ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GERÇEK ZAMANLI KONUM BELİRLEME UYGULAMASI

Erkan MERAL

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2017

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Erkan MERAL tarafından hazırlanan **"Gerçek Zamanlı Konum Belirleme Uygulaması"** adlı tez çalışması 05/06/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mehmet Serdar GÜZEL

Jüri Üyeleri:

Başkan: Doç. Dr. Süleyman TOSUN
Hacettepe Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mehmet Serdar GÜZEL
Ankara Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Yrd. Doç. Dr. Gazi Erkan BOSTANCI
Ankara Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN
Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

05/06/2017



Erkan MERAL

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GERÇEK ZAMANLI KONUM BELİRLEME UYGULAMASI

Erkan MERAL

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mehmet Serdar GÜZEL

GPS (Küresel Konum Belirleme Sistemi), düzenli olarak kodlanmış bilgi yollayan bir uydu ağıdır ve uydularla alıcı arasındaki mesafeyi ölçerek Dünya üzerindeki kesin yeri tespit etmeyi mümkün kılar. GPS uyduları devamlı olarak radyo sinyalleri yayarlar. GPS alıcıları da bu sinyalleri alırlar.

Çalışma ile GPS alıcısı olarak kullanılacak elektronik bir devre ile GPS uydularından çekilecek verileri işleyen ve alıcının bulunduğu konumu gösteren bir sistem tasarlanacaktır. Ayrıca gerçek zamanlı konum izleme işlemleri sürekli olarak yapılabilecektir.

Genel olarak konum bulma uygulamalarında GPS, GPRS ve GSM teknolojileri kullanılmaktadır. Bu çalışmada konum bulmada GPS teknolojisi kullanılırken, GPRS ve GSM teknolojileri sistem geliştirilirken yardımcı teknolojiler olarak kullanılmıştır.

GPS uydularından konuma ilişkin veriler bir miktar hata ile alınmaktadır. Bu hata uyduların yaydıkları sinyallerin gürültülü oluşundan kaynaklanmaktadır. Çalışmada, bu hataların azaltılması için GPS alıcısından elde edilen veriler üzerinde Kalman filtresi ve Average filtresi uygulanmıştır.

Çalışmada cihaz için bir geofencing alanı belirlenmiştir. Cihaz bu alandan çıkarıldığında cihaz üzerinden bir akıllı telefona SMS gönderilecektir.

Haziran 2017, 82 sayfa

Anahtar Kelimeler: GPS, GPRS, Arduino, SIM908, Konum Belirleme, HTTP, PHP, Google Haritalar, Kalman Filtresi

ABSTRACT

Master Thesis

REAL-TIME GEOLOCATION TRACKING APPLICATION

Erkan MERAL

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Computer Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Mehmet Serdar GÜZEL

GPS (Global Positioning System) is a satellite network that transmits regularly encoded information and makes it possible to pinpoint the exact location on Earth by measuring the distance between satellites and the receiver. GPS satellites continually emit radio signals. GPS receivers also receive these signals.

The study will design a system that displays the location of the receiver and the receiver that processes the data from the GPS satellites with an electronic circuit that will be used as a GPS receiver. In addition, real-time location tracking operations can be performed continuously.

Generally, GPS, GPRS and GSM technologies are used in location finding applications. While GPS technology was used to find the position in this work, GPRS and GSM technologies were used as auxiliary technologies when developing the system.

The positional data from GPS satellites is received with some error. This error stems from the noise of the signals the satellites have stored. In the study, Kalman filter and Average filter were applied on the data obtained from the GPS receiver to reduce these faults.

A geofencing area for the device was specified in the study. When the device is removed from this area, an SMS will be sent to a smartphone via the device.

June 2017, 82 pages

Key Words: GPS, GPRS, Arduino, SIM908, Geofencing, Tracking, HTTP, PHP, Google Maps, Kalman Filter

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında yardımlarını ve fikirlerini paylaşmayı esirgemeyen önceki tez danışmanım Prof. Dr. Baki KOYUNCU'ya (Ankara Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı), özenle çalışarak hazırladığım bu projenin sonuca kavuşturulmasında büyük katkısı olan çok değerli tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Mehmet Serdar GÜZEL'e (Ankara Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı) ve uzun süren çalışmamın her aşamasında birçok fedakârlık göstererek bana destek veren eşime en içten duygularımla teşekkür ederim.

Erkan MERAL
Ankara, Haziran 2017

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI
ETİK i
ÖZET ii
ABSTRACT iii
TEŞEKKÜR iv
SİMGELER DİZİNİ vi
ŞEKİLLER DİZİNİ vii
ÇİZELGELER DİZİNİ viii
1. GİRİŞ 1
2. KURAMSAL TEMELLER 6
2.1 GPS 6
2.2 GPRS 10
2.3 GSM 11
2.4 ARDUINO 12
3. MATERYAL ve YÖNTEM 14
3.1 Materyal 14
3.2 Yöntem 14
3.2.1 SIM908 konfigürasyonu 16
3.2.2 SIM908 - Arduino entegrasyonu 18
3.2.3 Konumun görüntülenmesi 21
3.2.4 Sonuçlara Kalman filtresinin uygulanması 29
3.2.5 Sonuçlara Average (Ortalama) filtresinin uygulanması 34
3.2.6 Geofencing uygulaması 36
3.2.7 SMS gönderimi 39
4. BULGULAR ve TARTIŞMA 41
5. SONUÇ 75
5.1 Değerlendirme 75
5.2 Öneriler 77
KAYNAKLAR 79
ÖZGEÇMİŞ 82

SİMGELER DİZİNİ

gr	Gram
m	Metre
km	Kilometre
kHz	Kilohertz
MHz	Megahertz
Kbps	Saniyede Kilobit
2-D	İki boyutlu
3-D	Üç boyutlu

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
API	Application Programming Interface
APN	Access Point Name
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications
GUI	Graphical User Interface
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
PC	Personal Computer
PHP	Hypertext Preprocessor
SMS	Short Message Service
USB	Universal Serial Bus

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Dört GPS Alıcı Arasındaki İlişki ve Referans Nokta (Song ve Jee 2016) 2
Şekil 2.1 GPS uyduları (www.navigasyon.com.tr 2013) 7
Şekil 2.2 GPS uydu görüntüsü (www.belgeci.com 2011) 7
Şekil 2.3 Konum tahmini – 1 8
Şekil 2.4 Konum tahmini - 2 9
Şekil 2.5 Konum tahmini - 3 9
Şekil 2.6 GSM şeması (www.elektrikport.com 2013) 12
Şekil 3.1 Proje iş akışı 15
Şekil 3.2 SIM908 modülü ön yüzü (Koyuncu vd. 2015) 16
Şekil 3.3 SIM908 modülü arka yüzü (Koyuncu vd. 2015) 17
Şekil 3.4 SIM908 modülü arka yüzü (antenler takılmış) 18
Şekil 3.5 Yazılım yükleme iş akışı 19
Şekil 3.6 SIM908 - Arduino entegrasyonu 20
Şekil 3.7 Google Maps konum gösterimi (harita görünümü) 28
Şekil 3.8 Google Maps konum gösterimi (uydu görünümü) 29
Şekil 3.9 Geofencing uygulaması 37
Şekil 4.1 Açık hava cihaz verileri hata miktarı grafiği 45
Şekil 4.2 Açık hava cihaz verileri Google Maps konum gösterimi 46
Şekil 4.3 Bulutlu hava cihaz verileri hata miktarı grafiği 49
Şekil 4.4 Bulutlu hava cihaz verileri Google Maps konum gösterimi 51
Şekil 4.5 Açık hava cihaz - Kalman verileri enlem değişim grafiği 54
Şekil 4.6 Açık hava cihaz - Kalman verileri boylam değişim grafiği 55
Şekil 4.7 Açık hava cihaz - Kalman verileri hata miktarı değişim grafiği 56
Şekil 4.8 Açık hava Kalman verileri Google Maps konum gösterimi 57
Şekil 4.9 Bulutlu hava cihaz - Kalman verileri enlem değişim grafiği 60
Şekil 4.10 Bulutlu hava cihaz - Kalman verileri boylam değişim grafiği 61
Şekil 4.11 Bulutlu hava cihaz - Kalman verileri hata miktarı değişim grafiği 62
Şekil 4.12 Bulutlu hava Kalman verileri Google Maps konum gösterimi 63
Şekil 4.13 Açık hava cihaz - Average verileri hata miktarı değişim grafiği 66
Şekil 4.14 Açık hava Average verileri Google Maps konum gösterimi 68
Şekil 4.15 Bulutlu hava cihaz - Average verileri hata miktarı değişim grafiği 71
Şekil 4.16 Bulutlu hava Average verileri Google Maps konum gösterimi 72

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Bileşenler 14
Çizelge 3.2 "gps.txt" dosyası örneği 26
Çizelge 3.3 Kalman filtresi uygulama adımları 33
Çizelge 3.4 Average filtresi uygulama adımları 36
Çizelge 4.1 Açık hava cihaz verileri 42
Çizelge 4.2 Bulutlu hava cihaz verileri 47
Çizelge 4.3 Açık hava Kalman verileri 52
Çizelge 4.4 Bulutlu hava Kalman verileri 58
Çizelge 4.5 Açık hava Average verileri 64
Çizelge 4.6 Bulutlu hava Average verileri 68
Çizelge 4.7 Cihaz - Kalman - Average verilerine göre hata miktarları 73

1. GİRİŞ

Çalışma ile GPS (Global Positioning System), GPRS (General Packet Radio Service) ve GSM (Global System for Mobile Communications) teknolojilerinin birlikte kullanımı ile gerçek zamanlı bir takip sisteminin oluşturulması sağlanacaktır. Bu sistem ile cihazın yerleştirildiği bir otomobilin takibi yapılabileceği gibi, cihazın bir çocuğun üzerine yerleştirilmesiyle birlikte çocuk takibi de yapılabilecektir. Aslında bu tür sistemler günlük yaşantıda birçok alanda kullanılmaktadır.

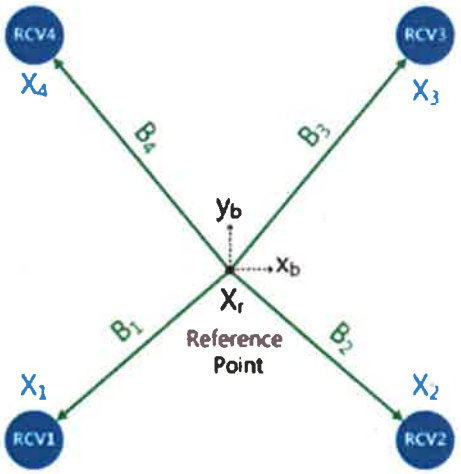
Bu çalışma hazırlanırken, çeşitli uygulamalardan ve bu uygulamalar üzerine yazılmış bilimsel çalışmalar ve kaynaklardan yararlanılmıştır. Kullanım alanlarının çok fazla olmasından dolayı çalışmalar çok çeşitli alanların araştırılmasına dayanmaktadır. Örneğin bir çalışma (Monti vd. 2016) bir hırsız önleyici sistemin tasarlanmasını anlatırken, bir diğer çalışma (Beeco ve Hallo 2014) seyahat ederken kaybolmamak adına kullanılabilecek bir sistemi anlatmakta ve bir başkası (Giménez ve Puyalto 2014) sahip olduğu koyunların kaybolmaması için kullanılabilecek sistemi anlatmaktadır. Aslında sonuç itibariyle tüm sistemler birbirine benzemekte ancak kullanım alanları farklı olarak ele alınmakta ve kullanım amaçlarına göre çalışmalar özelleştirilmektedir. Bununla birlikte bir kaynakta (Kahveci ve Yıldız 2005) ise herhangi bir alana ait konum belirleme olayından yola çıkmayıp tüm alanlarda kullanılabilecek genel bir konum belirleme çalışması anlatılmaktadır.

GPS aynı zamanda savunma sanayi alanlarında da yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu konudaki çalışma ve kaynaklar incelenmiş olup bir kaynakta (Easton 2013) savaş ortamlarında GPS teknolojisinden nasıl yararlanılacağı konusunda yapılan araştırmalar anlatılmıştır. Bir çalışma (Barbour 2016) ise donanma ve filolara ait ekipmanların GPS ile takip edilebileceği konusu üzerinde durmuştur.

GPS ile konum belirleme çalışmalarında göze çarpan en büyük olgu GPS alıcısının GPS uydularından aldığı konum değerlerinin gerçek konum değerleri arasındaki hata payının varoluşudur. Bu değer ne kadar düşükse bulunan konum değerleri gerçek konum değerlerine o kadar yakın olacaktır. Çalışma hazırlanırken, bahsi geçen hata oranının

düşürülmesi üzerine yapılan bazı çalışmalardan da yararlanılmıştır. Örneğin bir çalışmada (Panda ve Gedam 2016) GPS sinyallerinin frekans değerlerindeki İyonosfer katmanına bağlı olarak meydana gelen hataların azaltılma teknikleri anlatılırken, bir çalışma (Nechaeva vd. 2016) GPS sinyallerinin alımına ilişkin bazı ölçümleri ve iyileştirmeleri anlatmakta, bir kaynak (Series 2013) GPS alıcılarında kullanılan GPS antenlerinin tipleri ve doğru verileri çekme konusundaki yetkinliklerini anlatmakta, bir çalışma (Sokolović vd. 2015) GPS alıcılarındaki sinyal senkronizasyonunun geliştirilmesi konularına değinmekte ve bir çalışma (Bauder 2015) ise GPS destekli hız analizini anlatmaktadır.

