di Gennaro, “Mechatronic design and implementation of a bicycle virtual reality system”, ISA Transactions, vol. 97, pp. 336-351, Feb. 2020.
- [5] M. Ali Liv, E. Saatçı, “Sanal Gerçeklik Yardımıyla Sporu Oyunlaştırmak İçin Tasarlanan Kondisyon Bisikleti ve Oyun”, ISITES2021 - 9th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, vol. 4, Issue 1, pp. 48-55, Sakarya – Turkey, 15-17 October 2021.
- [6] J. L. Hargrove, Does the History of Food Energy Units Suggest a Solution to ‘Calorie confusion’?, Nutrition Journal, 6 (44): 1-11, 2007].
- [7] Y. Çengel ve M. A. Boles, Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, Literatür Yayıncılık/ McGraw-Hill, 1996.
- [8] R. C. Hibbeler, Mühendislik Mekaniği: Dinamik, Literatür Yayıncılık, 2016.

- [9] D. G. Wilson, ve T. Schmidt, Bicycle Science, MIT Press, 2004.
- [10] RT, [Online]. Erişilebilirlik: <https://www.rapidtables.org/tr/convert/energy/cal-to-kj.html>, [Erişim Tarihi Aralık 2021].
- [11] Türk Kalp Vakfı, [Online]. Erişilebilirlik: <https://tkv.org.tr/saglikli-bilgiler/makaleler/egzersiz-ve-kalp>, [Erişim Tarihi Ağustos 2021].
- [12] P. Sai, S. Bapanapalle, K. Praveen and M. P. Sunil, Pedometer and Calorie Calculator for Fitness Tracking Using MEMS Digital Accelerometer, in International Conference on Inventive Technologies, 2016.
- [13] S. Büyükçocan, Enteral Beslenme Uygulanan Yoğun Bakım Hastalarında İki Farklı Gastrit Rezidüel Volüm İzlem Protokolünün Karşılaştırılması, Uzmanlık Tezi Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 2008.
- [14] B. E. Ainsworth, W. L. Haskell, S. D. Hermann, N. Meckes, Jr D. R. Bassett, C. Tudor-Locke, J. L. Greer, J. Vezina, M. C. Whitt-Glover and A. S. Leon, Compendium of Physical Activities Tracking Guide, Healthy Lifestyles Research Center, College of Nursing & Health Innovation, Arizona State University, 2011.
- [15] M. B. Aerts, W. F Abdo and B. R. Bloem, The “Bicycle Sign” For Atypical Parkinsonism, Lancet, 377: 125-126, 2011.
- [16] S. Batcir, Y. Livne, R. Lev Lehman vd., Development and Piloting of A Perturbation Stationary Bicycle Robotic System That Provides Unexpected Lateral Perturbations During Bicycling (The Perstbiro System), BMC Geriatr, 21 (71), 2021.
- [17] M. Burunkaya, Design and Implementation of An Exercise Monitor for A Clean Energy Producing Exercise Bicycle, in 4th International Conference On Electrical And Electronic Engineering (ICEEE), 2017.

- [18] D. M. Cutler and R. S. Huckman, Technological Development and Medical Productivity: the Diffusion of Angioplasty in New York State, *Journal Of Health Economics*, 22 (2): 187–217, 2003.
- [19] C. G. Song, J. Y. Kim and N. G. Kim, A New Postural Balance Control System for Rehabilitation Training Based on Virtual Cycling, *IEEE Trans, Inform, Technol, Biomed*, 8 (2): 200-207, 2004.
- [20] Houtz, S. J., and Frederick J. Fischer. “An Analysis of Muscle Action and Joint Excursion During Exercise on a Stationary Bicycle.” *The Journal of Bone & Joint Surgery*, vol. 41, no. 1, 1959, pp. 123–31. Crossref, <https://doi.org/10.2106/00004623-195941010-00014>
- [21] B. G. Schultz and F. T. Vugt, Tap Arduino: An Arduino Microcontroller for Low-Latency Auditory Feedback in Sensorimotor Synchronization Experiments, *Behavior Research Methods*, 48 (4): 1591-1607, 2015.
- [22] Setia, Varun. “Understanding .NET Framework, .NET Core, .NET Standard And Future .NET.” *C# CORNER*, 11 Mart 2020, www.c-sharpcorner.com/blogs/understanding-net-framework-net-core-and-net-standard-and-future-net, [Erişim Tarihi Kasım 2021].
- [23] D. Orenstein, Application Programming Interface, *Computerworld*, 34 (2): 66, 2000.
- [24] L. Garber, The Lowly API is Ready to Step Front and Center, *Computer*, 46 (8): 14-17, 2013.
- [25] B. De, API Management: An Architect's Guide to Developing and Managing APIs for Your Organization. Berkeley, CA: Apress, 2017.
- [26] Wikipedia, REST, [Online]. Erişilebilirlik: <https://tr.wikipedia.org/wiki/REST>, [Erişim Tarihi Kasım 2021].

- [27] Coding Infinite, [Online]. Erişilebilirlik: <https://codinginfinite.com/top-10-asp-net-core-features-need-know/>, [Erişim Tarihi Kasım 2021].
- [28] M. C. Silva Filho, R. L. Oliveira, C. C. Monteiro, P. R. M. Inácio and M. M. Freire. ‘CloudSim Plus: A cloud computing simulation framework pursuing software engineering principles for improved modularity, extensibility and correctness’. *2017 IFIP/IEEE Symposium on Integrated Network and Service Management (IM)*. N.p., 2017. 400–406.
- [29] P. Apostolellis and D. A. Bowman, Evaluating the Effects of Orchestrated, Game-Based Learning in Virtual Environments For Informal Education, Proceedings of the 11th Conference On Advances in Computer Entertainment Technology - ACE, New York, USA: ACM Press, 2014.
- [30] S. K. S. Cheung, J. Fong, W. Fong, F. L. Wang and L. F. Kwok, Hybrid Learning and Continuing Education, Berlin: Heidelberg: Springer, 2013.
- [31] Internet Archive Wayback Machine [Online]. Erişilebilirlik: http://web.archive.org/web/20100114191355/http://sega16.com/feature_page.php?id=5&title=Sega [Erişim Tarihi Kasım 2021].
- [32] H.M. Huang, U. Rauch ve S.S. Liaw, Investigating Learners Attitudes Toward Virtual Reality Learning Environments: Based On A Constructivist Approach, *Computers & Education*, 55 (3): 1171–1182, 2010.
- [33] D. Kushner, Virtual Reality’s Moment, *IEEE Spectrum*, 51 (1): 34–37, 2014.
- [34] T. Mazuryk and M. Gervautz, Virtual Reality History, Applications, Technology and Future, *Virtual Reality*, pp. 1-73, 1999.
- [35] R. Page, Brief History of Flight Simulation, *Proceedings of The Simtect 2000*, pp. 1–11, 2000.

- [36] B. Reeves, and J. L. Read, Total Engagement: Using Games and Virtual Worlds to Change the Way People Work and Businesses Compete, Harvard Business School Press, 2009.
- [37] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, and L. Nacke,. From Game Design Elements To Gamefulness: Defining Gamification, Proceedings of The 15th International Academic Mindtrek Conference, 2011.
- [38] Xu, Yongwen, and Honolulu Hi. "Literature review on web application gamification and analytics. *CSDL Technical Report 11-05*. Honolulu: University of Hawaii, 2011.
- [39] K. Werbach and D Hunter, For The Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business, Wharton Digital Press, 2012.
- [40] NTC APP, [Online] Erişilebilirlik: <https://www.nike.com/tr/ntc-app>, [Erişim Tarihi Kasım 2021].

EKLER

EK 1. Kadınlarda 30 Dakikalık Bisiklet Sürme Aktivitesinde Yakılan Kalori Tablosu

Yaş Aralığı	Ağırlık (kg)	Boy (cm)	Kalori (kcal)	Boy (cm)	Kalori (kcal)	Boy (cm)	Kalori (kcal)	Boy (cm)	Kalori (kcal)	Boy (cm)	Kalori (kcal)
12-18	60	150	212	160	212	170	212	180	213	190	213
	70	150	229	160	229	170	230	180	230	190	230
	80	150	246	160	246	170	247	180	247	190	247
	90	150	263	160	264	170	264	180	264	190	264
	100	150	280	160	281	170	281	180	281	190	281
19-25	60	150	206	160	206	170	207	180	207	190	207
	70	150	223	160	223	170	224	180	224	190	224
	80	150	240	160	241	170	241	180	241	190	241
	90	150	257	160	258	170	258	180	258	190	259
	100	150	275	160	275	170	275	180	275	190	275
26-32	60	150	200	160	200	170	201	180	201	190	201
	70	150	217	160	217	170	218	180	218	190	218
	80	150	234	160	235	170	235	180	235	190	235
	90	150	252	160	252	170	252	180	252	190	253
	100	150	269	160	269	170	269	180	270	190	270
33-39	60	150	194	160	194	170	195	180	195	190	195
	70	150	211	160	212	170	212	180	212	190	212
	80	150	228	160	229	170	229	180	229	190	230
	90	150	246	160	246	170	246	180	246	190	247
	100	150	263	160	263	170	263	180	264	190	264
40-46	60	150	189	160	190	170	190	180	190	190	190
	70	150	207	160	207	170	207	180	207	190	208
	80	150	224	160	224	170	224	180	225	190	225
	90	150	241	160	241	170	242	180	242	190	242
	100	150	258	160	259	170	259	180	259	190	259
47-53	60	150	186	160	186	170	186	180	187	190	187
	70	150	203	160	204	170	204	180	204	190	204
	80	150	221	160	221	170	221	180	222	190	222
	90	150	238	160	238	170	239	180	239	190	239
	100	150	256	160	256	170	256	180	257	190	257