Bir çalışmada (Song ve Jee 2016), kentsel bir alanda GPS ile konum belirlenirken ortaya çıkan konumdaki hata miktarını düşürüp gerçek değerlere yakın bir konumun belirlenmesi için birden fazla GPS alıcısı kullanılması üzerine çalışılmıştır. Bunun için 4 farklı GPS alıcısı kullanılmış ve kentsel bir alanda bu cihazlar belirli bir noktada bulundurulup çalıştırılmıştır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Dört GPS Alıcı Arasındaki İlişki ve Referans Nokta (Song ve Jee 2016)

Alıcı cihazlar üzerinden alınan konum değerleri X_1, X_2, X_3 ve X_4 noktaları olacak şekilde gösterilmiştir. Şekil 1.1 üzerinde gösterilen bu noktalar üzerinde yapılan çeşitli ölçümler ve hesaplamalar ile (Örneğin; 4 noktanın aritmetik ortalamasının alınması gibi...) konum değerlerine daha da yaklaşıldığı düşüncesi ortaya atılmıştır. Nihai olarak

hesaplanan konum değerleri X_r referans noktası olarak ifade edilmiştir.

GPS ile konum bulma üzerine yukarıda bahsi geçen kaynaklar ve çalışmalar genelde belirli alanlara GPS'in kullanımına hitap ederken bu çalışma herhangi bir alana özel hazırlanmamış, GPS'in kullanılabileceği tüm alanları içerecek şekilde kurgulanmıştır.

GPS kullanılan tüm projelerde GPS verilerinin alınabileceği GPS alıcıları kullanılmaktadır. Bu çalışmada GPS alıcısı olarak, GPRS+GPS+GSM teknolojilerini kullanım yeteneğine sahip Arduino devrelerine entegre edilen SimCom SIM908 modülü kullanılmıştır. Bu entegrasyonla elde edilen cihaz, konum belirleme işlemi için alıcı görevini üstlenecek ve içerdiği yazılımla bazı özel işlevselliklerden yararlanılarak gerçek zamanlı konumun takip edilebilmesine olanak sağlayacaktır.

Çalışmada GPS koordinatları olan enlem (latitude) ve boylam (longitude) bilgileri ve konuma ait diğer bilgiler entegrasyon sonucu oluşturulan GPS alıcısı ile okunur ve HTTP (Hyper Text Transfer Protocol) aracılığıyla bir web sunucusuna aktarılır. Bir web tarayıcısı kullanılarak Google Maps API (Application Programming Interface) araçlarını kullanan bir PHP web sayfası yüklenir ve bu sayfada gerçek zamanlı olarak konum bilgisi görüntülenir.

Çalışmanın amacı; alıcı olarak kullanılan elektronik devreye proje kapsamında hazırlanan yazılımın aktarılması, PC ile bağlantı kurulmadan devreye güç iletilmesi, cihazı elinde bulunduran bir insanın mobil cihazlar üzerinden web üzerindeki haritalar üzerinde konumunun görülebilmesi ve kişinin belirlenen alanlardan dışarı çıktığında cihazın SMS ile ya da çağrı bırakacak şekilde bir akıllı telefona bilgi vermesidir.

Konum belirleme üzerine yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde, konum bilgileri GPS uydularından alınıp bir yazılımda işletilerek haritada konum şekilde gösterilebildiği görülmektedir. Aynı şekilde GSM şebekeleri ya da kablosuz ağ alanları da konum belirleme işlemlerinde kullanılabilmektedir. Bu çalışmada GSM ve GPRS konum bulmada yardımcı olmaktan ziyade; GPRS, GPS kullanılarak bulunan konumun web

üzerine aktarımında, GSM ise belirli işlemler gerçekleştirildiğinde uyarı verilmesi adına SMS gönderme işleminde kullanılmıştır. Yani cihazın gösterdiği konum, sadece GPS uydularından elde edilen verilerin bazı yazılımlar üzerinde işlenerek elde edilmiştir. Kısaca GPRS ve GSM yardımcı teknolojiler olarak kullanılmıştır. Ancak GPS alıcısı olarak kullanılan ve çalışma kapsamında oluşturulan devre, çalışma kapsamında hazırlanan kod ile çalışmaktadır. Böylece bu yazılımın geliştirilmesiyle çalışmanın daha da farklılaştırılabilmesine olanak sağlanabilecektir. Diğer bir deyişle sistem, içerisinde barındırdığı yazılımın geliştirilmesiyle daha da geliştirilebilecektir.

GPS alıcısı olarak kullanılacak elektronik cihaz, cihazın yeryüzünde bulunduğu konumu bazı faktörlere göre değişen bir hata payı ile vermektedir. Çalışma kapsamında GPS'den alınan bu konum verilerinin iyileştirilebilmesi için bazı çalışmalar yapılmıştır.

GPS'den alınan değerlerin bir miktar hatalı gelmesinin kaynağı GPS uydularından alınan sinyallerdeki ufak değişikliklerdir (Beşdok ve Özçelik 2009). Ayrıca GPS sinyallerinin alıcıya ulaşmasındaki gecikmeler de hesaplamalarda bazı sapmalara sebep vermektedir. Sinyallerdeki oluşan ufak çaplı bozulmalar literatürde gürültü (noisy) olarak tabir edilmektedir. Gürültüler sonucunda konum verilerinde bazı hatalar meydana gelmektedir. Gürültüler nedeniyle oluşan bu hataların elemine edilmesi ya da etkisinin minimum seviyelere çekilebilmesi için veriler bazı filtrelerden geçirilmektedir (Çayıroğlu 2012).

Gürültünün oluşması sinyal işleme yapılan birçok alanda kaçınılmazdır. Gürültüleri yok etmek için yapılan filtreleme çalışmaları da alandan alana değişiklik göstermektedir.

GPS uydularından gelen sinyalin işlenmesi anında elde edilen veriler için en uygun filtrelerden birisi Kalman filtresidir (Çayıroğlu 2012). Kalman filtresinin uygulanmasındaki amaç sinyallerde ani olarak meydana gelen büyük çaptaki değişikliklerin sistemden elde edilen önceki verilerden yola çıkarak sistemi büyük ölçekte etkilemesini önlemektedir. Bu çalışmada da verilerin Kalman filtresinden geçirilmesi sonucunda alıcı cihazın belirlediği konumlarda meydana gelen ani değişiklikler önlenmesi planlanmaktadır (Babacan vd. 2011). Sistemde meydana gelen

bu değişimlerin önlenmesi için veriler üzerinde Kalman filtresinin uygulanması sonucu konum verilerinin gerçeğe daha yakın olabileceği düşünülmektedir (Gomez vd. 2013). Kalman filtresinin uygulanmasına ait çalışma detayları Bölüm 3.2.4'de anlatılmıştır.

Sinyal işlemenin yapıldığı birçok çalışmada uygulanan filtrelerden birisi de Average filtresidir (Lee 1981). Bu filtre normalde resimler üzerindeki keskin geçişlerin yok edilmesi için kullanılmaktadır. Filtre, resimdeki piksel değerleri üzerinde aritmetik ortalama hesabına dayanmakta olup genel bir filtre olması sebebiyle resimler dışında da birçok alanda kullanılabilmektedir (Alvarez-Ramirez vd. 2005). GPS konumlarında da iyileşme gösterebileceği düşüncesiyle bu çalışmada da konum verileri üzerinde uygulanmıştır. Average filtresinin uygulanmasına ait çalışma detayları Bölüm 3.2.5'de anlatılmıştır.

Resimler üzerinde Average filtresinin yanında çoğunlukla K-Means, K-NN (K Nearest Neighborhood) gibi algoritmalar da kullanılmaktadır. K-Means algoritması resimdeki nesnelerin kümelere ayrılmasını (clustering) sağlarken, K-NN algoritması yeni gelen elemanların hangi sınıfa ait olduğunun karar verilmesinde kullanılan bir algoritmadır (Wen 2008). Bu çalışmada GPS'den alınan verilere göre elde edilen konumların iyileştirilmesi amaçlandığından bu algoritmaların çalışmaya katkı sağlamayacağı düşünülmüş ve algoritmalar çalışma kapsamında değerlendirilmemiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

Çalışmanın nasıl gerçekleştirildiğinin anlatımına başlanmadan önce çalışma içerisinde geçen bazı kavramlardan bahsedilmesinin anlamlı olacağı düşünülmüştür.

Bu bağlamda GPS nedir, çalışma mantığı nedir, hangi alanlarda kullanılır; GPRS ve GSM nedir; Arduino kartı nedir, ne işe yarar, türleri nelerdir gibi sorulara yanıt verilmesi öngörülmüştür.

Tüm çalışma kapsamına bakıldığında en önemli olayın konumun belirlenmesi işlemi olduğu görülmektedir. Bu işlemin gerçekleştirilmesinde GPS rol almakta ve böylelikle ilk ele alınması gereken konunun da GPS olduğu değerlendirilmektedir.

2.1 GPS

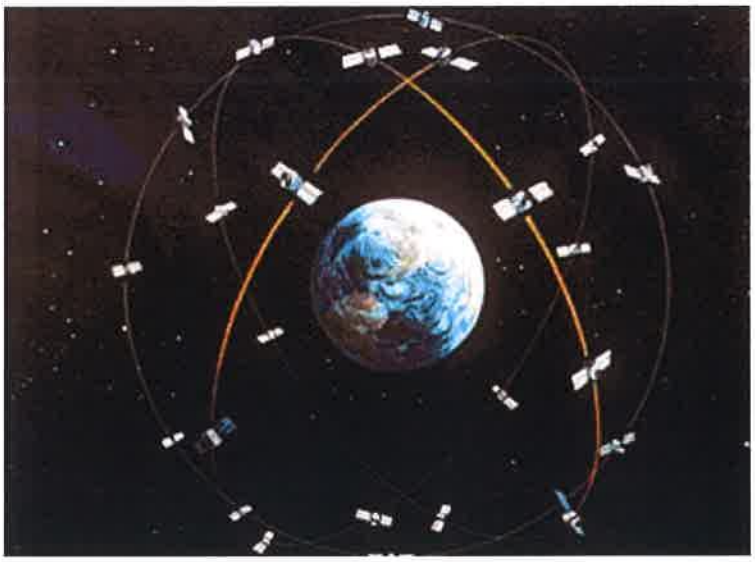
Çalışma için büyük önemi olan GPS alıcıları GPS uyduları ile haberleşirler. GPS uyduları dünyanın yörüngesinde konumlanmıştır. Yörüngede toplam 27 tane GPS uydusu (Şekil 2.1) vardır. Bu uyduların 24 tanesi sürekli çalışacak şekilde değerlendirilirken, geriye kalan 3 tanesi olağanüstü durumlarda kullanılmak üzere yedek olarak bulundurulmaktadır.

Her biri ortalama 453 gr olan ve güneş enerjisi ile çalışan uydular (Şekil 2.2) 12000 mil hızla hareket etmekte olup 24 saatte 2 turu tamamlamaktadırlar. Kurulan sistematiğe göre her an en az 4 GPS uydusu gökyüzünden görünebilir şekilde olmaktadır.

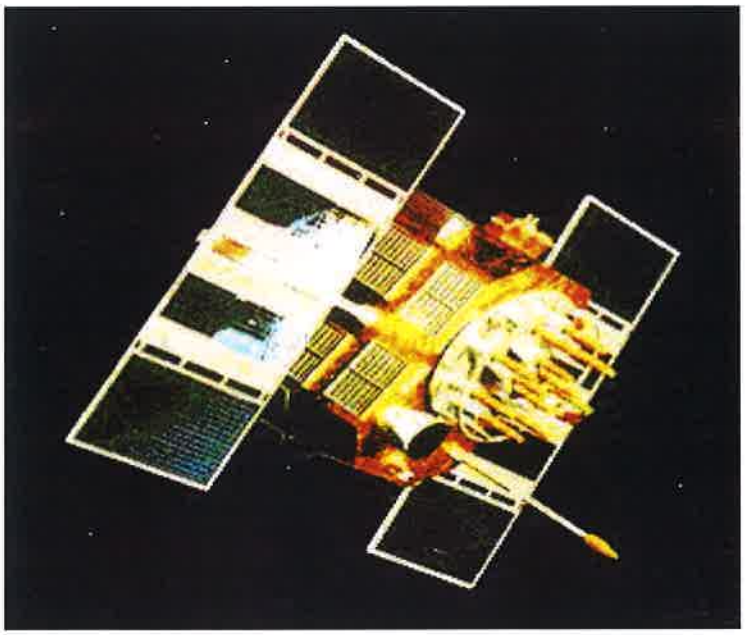
GPS uyduları, "Yüksek Yörünge" olarak anılan ve dünya yüzeyine 20200 km uzaklıktaki yörüngede bulunmaktadırlar. Bu derece fazla yükseklikte konumlanmış GPS uyduları epey geniş bir görüş alanına sahiptir.