Tablo (devam)

54-60	60	150	180	160	180	170	180	180	181	190	181
	70	150	197	160	198	170	198	180	198	190	198
	80	150	215	160	215	170	215	180	216	190	216
	90	150	232	160	232	170	233	180	233	190	233
	100	150	250	160	250	170	250	180	250	190	250
61-67	60	150	174	160	174	170	174	180	175	190	175
	70	150	191	160	192	170	192	180	192	190	192
	80	150	209	160	209	170	209	180	210	190	210
	90	150	226	160	226	170	227	180	227	190	227
	100	150	244	160	244	170	244	180	244	190	244
68-75	60	150	172	160	172	170	173	180	173	190	173
	70	150	190	160	191	170	191	180	191	190	191
	80	150	208	160	208	170	209	180	209	190	209
	90	150	226	160	226	170	227	180	227	190	227
	100	150	244	160	244	170	243	180	244	190	244

EK 2. Erkeklerde 30 Dakikalık Bisiklet Sürme Aktivitesinde Yakılan Kalori Tablosu

Yaş Aralığı	Ağırlık (kg)	Boy (cm)	Kalori (kcal)	Boy (cm)	Kalori (kcal)	Boy (cm)	Kalori (kcal)	Boy (cm)	Kalori (kcal)	Boy (cm)	Kalori (kcal)
12-18	60	150	247	160	248	170	250	180	251	190	252
	70	150	287	160	288	170	289	180	291	190	292
	80	150	327	160	328	170	329	180	330	190	332
	90	150	366	160	368	170	369	180	370	190	371
	100	150	406	160	407	170	409	180	210	190	410
19-25	60	150	233	160	234	170	236	180	237	190	238
	70	150	273	160	274	170	275	180	277	190	278
	80	150	313	160	314	170	315	180	317	190	318
	90	150	353	160	354	170	355	180	356	190	358
	100	150	392	160	394	170	395	180	396	190	396
26-32	60	150	219	160	221	170	222	180	223	190	224
	70	150	259	160	260	170	262	180	263	190	264
	80	150	299	160	300	170	301	180	303	190	304
	90	150	339	160	340	170	342	180	342	190	344
	100	150	379	160	380	170	381	180	386	190	386
33-39	60	150	208	160	209	170	210	180	211	190	213
	70	150	248	160	249	170	250	180	252	190	253
	80	150	288	160	289	170	291	180	292	190	293
	90	150	328	160	330	170	331	180	334	190	335
	100	150	372	160	373	170	375	180	374	190	374
40-46	60	150	204	160	205	170	206	180	207	190	209
	70	150	246	160	247	170	248	180	250	190	251
	80	150	288	160	289	170	291	180	292	190	293
	90	150	327	160	331	170	331	180	333	190	335
	100	150	372	160	374	170	375	180	372	190	372
47-53	60	150	196	160	197	170	199	180	200	190	202
	70	150	240	160	241	170	243	180	244	190	245
	80	150	284	160	285	170	287	180	288	190	289
	90	150	323	160	329	170	330	180	332	190	333
	100	150	371	160	373	170	374	180	370	190	370

EK. 2 (devam)

54-60	60	150	192	160	193	170	195	180	196	190	198
	70	150	285	160	240	170	241	180	243	190	244
	80	150	285	160	286	170	286	180	289	190	285
	90	150	321	160	328	170	329	180	320	190	331
	100	150	371	160	372	170	368	180	369	190	369
61-67	60	150	185	160	187	170	188	180	190	190	192
	70	150	234	160	236	170	238	180	239	190	241
	80	150	284	160	285	170	283	180	282	190	285
	90	150	321	160	328	170	327	180	317	190	320
	100	150	371	160	373	170	368	180	369	190	369
68-75	60	150	180	160	182	170	183	180	185	190	187
	70	150	233	160	235	170	236	180	238	190	240
	80	150	286	160	286	170	280	180	281	190	284
	90	150	320	160	327	170	324	180	317	190	329
	100	150	369	160	367	170	367	180	369	190	369