GPS uyduları, minimum 10 yıl kullanılacak şekilde tasarlanmışlardır. Güneş enerjisinde yaşanabilecek kesintilere (güneş tutulması gibi olaylar) karşı yedekte bulunan

bataryaları ve bulundukları yörüngeyi düzeltebilmelerini sağlayan küçük ateşleyici roketleri vardır.



Şekil 2.1 GPS uyduları (www.navigasyon.com.tr 2013)



Şekil 2.2 GPS uydu görüntüsü (www.belgeci.com 2011)

GPS uydularının yaydığı sinyaller "Görüş Hattında" ilerlemektedir. Bunun sonucunda sinyaller bulutlardan, cam ve plastikten geçebilirken katı maddelerden geçememektedir.

GPS uydularının yaydıkları radyo sinyalleri kentsel alanlarda bulunan bina gibi yapılardan yansıdığı için, sinyallerin boş arazi gibi ortamlara kıyasla şehir içlerinde hassasiyeti daha azdır. Yeraltında bulunan tünel gibi yapılarda ise GPS sinyalleri hiç elde edilememektedir (Pajares 2005).

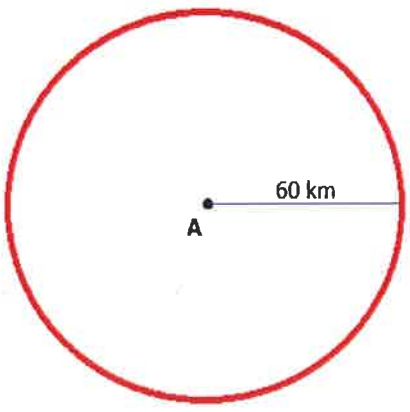
Yeryüzünde bulunulan konumu bulabilmek için GPS alıcıları;

- alıcı cihazla iletişim halindeki en az 3 uydunun konumunu,
- alıcı cihazın söz konusu 3 uydu ile iletişim kurduğu yeri

belirlemek zorundadır.

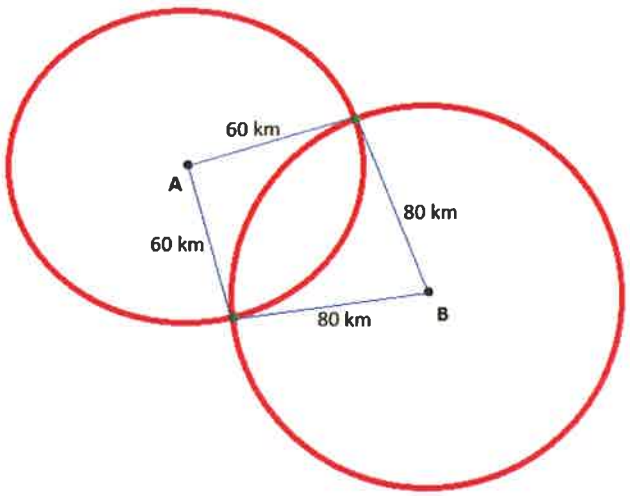
GPS alıcılarının, konum belirlemede kullandığı geometrik işlemlerde "Trilateration" metodu kullanılmaktadır. İki boyutlu uzayda bu işlem 2-D Trilateration olarak tanımlanırken, üç boyutlu uzayda 3-D Trilateration olarak tanımlanır. Yani amaç, uzayda bir noktanın konumunu belirlemekse, 3-D Trilateration kullanılırken yeryüzünde bir nokta belirlemekse 2-D Trilateration kullanılır.

2-D Trilateration şu şekilde çalışmaktadır. Yeryüzünde bir noktada kaybolunduğunda, eldeki imkânlar yönü bulabilmek için herhangi bir ipucu vermiyor olabilir. A noktasından 60 km uzakta olunduğunun bilgisine erişildiği varsayılırsa, bu bilgi konumu belirlemek için yeterli bir bilgi olmasa da bu bilgiyle A noktasını merkez kabul eden 60 km yarıçaplı bir çember üzerinde herhangi bir noktada olunduğu bilgisine erişilebilir. Yani şekil 2.3'deki çemberin üzerindeki herhangi bir noktada...



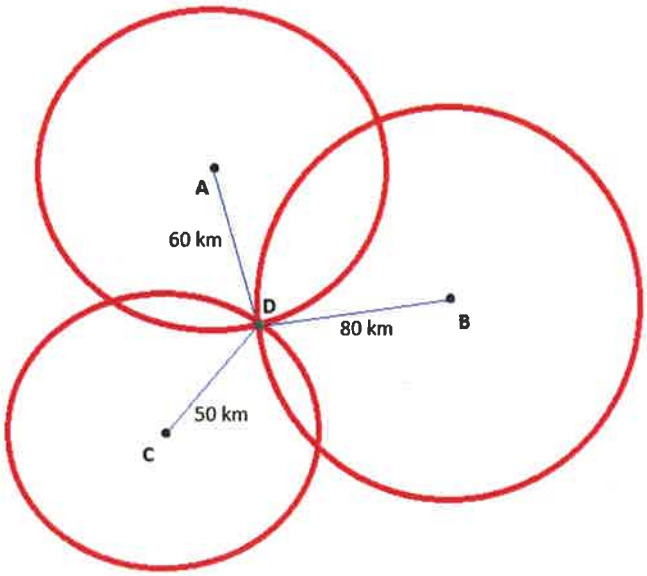
Şekil 2.3 Konum tahmini – 1

B noktasından 80 km uzakta olunduğu şeklinde bir bilgi edinildiğinde B noktasını merkez kabul eden 80 km yarıçaplı bir çemberin de üzerinde bulunulduğu anlaşılabilir. Eğer bu bilgi önceki bilgi ile birleştirilirse, iki çemberin kesişim noktaları (Şekil 2.4) olan iki noktadan birinde olunduğu bilinmiş olur.



Şekil 2.4 Konum tahmini - 2

Eğer üçüncü bir bilgi de C noktasından 50 km uzakta olunduğu şeklinde olursa, önceki tahminde belirtilen iki noktadan birisinde olunduğu kesinleşir. Ve böylece üç çemberin (Şekil 2.5) kesişimi olan D noktasında olunduğu kesin olarak belirlenmiş olacaktır.



Şekil 2.5 Konum tahmini - 3

2.2 GPRS

GPRS; GSM şebekesini kullanarak yüksek hızda paket veri iletişimine imkân sunan bir teknolojidir.

Kullanıcı açısından değerlendirildiğinde GPRS'de veri iletim hızları düşüktür. Bağlantının kurulması birçok kullanıcıya karmaşık gelebilecek işlemler içermektedir. Aynı zamanda bağlantı aşaması uzun sürmektedir. GPRS ile sağlanan hizmet diğerlerine nazaran daha pahalıdır. Tüm bunlar GPRS üzerinden veri transferinin dezavantajları olarak değerlendirilmektedir.

GPRS sisteminde veri, iletim gerçekleştirilmeden önce paketlere ayrıştırılır. Paketler birbirinden ayrı ancak birbirleri ile ilişkili parçalardır. Alıcı tarafında paketler tekrar birleştirilerek aynı veri elde edilir. İnternet, Paket Anahtarlamalı veri transferinin gerçekleştirildiği bir şebeke örneği olabilir.

GPRS'de, hava arayüzünü yani kullanımı mümkün olan radyo kanallarının, belirli bir süreliğine bir kullanıcı için tahsis edilmesi yerine, kullanıcının sadece verileri gönderdiği veya aldığı durumlarda hattı kullanması söz konusudur. Böyle bir yapıda mevcut kanallar tüm kullanıcıların kullanımına açık olabilecektir. Yani sınırlı miktardaki bant genişliği ve radyo kanalları daha fazla kullanıcı tarafından kullanılabilecektir. Bir hücrede kaç adet kullanıcıya GPRS hizmeti verileceği, kullanılıyor olan uygulamanın türüne veya transfer edilecek verinin miktarına göre değişmektedir.

Mevcut şebeke altyapısında birden fazla kullanıcı tarafından kullanılabilecek sınırlanmış ölçüde radyo kanalı bulunmaktadır. Böylece radyo kanallarının belirli bir amaca yönelik olarak tahsis edilişi aynı zaman içerisinde diğeri tarafından kullanımını engeller. Örnek olarak ses ve GPRS çağrılarının aynı şebeke kaynaklarını kullanması verilebilir.

GPRS, veri paketlerinin aynı yöne doğru değişik yolları kullanarak gitmesi, paketlerden bazılarının transfer sırasında bozulma veya kaybolma ihtimallerini artırır. Paket transferinde kaybolan veya bozulan veri paketleri yeniden istenmekte ve bunun sonucunda bazı gecikmeler ortaya çıkmaktadır.

GPRS desteği olan aygıtlar aşağıdaki sınıflara ayrılır.

- Class A: GPRS ve GSM servislerine aynı zaman diliminde bağlanabilmekte ve işlem yapabilmektedir.
- Class B: GSM ve GPRS servislerine birlikte bağlanabilmekte ancak aynı zaman diliminde işlem yapamamaktadır. Bir servisteki işlemin devam ettiği süre boyunca diğer servis beklemede olacaktır.
- Class C: GSM ve GPRS servislerine birlikte bağlanabilmekte ancak bir servisten diğer servise geçiş manuel olarak gerçekleştirilebilmektedir.

GPRS teknolojisinin en büyük avantajı telefon üzerinden internet bağlantısı gerçekleştirilebilmesidir. Dezavantajı ise bağlantının yavaş olmasıdır.

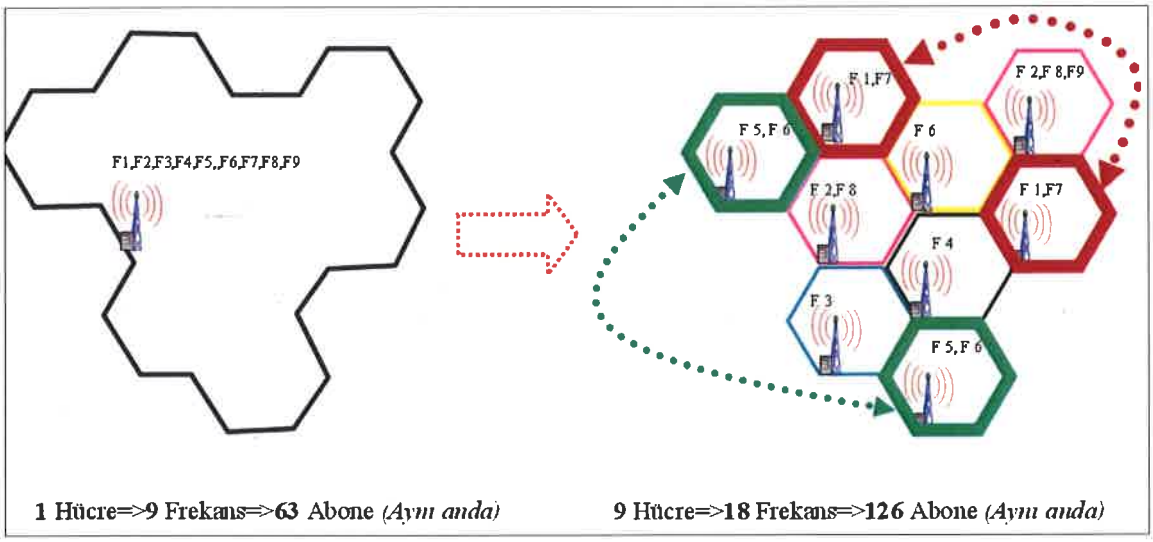
2.3 GSM

GSM (Global System for Mobile Communications; Mobil İletişim için Küresel Sistem), mobil cihazlar için iletişim protokolüdür. GSM üzerine oluşturulmuş tüm standartlar hücresel ağ kullanmaktadır. Gezinme esnasında dahi hücreler arası geçiş yapılması mümkündür. Böylece teorik olarak, kapsama alanından çıkılmadığı sürece cep telefonu ile tüm dünyayı konuşma kesilmeden gezinmek mümkün olabilmektedir.

GSM900 bandı içerisinde 124 frekans yer almaktadır. Bir frekans üzerinden Time Division Multiplexing metodu kullanılarak maksimum 7 kişi telefon görüşmesi yapabilmektedir. Bu durumda bütün frekansların kullanılması durumunda kapsama alanı içerisinde (ülke ölçeğinde kapsama düşünülürse) aynı zaman diliminde maksimum 7x124=868 kişi telefon görüşmesi yapabilir. Türkiye'nin nüfusu göz önünde bulundurulacak olursa bu miktar yetersiz kalacaktır.

Frekans sayısının az oluşu ve ihtiyaç duyulan miktarın fazla oluşu sonucunda Hücre (Cell) altyapısı oluşturulmuştur. Hücre sisteminde aynı frekans komşu hücreler üzerinde kullanılamamaktadır. Ancak başka bir kısıt bulunmaması sonucu aynı frekans dünyadaki farklı hücreler üzerinde birçok defa kullanılabilecektir. Hücrelere karşılık gelecek frekans miktarı hücre üzerindeki kullanıcı yoğunluğu baz alınarak hesaplanır.

Hücreler belirlenmiş bir bölgeyi kapsamakta ve hücrelerin her birinde mobil aygıta bağlantının oluşturulmasını temin eden ana istasyon ve anten bulunmaktadır. Belirlenmiş bölge içerisindeki bütün telefon görüşmeleri, söz konusu anten ve istasyon kullanılarak gerçekleştirilir. Merkez santral, bütün telefon aramaları için trafiği düzenler ve bunun yanında sabit şebeke ile olan bağlantıyı gerçekleştirir (Şekil 2.6), (www.elektrikport.com 2013).



Şekil 2.6 GSM şeması (www.elektrikport.com 2013)

2.4 ARDUINO

Arduino, bir kart ve bir uygulamayı içinde barındıran bir geliştirme ortamından meydana gelen fiziksel bir programlama platformudur.

Geliştirme ortamı, Java programlama dili ile yazılmış olup Processing adlı programlama

dili ortamına dayanmaktadır. İçerdiği kütüphaneler ise C ve C++ programlama dilleri ile yazılmıştır.

Arduino, mikrodenetleyici hakkında yeterli bilgiye sahip olmayan kişilerin programlama yapabilmesine imkân sunan Arduino kütüphaneleri sayesinde tercih edilir olmuştur. Kütüphaneler, geliştirme ortamının içerisindeki "libraries" menüsünün altında yer almaktadır. Kodların incelenmesi ile mikrodenetleyicinin programlanma mantığı anlaşılabilir ve kütüphane yapıları öğrenilebilir.

Son bileşen AVRDude ise derlenen komutların programlanması üzerine kullanılmaktadır.

Arduino ile analog ve dijital (sayısal) sinyaller alınabilir ve işlenebilir. Sensörler üzerinden gelen sinyallerin kullanılmasıyla, çevresindekilerle etkileşim gerçekleştiren robotlar ve sistemler tasarlanabilmektedir (Margolis 2011).

Arduino'ya ait çeşitli ihtiyaçların çözümlendirilmesi için tasarlanmış birçok kart ve modüller vardır. Piyasada en fazla Arduino Uno ve Arduino Mega kartları kullanılmaktadır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışma için ilk aşamada GPS'den verileri alıp sisteme aktaracak bir GPS alıcısı oluşturulacaktır. Bu GPS alıcısı, GPS'in yanında GPRS ve GSM teknolojilerinin de kullanımına müsaade eden bir SIM908 modülü ve bu devreye enerji ve devrenin çalışması için gerekli yazılımı da içeren bir Arduino kartının entegrasyonundan meydana gelen elektronik bir devredir.

Alıcı olarak tasarlanan devre çizelge 3.1 içerisinde listelenen bileşenlerden oluşmaktadır.

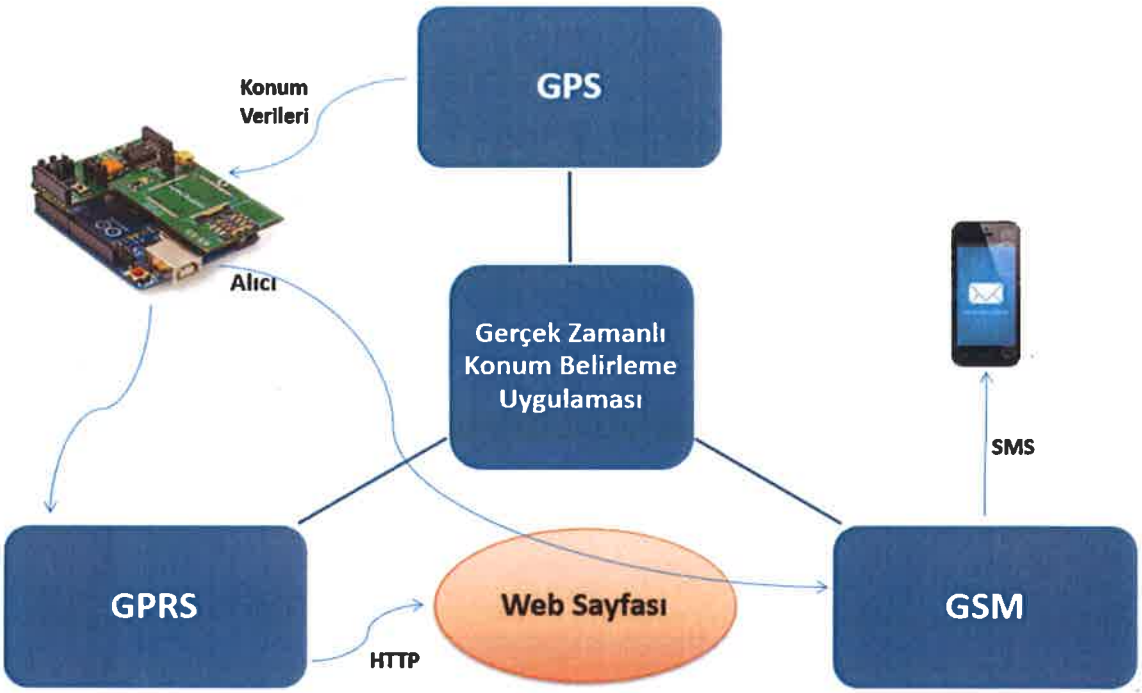
Çizelge 3.1 Bileşenler

Miktar	**Bileşen**
1	Arduino Kartı
1	Arduino için GPRS+GPS+GSM Modülü (SIM908)
1	GPRS Anteni
1	GPS Anteni
2	SIM Kart
1	Arduino ve PC Usb Bağlantı Kablosu
1	Arduino Batarya ve Bağlantı Kablosu
1	Kişisel Bilgisayar (PC)
1	Akıllı Telefon

3.2 Yöntem

Çalışma için ilk olarak gerçek zamanlı konumun alınması için bir uygulama geliştirilmiştir. Bu uygulama için iş akışı şekil 3.1'deki gibi gerçekleştirilecektir. Şekil göz önünde bulundurulduğunda gerçek zamanlı konum belirleme uygulaması

geliştirilirken GPS, GPRS ve GSM teknolojilerinden yararlanılmıştır. GPS'den verileri alan bir alıcı cihaz tasarlanmış ve bu cihazın aldığı konum verileri GPRS kullanılarak HTTP protokolleriyle PHP web sayfasına aktarılmıştır. Aynı zamanda cihaz ile GSM aracılığıyla akıllı telefona SMS gönderilmiştir.



Şekil 3.1 Proje iş akışı

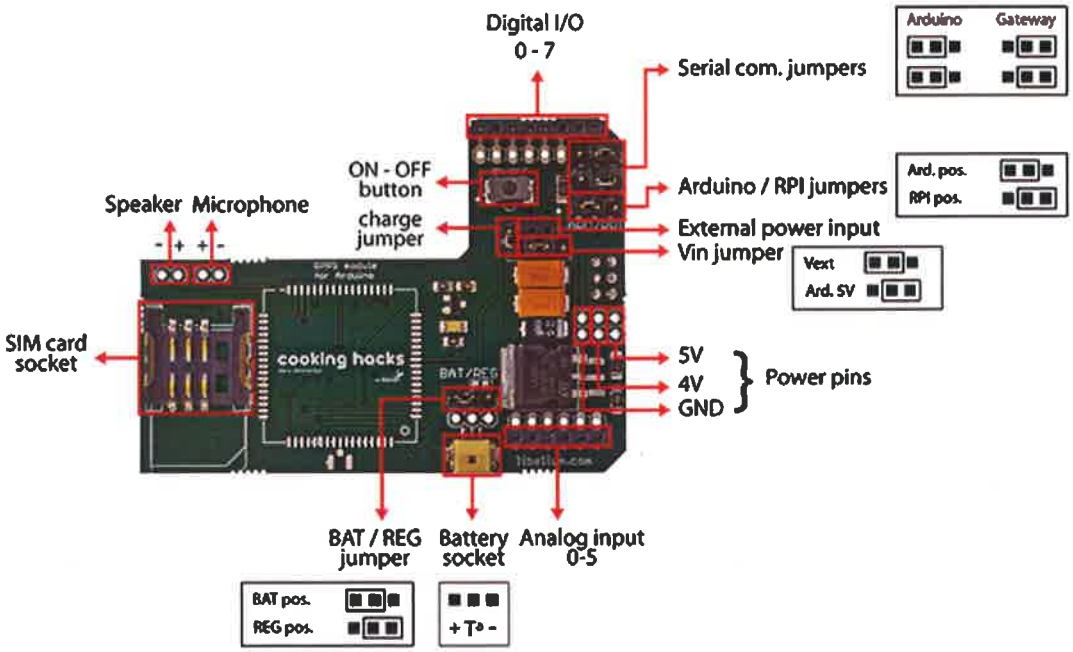
Çalışma kapsamında hazırlanan uygulama neticesinde alıcı olarak kullanılan cihazın elde ettiği konum verilerinin doğruluk payının artırılması için konum verileri bazı filtrelerden geçirilmiştir. Bu filtreler Kalman filtresi ve Average filtresidir. Alıcı cihazdan alınan veriler, bu filtrelerden geçirildikten sonra web sayfasına aktarılacaktır.

Ayrıca çalışmada geofencing uygulanmıştır. Geofencing alanı olarak tabir edilen cihazın çıkarılmamasına karar verilen bir alan belirlenip cihazın bu alanın dışarısına çıkarılması durumunda cihaz üzerinden SMS gönderimi gerçekleştirilecektir.

Yukarıda bahsi geçen konum belirleme uygulaması ve cihazdan alınan konum verilerinin iyileştirme çalışmaları adım adım bu bölümde anlatılacaktır.

3.2.1 SIM908 konfigürasyonu

Şekil 3.2'deki Arduino/RPI jumpers olarak belirtilen devre elemanı, projede SIM908 ile entegre edilecek kart Arduino kartı olacağından, Arduino pozisyonuna getirilmelidir. Kullanılacak programlanabilir kart Raspberry Pi olabilirdi. Bu durumda Arduino Jumpers/RPI jumpers, RPI pozisyonuna getirilmesi gerekirdi.



Şekil 3.2 SIM908 modülü ön yüzü (Koyuncu vd. 2015)

Arduino/RPI jumpers elemanının yanlış pozisyonda yerleştirilmesi SIM908 devresinin hasar görmesine sebep olacaktır (Koyuncu vd. 2015).

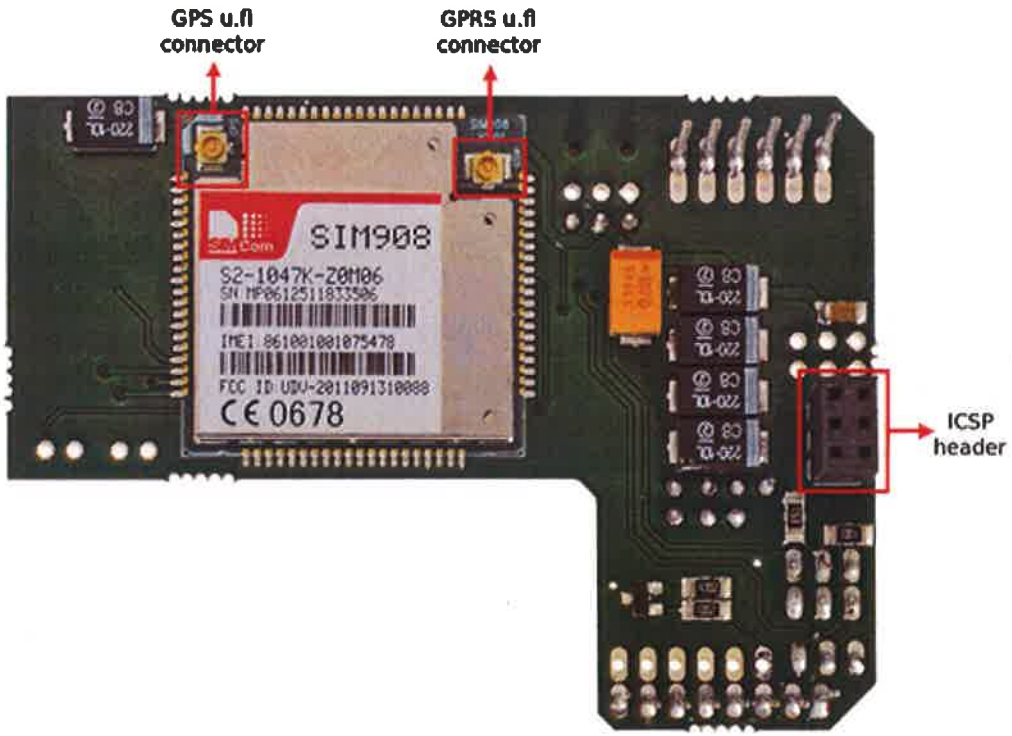
SIM908, konfigürasyon tamamlandıktan sonra Arduino kartı ile entegre edilecek ve bu entegrasyon sonucunda oluşacak bileşik devre, enerjiyi dışarıdan bir güç kaynağı tarafından alacaktır. Bu güç kaynağı, Arduino ile PC arasında bir bağlantı sağlandığında bağlantının sağlandığı PC olabileceği gibi PC bağlantısı olmadığında Arduino'ya bağlanılan bir batarya da olabilir.

Bu projede güç Arduino kartından sağlanacaktır ve bu nedenle Serial com. jumpers,

Arduino pozisyonunda olmalıdır. Ayrıca aynı nedene bağlı olarak, Vin jumper Ard. 5V pozisyonuna getirilmeli, BAT/REG jumper Reg posizyonuna getirilmeli ve charge jumper devreden kaldırılmalıdır.

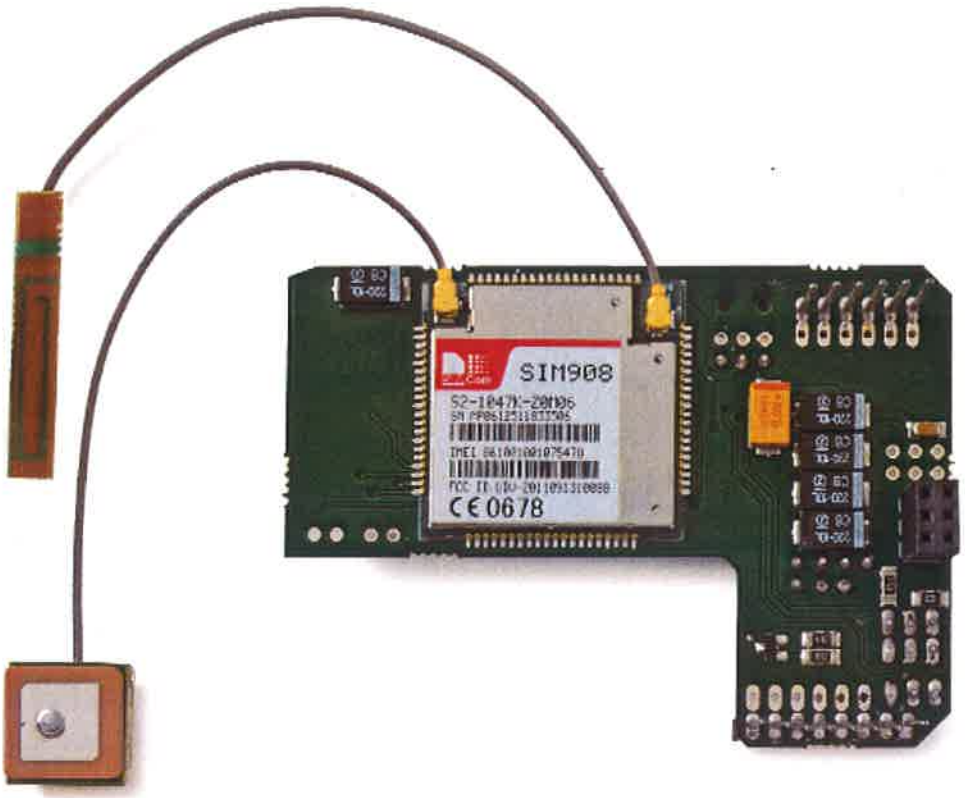
Son olarak, sim kart soketine sim kart yerleştirilir. Sim kartın pin kodu daha önceden bir telefon aracılığıyla belirlenmiş olmalıdır. Bu işlem gerçekleştirilmiş olup pin kodu "3344" olarak belirlenmiştir.

Şekil 3.3'de SIM908 devresinin arka bölümü görülmektedir. Buradaki GPS u.fl connector bölümüne GPS anteni, GPRS u.fl connector bölümüne ise GPRS anteni yerleştirilecektir.



Şekil 3.3 SIM908 modülü arka yüzü (Koyuncu vd. 2015)

Antenler yerleştirildiğinde şekil 3.4'deki gibi bir görüntü elde edilecektir.

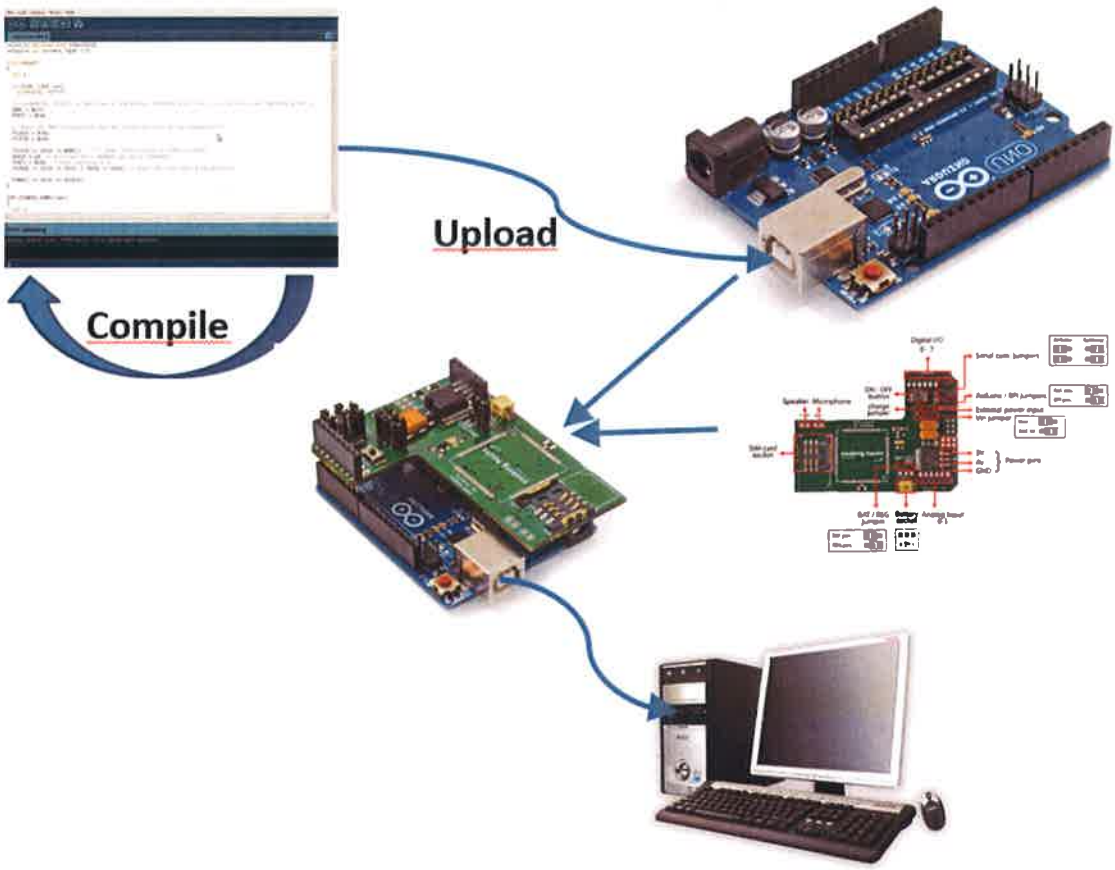


Şekil 3.4 SIM908 modülü arka yüzü (antenler takılmış)

Şu anki durumda SIM908 devresi hazırlanmış olup devrenin Arduino kartı ile entegrasyonu yapılabilir duruma gelmiştir. Bağlantı yapılmadan önce Arduino içerisine entegrasyon sonrası çalıştırılacak olan kodun yüklenmesi gerekmektedir.

3.2.2 SIM908 - Arduino entegrasyonu

SIM908 ile Arduino kartının entegrasyonu sağlanmadan önce Arduino kartına şekil 3.5'deki iş akışı takip edilerek kaynak kod yüklenecektir.



Şekil 3.5 Yazılım yükleme iş akışı

Arduino editöründeki komut ekranına ilgili kodlar kopyalanır. Editörün üst bölümünde menüler mevcuttur ve menülerin altında bazı kullanışlı kısayol düğmeleri bulunur.

Arduino editörüne yazılmış olan kodların Arduino kartına yüklenmesi için bir usb kablosu kullanılır. Arduino kartına SIM908 bağlantısı yapılmadan önce, usb kablosu ile PC ve Arduino bağlantısı kurulur.

Usb bağlantısı sağlandığında, editörün üzerindeki "Tools" menüsü içerisinde bulunan "Serial Port" listesine, bağlantının sağlandığı usb portu otomatik olarak eklenecektir. Eklenen bu yeni seri port listeden seçilecektir.

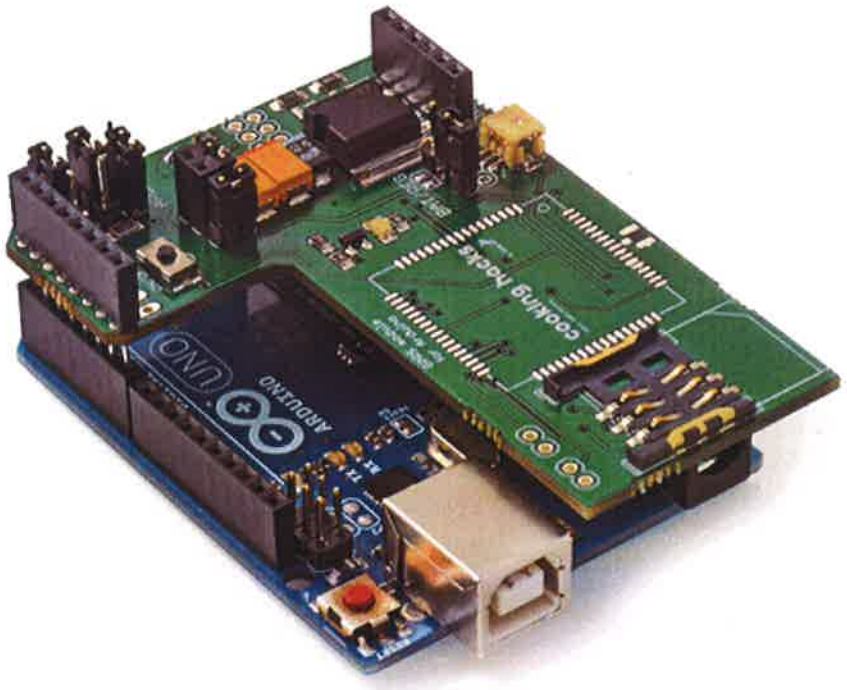
Böylelikle, PC ile Arduino kartı bağlantısı tam olarak sağlanmıştır.

Şimdi, proje kodunun doğru çalışıp çalışmadığı test edilmelidir. Kısayol düğmelerinden "Verify" düğmesi tıklanır. "Done Compiling" ibaresinin görülmesiyle kodun hatasız olduğu ve başarılı bir şekilde yorumlandığı anlaşılacaktır.

Kod başarılı bir şekilde yorumlandıktan sonra, "Yükleme" kısayol düğmesine tıklanarak, kod Arduino kartına yüklenir. "Done Uploading" ibaresi ile kodun, karta başarıyla aktarıldığı anlaşılır.

Nihai durumda, SIM908 devresi konfigüre edilmiş, Arduino kartı ile PC bağlantısı sağlanmış ve Arduino kartı içerisine projenin gerçekleştirilmesini sağlayan kod yüklenmiştir.

Artık, SIM908 ile Arduino kartı entegrasyonu sağlanabilir.



Şekil 3.6 SIM908 - Arduino entegrasyonu

Şekil 3.6'da görüldüğü biçimde, birbirine geçirilecek ayaklar aracılığıyla SIM908 ve Arduino entegrasyonu sağlanır. Bağlantı sağlandığı anda devrenin tamamlandığını ifade

eden led, yeşil ışık verecek şekilde yanacaktır.

Arduino kartı içerisinde yüklü olan kodun çalışması esnasındaki ilerleyişi kullanıcıya gösteren, haberleşmeyi ve bazı ayarların yapılmasını sağlayan bir seri port terminali kullanılmalıdır. Bu terminal, Windows işletim sistemi için "Hyperterminal" olabileceği gibi Arduino editörü üzerinden erişilebilen "Arduino IDE Serial Monitor" de olabilir. Çalışmada, kolay erişilebiliyor olması nedeniyle, ikinci seçenek olan "Serial Monitor" tercih edilmiştir.

Tüm bağlantılar sağlandıktan sonra, Arduino kartı içerisinde yüklü olan kodun çalıştırılmasını ve aynı zamanda kullanıcıya bir arayüz imkânı da sağlayan "Serial Monitor", editör üzerinde sağ üst köşede bulunan göz simgesine tıklanmasıyla açılacaktır.

"Serial Monitor" ekranında sağ aşağıda bulunan baud değerlerinden proje için en uygun olanı "115200" olarak seçilmelidir. Bu değer aynı zamanda kod içerisinde de belirtilmiştir. Aynı zamanda seri port terminali olarak "Serial Monitor" kullanıldığı için, AT komutların gönderilmesini sağlayacak olan "Both NL and CR" seçeneği de sağ alttaki listeden seçilmiş olmalıdır (www.cooking-hacks.com 2016).

Bu ayarlar yapıldığında kodun çalıştığını ifade eden çıktılar "Serial Monitor" ekranında gösterilecektir. Kod çalıştırılmasını yeniden başlatmak için Arduino kartı üzerinde bulunan "RESET" düğmesine basılabilir. Bu durumda, yapılan son ayarlar ile kod yeniden çalıştırılacaktır.

3.2.3 Konumun görüntülenmesi

GPS alıcısı olarak hazırlanan devre ile konum verileri GPS uyduları ile iletişim kurularak alınır. Bu veriler yazılım içerisinde işlenerek uygun formata dönüştürüldükten sonra cihaza bağlı sim kartın interneti kullanılarak HTTP aracılığıyla PHP web sayfası içerisinde bulunan "gps.txt" dosyasına yazdırılır. Adres satırına ilgili linkin yazılmasıyla

erişilen PHP web sayfası çalıştırıldığında ilgili dosyadaki verilere ilişkin konumlar Google Maps üzerinde görüntülenir.

Konumlar web sayfası üzerinden görüntülendiği için bir bilgisayar üzerinden görüntülenebileceği gibi akıllı telefonlar üzerinden de görüntülenebilir. Kurgulanan sistemde, Bölüm 3.2.6'da anlatılan geofencing sonuçlarına göre Bölüm 3.2.7'de anlatılan akıllı telefona SMS gönderme işlemi sonucunda ilgili web sayfası linki akıllı telefona SMS olarak gönderilmiş olacaktır. Bu linke tıklatılmasıyla birlikte ilgili web sayfasına erişilir ve konum görüntülenir.

Alıcı cihazdan verilerin alınarak web sayfasındaki dosyaya yazılmasını sağlayan kod Arduino kodundan (AT komutları), web sayfasında konumun görüntülenmesini sağlayan kod ise PHP kodundan oluşmaktadır.

Konumun görüntülenmesini sağlayan Arduino kodu bazı global değişkenler tanımladıktan sonra, ilk olarak setup() fonksiyonu ile başlar. Bu fonksiyon bitiminde loop() fonksiyonu çalışır ve kod sona erer. loop() fonksiyonu ile önce get_GPS() fonskiyonu çağrılarak GPS'den veriler alınır ve sonra sendHTTP() fonksiyonu çağrılır. Bu fonksiyon ile get_GPS() fonksiyonu aracılığıyla SIM908 devresinin GPS'den almış olduğu veriler web sunucusuna aktarılır. Bu veriler, PHP kodu ile bir web tarayıcısı ile konum göstermede kullanılacaktır.

Konumun görüntüleneceği web sayfasının bağlantı linki, SMS gönderilecek telefon numarası ve GPS uydularından GPS alıcısı olarak tasarlanan devrenin aldığı değerlerin kaydedileceği global değişkenler tanımlanmıştır. Bunların dışında Kalman filtresinin uygulanması, Average filtresinin uygulanması, Geofencing uygulanması ve SMS gönderimi için de bazı global değişkenler bulunmaktadır. Ancak bu değişkenlere ait bilgiler, anlatımdaki akışı bozabileceği düşüncesiyle bu kısımda verilmemiş olup ilgili olduğu bölümlerde verilmiştir.

Global değişkenlerin tanımlanmasından sonra ilk çalışacak fonksiyon olan setup()

fonksiyonu içerisinde aşağıdaki AT komutları bulunmaktadır.

AT+CPIN komutu, karşısına yazılmış olan pin kodu ile sim kartın okunup okunamadığını sorgular. Eğer cevap olumluysa "OK" döndürülür. SIM908'de takılı sim kartın pin kodu "3344" olarak belirlendiği için bu komut olumlu sonuç döndürmektedir.

setup() fonksiyonu içerisinde start_GPS() fonksiyonu bir döngü içerisinde çağrılır ve cevap "0" geldiği sürece fonksiyon tekrar tekrar çağrılacaktır. Bu fonksiyon konum belirlemek için kullanılacak GPS uydularının belirlenmiş (fixing işlemi) olup olmadığını belirleyen fonksiyondur.

Komutun çalıştırılmasıyla en az üç adet GPS uydusuna bağlanılana kadar beklenir. Bu süreç hava şartları ve çevresel etmenler gibi nedenlere (Bu kısımla ilgili detaylı bilgiler Bölüm 4'de verilmiştir.) bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

start_GPS() fonksiyonunun içerisinde aşağıdaki AT komutları bulunmaktadır.

AT+CGPSPWR=1 komutu; GPS güç kaynağını açmak için kullanılmaktadır.

AT+CGPSRST=0 komutu; GPS'i ilk çalıştırma (cold start) durumuna alır.

AT+CGPSSTATUS komutu; "Location Unknown", "Location Not Fix", "Location 2D Fix","Location 3D Fix" gibi değerler göndererek GPS'in mevcut durumu hakkında bilgi verir. Bu komut bir döngü ile tekrarlanarak, GPS uydularının belirlenene kadar işleme devam etmesi sağlanmıştır.

Belirli bir süre geçtikten sonra GPS uyduları belirlenmiş ve bunu anlamak adına ekrana "Fixed..." ibaresi yazdırılmıştır. Talep edildiği durumlarda bu işlemin tamamlandığı, kullanıcı cep telefonuna SMS olarak gönderilebilmektedir.

start_GPS() fonksiyonunun görevi bittikten sonra ve setup() fonksiyonu içerisinde yer

alan aşağıdaki komutlar ile program çalışmaya devam eder.

AT+CREG? komutu, şebeke kontrolü yapar. Eğer fonksiyondan "+CREG: 0,1" cevabı dönerse şebekeye bağlanmış arama yapılabileceği anlaşılır.

AT+SAPBR komutu, kullanılan sim kartın APN (Access Point Name: Erişim Noktası Adı) ayarlarının yapılmasını sağlamaktadır.

APN; GPRS şebekesi üzerinde terminallerin ilettikleri veri paketlerini, farklı IP adreslerine yönlendirme bilgisini sağlayan adrestir. SIM908 üzerinde takılı olan sim kart vodafone şebekesine ait olduğu için vodafone şebekesinin APN ayarları kullanılmıştır.

setup() fonksiyonu tamamlandıktan sonra loop() fonksiyonu ile program çalışmaya devam eder.

loop() fonksiyonu içerisinde ilk olarak get_GPS() fonksiyonu çağrılır. Bu fonksiyon içerisinde kullanılan; AT+CGPSINF komutu ile GPS'den gerçek zamanlı konum bilgileri alınır.

GPS'den alınan konum verileri; **latitude, longitude, altitude, date, satellites, speedOTG, course** verileridir.

Böylece, get_GPS() fonksiyonu ile GPS'den konuma ait bütün veriler alınmış olup değerler başlangıçta tanımlanan ilgili global değişkenlere atanmıştır.

send_HTTP() fonksiyonunun çağrılmasıyla get_GPS() içerisinde atanan değişken değerleri web sayfasına parametre olarak gönderilir. Bu işlemlerin gerçekleştirilmesi için fonksiyon içerisinde aşağıdaki AT komutları bulunmaktadır.

AT+HTTPINIT komutu; HTTP servisini başlatır.

AT+HTTPPARA komutu; HTTP servis çağrısı için HTTP parametrelerini düzenler.

AT+HTTPACTION=0 komutu; HTTP okuma (read) işlemi için kullanılmaktadır.

Bu fonksiyon sonucunda eğer link başarılı bir şekilde okuma işlemini sağlarsa, "gps.txt" dosyasına veriler otomatik olarak yazdırılacak ve web sayfasını çalıştıracak olan bağlantı linki akıllı telefona SMS olarak gönderilecektir. Linkin başarılı çalışması demek, sim kart üzerinden ilgili şebekeye bağlı bir internete erişilebilmesi demektir. Yani GPRS üzerinden sim kartın interneti kullanılarak veriler "gps.txt" dosyasına aktarılacaktır.

Alıcı cihazın elde ettiği konum verileri olan enlem ve boylam değerleri GPS'den bir miktar hata ile alınabilmektedir. Bu hata payının azaltılması için veriler çalışma kapsamında Kalman ve Average filtrelerinden geçirilecektir. Bu filtreler sonucunda gerçeğe daha yakın konum verileri elde edilebileceği düşünülmektedir. Bu filtrelere ait detaylı bilgiler Bölüm 3.2.4 - 3.2.5'de verilmiştir.

Cihazdan alınan verilerin ilgili filtrelerden geçirilmesi sonucu elde edilen yeni veriler üzerinden Geofencing işlemleri gerçekleştirilecektir. Geofencing işlemlerine ait detaylı bilgiler Bölüm 3.2.6'da verilmiştir. Geofencing sonucuna göre cihaz üzerinden SMS gönderimi gerçekleştirilecektir. SMS gönderimine ait işlemler Bölüm 3.2.7'de detaylı olarak ele alınmıştır.

Deneyler sırasında elde edilmiş "gps.txt" dosyasının içeriği örnek olarak çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 "gps.txt" dosyası örneği

(Latitude, Longitude, Date, Satellites, speedOTG, Course)

```
39.909996,32.795948,20160203100652,6,0.000000,209.716248
39.910129,32.796005,20160203100713,6,0.000000,257.624420
39.910091,32.796028,20160203100733,6,0.000000,151.758377
39.910102,32.796031,20160203100754,7,0.000000,304.269928
39.910266,32.795898,20160203100815,7,2.456005,331.925812
39.910236,32.795951,20160203100844,7,0.000000,332.235474
39.910236,32.795948,20160203100905,7,1.212425,325.636627
39.917690,32.799037,20160203102643,3,7.030427,133.989044
39.917964,32.798675,20160203102651,3,0.351756,236.925079
39.918170,32.798599,20160203102711,4,0.000000,228.994736
39.918243,32.798622,20160203102733,5,0.000000,229.887360
39.918338,32.798683,20160203102753,5,0.540578,345.433228
39.910400,32.794326,20160203115406,5,0.000000,296.110199
39.910362,32.794395,20160203115413,5,0.000000,296.110199
39.910362,32.794395,20160203115424,5,0.000000,296.110199
39.910362,32.794403,20160203115432,5,0.000000,16.145935
39.910362,32.794403,20160203115440,5,0.000000,16.145935
39.910362,32.794403,20160203115449,5,0.000000,16.145935
39.910411,32.794555,20160203115457,5,0.000000,350.814850
39.910411,32.794555,20160203115520,5,0.000000,350.814850
39.910411,32.794559,20160203115540,5,0.000000,350.814850
39.910415,32.794555,20160203115602,5,0.000000,335.474854
39.910419,32.794555,20160203115622,6,0.000000,322.995483
39.910419,32.794555,20160203115643,7,0.000000,322.995483
39.910419,32.794555,20160203115703,7,0.000000,322.995483
39.910423,32.794555,20160203115724,7,0.000000,291.423706
39.910423,32.794555,20160203115745,7,0.000000,291.423706
39.910423,32.794555,20160203115807,7,0.000000,291.423706
39.910423,32.794555,20160203115828,8,0.000000,291.423706
39.910423,32.794555,20160203115849,9,0.000000,95.032692
39.910415,32.794624,20160203115910,9,1.510896,50.911041
39.910423,32.794651,20160203115930,8,0.000000,43.179924
39.910423,32.794651,20160203115950,9,0.000000,43.179924
39.910423,32.794651,20160203120010,11,0.000000,43.179924
39.788177,32.827236,20160204081530,4,1.144321,41.714417
39.788013,32.827011,20160204081538,4,1.011805,41.106689
39.788009,32.826999,20160204081557,4,0.857677,41.500664
39.788005,32.826988,20160204081617,4,0.905132,39.437008
39.788002,32.826965,20160204081637,4,0.944012,40.018307
39.787998,32.826950,20160204081656,4,0.825498,40.018311
39.787994,32.826934,20160204081716,4,0.808859,40.773544
39.787982,32.826927,20160204081735,4,0.873483,42.027805
39.787975,32.826919,20160204081755,4,1.038296,41.475712
39.787967,32.826908,20160204081815,4,0.763068,41.418018
39.787952,32.826904,20160204081834,5,0.931938,40.810490
39.787925,32.826900,20160204081851,5,1.365996,41.115116
39.787902,32.826892,20160204081911,5,1.154679,41.322727
39.787883,32.826885,20160204081930,6,1.951200,40.774014
39.787860,32.826881,20160204081950,6,1.062266,41.400005
39.787845,32.826873,20160204082010,6,1.537217,42.094398
39.787834,32.826862,20160204082029,6,1.206604,41.117603
39.787818,32.826854,20160204082049,7,1.121429,42.168610
39.787803,32.826847,20160204082109,7,1.300056,41.541473
39.787784,32.826843,20160204082129,7,1.407840,41.802288
39.787769,32.826839,20160204082149,7,1.373996,41.099583
39.787757,32.826831,20160204082209,7,1.386639,41.544537
```

Konum verilerini GPS'den alan ve "gps.txt" dosyasına yazan, ayrıca geofencing yaparak kullanıcıya otomatik olarak SMS gönderimini sağlayan kod, Bölüm 3.2.2'de anlatıldığı şekilde Arduino kartına yüklenir ve aynı bölümde anlatıldığı gibi kart ile SIM908 modül entegrasyonu sağlanır.

"gps.txt" dosyası içerisinde listelenen verileri işleyerek Google Maps üzerinde konumun gösterilmesini sağlayan PHP kodlarının web üzerinden değil de lokalde çalışması için PHP aktif edilmiş bir Apache sunucusuna ihtiyaç duyulur. Bu nedenle konumun gösterileceği PC içerisine, bir WAMP server kurulmuş ve Apache servisleri çalıştırılmıştır.

Eğer PHP kodları web üzerinden çalıştırılacaksa yukarıdaki çalışmalar web sayfasının yayınlandığı sunucuda gerçekleştirilir.

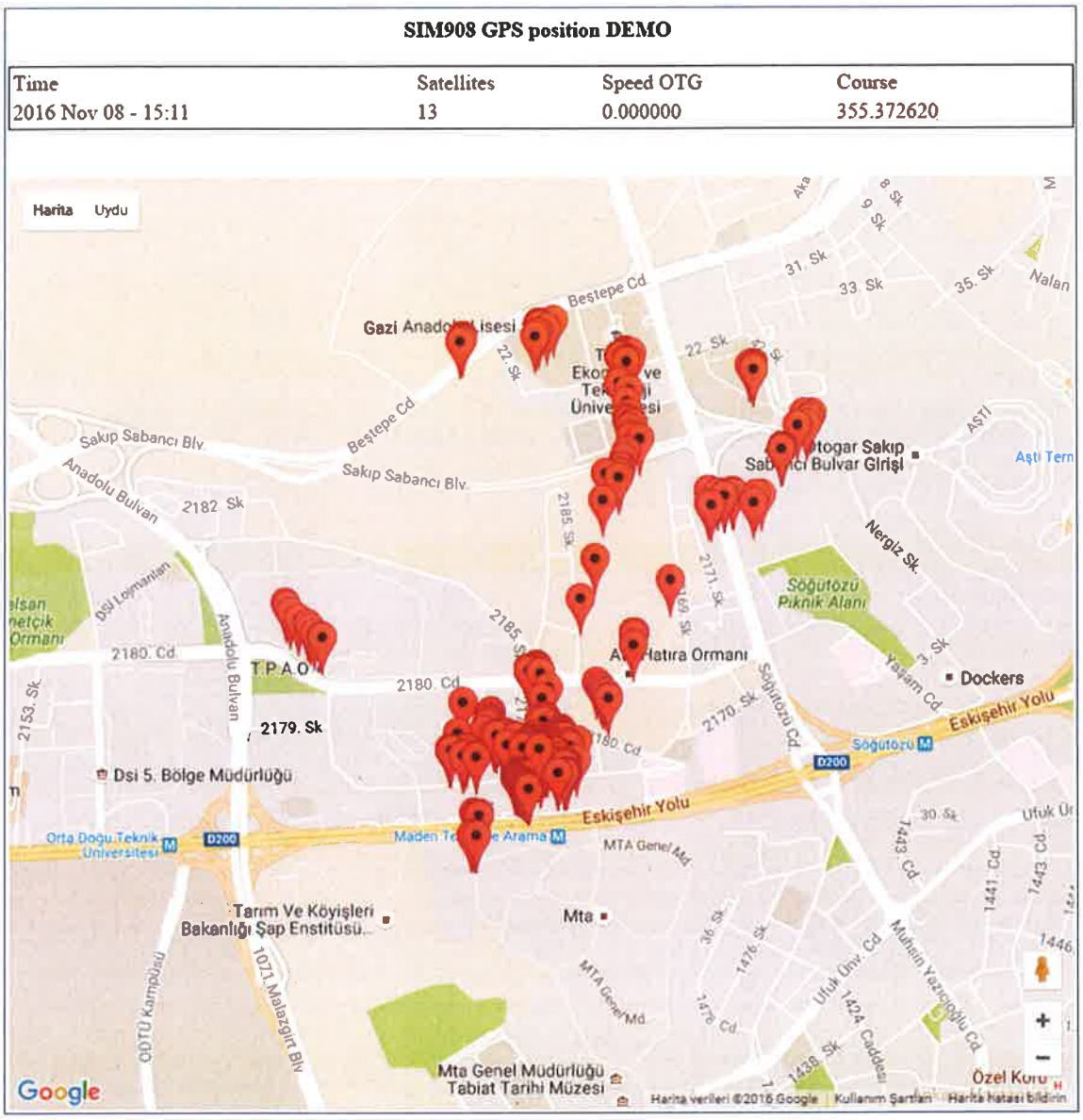
PHP komutları "demo_sim908.PHP" adlı PHP dosyası içerisinde bulunmaktadır. Bu dosya ise wamp sunucusunun kurulum dosyası içerisinde bulunan "www" klasörü altında konumlandırılmıştır. PHP kodları içerisinde Jquery kütüphanesinden yararlanıldığı için "jquery-1.10.1.min.js" kütüphanesi de aynı dizin içerisinde yer almaktadır.

http://maps.googleapis.com/maps/api/js?**key**=AIzaSyD2yePZdQsSHcbSQez2NEHJsb5FQmdKuz8&sensor=false"

PHP kodu içerisinde geçen yukarıdaki komut satırında key değişkenine dikkat edilmelidir. Google Maps API v3 key olarak adlandırılan bu anahtar, Google Maps API'lerinin kullanılabilmesi için gereklidir. Bu anahtarı Google ücretsiz olarak web ortamında sunmaktadır.

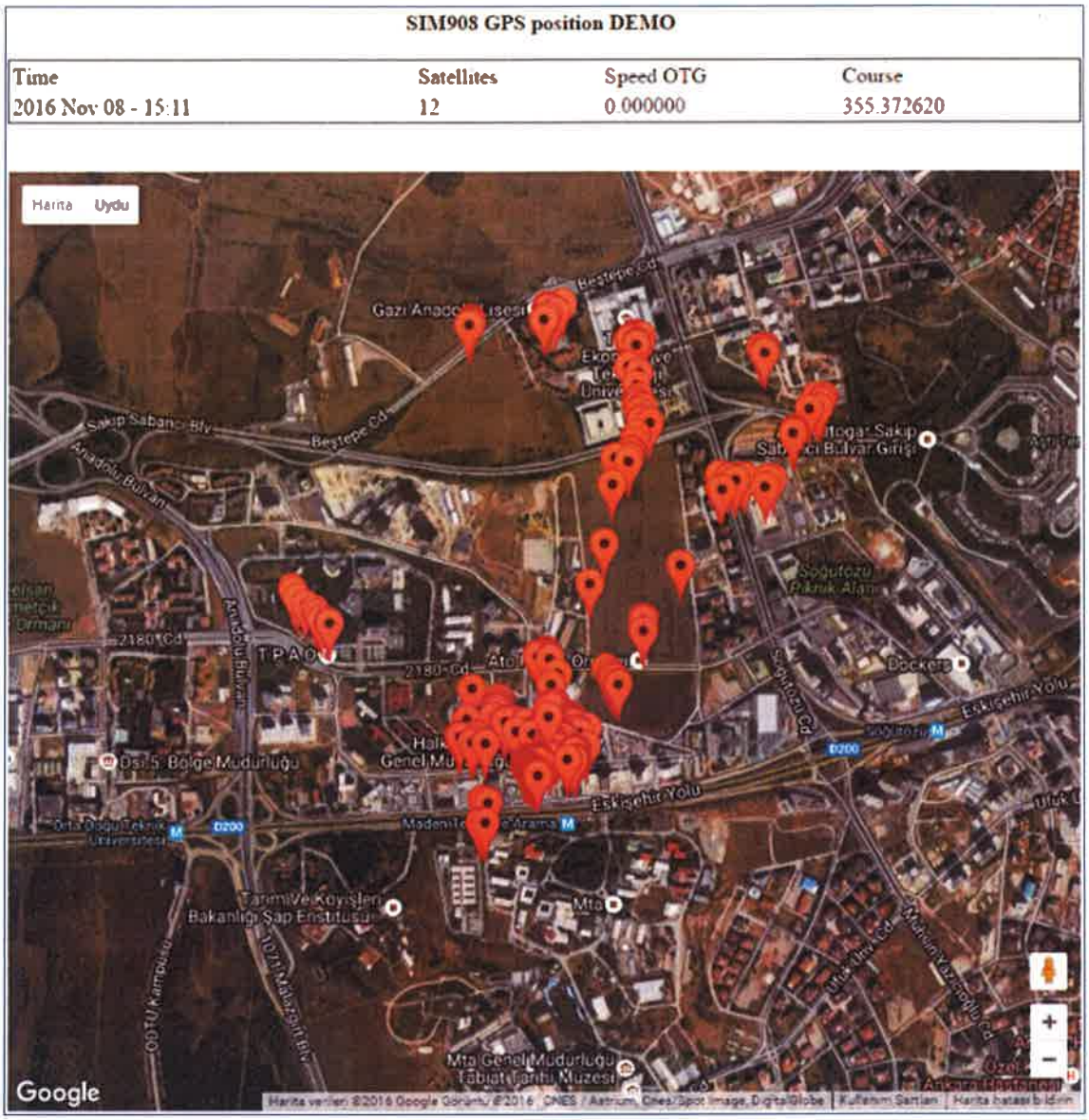
Sonuç olarak, bir internet tarayıcısı üzerinden ilgili web sayfası açıldığında (ya da akıllı telefona gönderilen SMS metnindeki linke tıklandığında) PHP kodları işleyecek ve gerçek zamanlı konum Google Maps üzerinde şekil 3.7'deki gibi harita formatında

gösterilecektir.



Şekil 3.7 Google Maps konum gösterimi (harita görünümü)

Ayrıca harita üzerindeki "Uydu" butonuna tıklanmasıyla şekil 3.8'deki gibi uydu formatında da gösterim sağlanabilmektedir.



Şekil 3.8 Google Maps konum gösterimi (uydu görünümü)

3.2.4 Sonuçlara Kalman filtresinin uygulanması

GPS alıcısı olarak kullanılan devre, GPS uyduları ile iletişim kurmakta ve en az üç GPS uydusu ile iletişim kurmasıyla birlikte alıcı cihazın dünya üzerindeki konumu belirlenmektedir. Bu aşamalarda gerçekleşen veri alışverişleri esnasında, sinyallerde bazı sapmalar meydana gelmekte ve zamana, mekâna ve benzeri diğer hususlara göre değişkenlik gösteren bir hata payı oluşmaktadır. Bu hata payları, GPS uydularının yaydıkları sinyallere etki eden ve gürültü olarak adlandırılan anlık sinyal

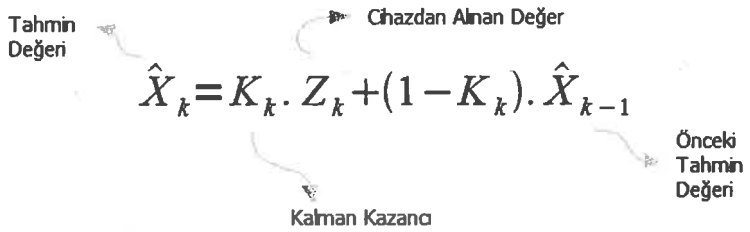
değişikliklerine bağlı olarak da değişmektedir.

Birçok sebebe göre değişen konum verilerinde meydana gelen hata paylarının azaltılabilmesi için uygulanan algoritmalardan birisi Kalman filtresidir. Bu çalışma sonucunda elde edilen cihaz konumunun harita üzerinde hangi noktaya karşılık geldiğinin belirlenmesini sağlayan değerler konuma ait enlem ve boylam değerleridir. Böylece konum verilerinde meydana gelen hata paylarının kökeninde, enlem ve boylam değerlerinde oluşan hatalar yatmaktadır. Bu durumda Kalman filtresinin bu iki değer üzerinde uygulanması ile daha doğru konum verilerinin elde edilebileceği öngörülmektedir.

Çalışmada Kalman filtresi, cihazdan alınan enlem ve boylam değerlerine ayrı ayrı uygulanmıştır. Enlem ve boylam değerlerine uygulanan her bir Kalman filtresi sonucu elde edilen enlem ve boylam değerleri karşılıklı olarak yeniden birleştirilip yeni konum değerleri elde edilmiştir.

Kalman filtresi birçok sisteme uygulanabilmesi için çok fazla karmaşık denklem içermektedir. Filtre uygulanırken, filtrenin uygulandığı sisteme uygun olan denklemler dikkate alınır ve denklemlerde kullanılmayacak olan matrisler ihmal edilebilir. Aynı zamanda denklemlerde bulunan değişkenlere ait katsayılar da duruma göre çoğu kez 1 olarak kabul edilir.

Bu çalışmada kalman filtresi uygulanırken kullanılmayacak durum matrislerinin formülden çıkarılmasıyla temel olarak aşağıdaki formül elde edilmiştir.



Formülde alt indis olarak kullanılan k, sistemin çalışma durumlarını ifade eder. Çalışma

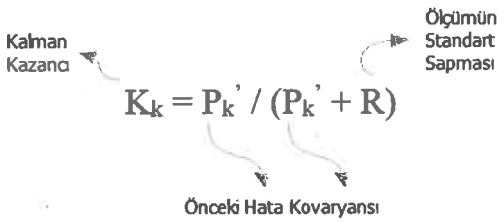
esnasında kullanılan cihaz ile ortalama her 20 saniyede bir konum değeri alındığı için k değerleri 20 saniyede bir olacak şekilde belirlenmiştir. Cihazdan alınan 30 ayrı değer için hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Bu durumda ilk alınan değer için k=0 ve son alınan değer için k=29 olacaktır.

Formülün gerçekleştirilmesindeki amaç, sinyale ait X_k tahmin değerlerini hesaplamaktır. Her bir k zamanı için X_k tahmin değeri hesaplanacaktır.

Z_k değeri, cihazdan her bir k zamanında alınan orijinal değerdir. Bu değer belirli bir hata payını içinde barındırmaktadır.

X_{k-1} değeri ise bir önceki duruma ait sinyalin tahmin değeridir.

K_k değeri, Kalman kazancı olarak tabir edilir. Bu değer denklemdeki tek bilinmeyen değer olup her bir durum için önceki hata kovaryans değeri olan P_k' ve ölçümün standart sapma değeri olan R değerleri kullanılarak aşağıdaki formül ile yeniden hesaplanacaktır.



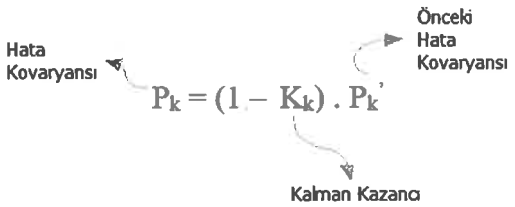
Kalman kazancının sabit 0,5 değeri olarak alındığı durumlarda denklem ortalama bulan bir fonksiyona dönüşecektir. Kalman kazancının her bir adımda yeniden hesaplanmasıyla optimum ortalama değeri bulunacak ve Kalman filtresinin yetenekleri kullanılacaktır.

Algoritmada kullanılan yukarıdaki değerlerin hesaplanabilmesi için bazı ilk tahmin değerleri ve parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir.

Kalman kazancı her adımda yeniden hesaplanırken kullanılacak olan R değeri ölçümün standart sapma değeri olup uygulamada bu değer 1 olarak belirlenmiştir.

X_k için k=0 zamanında kullanılacak ilk tahmin değeri X_0 değeri cihazdan alınan ilk konum verisi olarak belirlenmiştir. Yani Kalman filtresi enlem değerleri üzerinde uygulanırken cihazdan alınan ilk konumun enlem değeri X_0 değerine atanırken, filtre boylam değerleri üzerinde uygulanırken cihazdan alınan ilk konumun boylam değeri X_0 değerine atanmıştır.

Hata kovaryansı olarak kullanılan P_k değerinin k=0 zamanında kullanılacak ilk değeri P_0 değeri 4 olarak belirlenmiştir. Bu değer sıfırdan farklı bir değer olarak belirlenebilir. P_0 değerinin sıfır olarak belirlenmesi, ortamda hiçbir gürültünün olmadığı anlamına gelmektedir. P_k değeri her bir durum için Kalman kazanç değeri olan K_k ile önceki hata kovaryans değeri olan P_k' kullanılarak aşağıdaki formül ile yeniden hesaplanacaktır.



Yukarıda bahsi geçen Kalman filtresinin çalışmada uygulanması için, GPS alıcısı olarak kullanılan cihazdan 30 ayrı zamanda konum verileri alınmış ve kaydedilmiştir. Alınan enlem ve boylam değerlerine Kalman filtresinin ayrı ayrı uygulanmasını sağlayan kod, yukarıda anlatılan değişkenlerin tanımlanması ve değişkenlere ilk değerlerin atanmasıyla başlar.

Değişkenlere atanan değerlerin virgülden sonraki kısmının hesaplamalarda önemli oluşu sebebiyle değişkenler büyük ondalıklı sayı (double) tipinde tanımlanmıştır.

Cihazdan kaç değer alındığını ifade eden, yani fonksiyonun kaç kez çalışacağı bilgisini tutacak sabit bir değer tanımlanmıştır. Bu çalışmada cihazdan 30 değer alınmıştır.

Böylece fonksiyon bu değere bağlı olarak 30 kez çalışacaktır.

Cihazdan alınan enlem ve boylam değerleri bir diziye kaydedilmiştir. X_k tahmin değerine ilk tahmin değeri olarak bu dizinin ilk elemanı belirlenmiştir.

Cihazdan alınan değerlerin Kalman filtresinden geçirilmesinden sonra elde edilen tüm veriler de başka bir diziye kaydedilecektir.

Pseudocode 1: Kalman filtre algoritması

for k = 0 to 30

$Z_k \leftarrow$ Cihaz_Verileri[k]

$X_k' \leftarrow X_k$

$P_k' \leftarrow P_k$

$K_k \leftarrow P_k' / (P_k' + R)$

$X_k \leftarrow K_k * Z_k + (1 - K_k) * X_k$

$P_k \leftarrow (1 - K_k) * P_k'$

Kalman_Verileri[k] $\leftarrow X_k$

end-for

Yukarıdaki toplamda 30 kez çalışan döngü ile cihazdan alınan enlem ve boylam değerlerine ayrı ayrı Kalman filtresi uygulanmış (Çizelge 3.3) ve filtre sonucu elde edilen tüm yeni enlem ve boylam değerleri Kalman_Verileri dizisine kaydedilmiştir.

Çizelge 3.3 Kalman filtresi uygulama adımları

R_OlcumStandartSapmasi	1	1
k_zaman	0	1
Zk_OlcumDegeri	39,953250	39,953200
Xk_TahminDegeri	39,953250	39,953250
Pk_HataKovaryansi	4	0,8
Xk_1_OncekiTahminDegeri	39,953250	39,953250

Çizelge 3.3 Kalman filtresi uygulama adımları (devam)

Pk_1_OncekiHataKovaryansi	4	0,8
Kk_KalmanKazanci	$K_k = P_{k-1} / (P_{k-1} + R)$ $K_0 = 4 / (4 + 1)$ $K_0 = 0,8$	$K_1 = 0,8 / (0,8 + 1)$ $K_1 = 0,44$
Xk_TahminDegeri (Yeni)	$X_k = K_k.Z_k + (1 - K_k).X_{k-1}$ $X_0 = 0,8.39,953250 + (1 - 0,8).39,953250$ $X_0 = 39,953250$	$X_1 = 0,44.39,953200 + (1 - 0,44).39,953250$ $X_1 = 39,953228$
Pk_HataKovaryansi (Yeni)	$P_k = (1 - K_k).P_{k-1}$ $P_0 = (1 - 0,8).4$ $P_0 = 0,8$	$P_1 = (1 - 0,44).0,8$ $P_1 = 0,448$

Çizelge 3.3'de, k=0 ve k=1 zamanlarında cihazdan alınan enlem değerlerine Kalman filtresinin uygulanma adımları gösterilmiştir. Bu çizelgede yapılan hesaplamaların tüm verilere uygulanması sonucu elde edilen verilerin tümü ve aynı hesaplamaların cihazdan alınan boylam değerlerine uygulanması sonucu elde edilen verilerin tümü Bölüm 4'de detaylı olarak ele alınmıştır.

3.2.5 Sonuçlara Average (Ortalama) filtresinin uygulanması

Average filtresi genellikle resimler üzerinde resme ait keskin geçişleri yok etmek amacıyla uygulanır. Resmi oluşturan her bir pikselin değeri, komşuları ile kendisinin piksel değerlerinin aritmetik ortalaması ile değiştirilir. Bu filtre sayesinde resim üzerinde var olan keskin geçişler yumuşak geçişlere dönüştürülür.

Average filtresi genel mantığı itibariyle gürültülü sinyallerin var olduğu birçok alanda uygulanmakta ve sinyallerin gürültülerini eleme konusunda fayda sağlamaktadır. Bu yöntemle her ne kadar bilimsel çalışmalarda ciddi bir sonuç oluşturulamasa da gürültü sonucu oluşan etkiden arınmak için genel bir çözüm sağlanabilmektedir.

Bu çalışmada Average filtre mantığı, GPS alıcısı olarak kullanılan cihazdan alınan enlem ve boylam verileri üzerinde ayrı ayrı uygulanmıştır. Cihazdan alınan 30 adet konum verisine ait 30 adet enlem verisi bir diziye kaydedilir. Bu enlem verilerine Average filtresi uygulanması sonucu elde edilen sonuçlar 30 elemanlı başka bir diziye

kaydedilecektir. Cihazdan alınan verilerin tutulduğu dizideki ilk eleman, Average filtre sonuçlarının tutulduğu dizideki ilk eleman ile aynı olacaktır. Filtre sonuçlarının tutulduğu dizideki ikinci eleman, cihaz kayıtlarının tutulduğu dizideki ilk iki elamanın aritmetik ortalaması olacaktır. Aynı şekilde filtre sonuçlarının tutulduğu dizideki üçüncü elaman, cihaz kayıtlarının tutulduğu dizideki ilk üç elamanın aritmetik ortalaması olacaktır. Yani kümülatif toplamlar üzerinden ortalama alınarak aşama aşama ilerlenecektir. Bu yöntem tüm veriler için sırasıyla uygulanacak ve sonuçta 30 elamanlı Average filtre sonuçlarının kaydedildiği bir dizi elde edilecektir. Aynı zamanda enlem verileri için uygulanan bu yöntem, 30 adet konum verisine ait 30 adet boylam verileri için de uygulanacak ve boylam değerlerine uygulanan Average filtre sonuçları için oluşturulan yeni bir 30 elamanlı diziye kaydedilecektir.

Cihazdan alınan enlem ve boylam değerlerine Average filtresinin ayrı ayrı uygulanmasını sağlayan kod, ilgili değişkenlerin tanımlanması ve değişkenlere ilk değerlerin atanmasıyla başlar.

Yukarıda tanımlanan değişkenlere atanan değerlerin virgülden sonraki kısmının hesaplamalarda önemli oluşu sebebiyle değişkenler büyük ondalıklı sayı (double) tipinde tanımlanmıştır.

Cihazdan kaç değer alındığını ifade eden, yani fonksiyonun kaç kez çalışacağı bilgisini tutacak sabit bir değer tanımlanmıştır. Bu çalışmada cihazdan 30 değer alınmıştır. Böylece fonksiyon bu değere bağlı olarak 30 kez çalışacaktır.

Cihazdan alınan enlem ve boylam değerleri bir diziye kaydedilmiştir. Cihazdan alınan değerlerin Average filtresinden geçirilmesinden sonra elde edilen tüm veriler de başka bir diziye kaydedilecektir.

Pseudocode 2: Average filtre algoritması

```
for k = 0 to 30
        Toplam ← Toplam + Cihaz_Verileri[k]
```

Deger ← Toplam / (k + 1)

Average_Verileri[k] ← Deger

end-for

Yukarıdaki toplamda 30 kez çalışan döngü ile cihazdan alınan enlem ve boylam değerlerine ayrı ayrı Average filtresi uygulanmış (Çizelge 3.4) ve filtre sonucu elde edilen tüm yeni enlem ve boylam değerleri Average_Verileri dizisine kaydedilmiştir.

Çizelge 3.4 Average filtresi uygulama adımları

k_zaman	0	1
Toplam	0	39,953250
Cihaz_Verileri[k_zaman]	Cihaz_Verileri[0] = 39,953250	Cihaz_Verileri[1] = 39,953200
Toplam (yeni)	Toplam = Toplam + Cihaz_Verileri[0] Toplam = 0 + 39,953250 Toplam = 39,953250	Toplam = 39,953250 + 39,953200 Toplam = 79,906450
Deger	Deger = Toplam / (k_zaman + 1) Deger = 39,953250 / (0 + 1) Deger = 39,953250	Deger = 79,906450 / (1 + 1) Deger = 39,953225
Average_Verileri[k_zaman]	Average_Verileri[k_zaman] = deger Average_Verileri[0] = 39,953250	Average_Verileri[1] = 39,953225

Çizelge 3.4'de, k=0 ve k=1 zamanlarında cihazdan alınan enlem değerlerine Average filtresinin uygulanma adımları gösterilmiştir. Bu çizelgede yapılan hesaplamaların tüm verilere uygulanması sonucu elde edilen verilerin tümü ve aynı hesaplamaların cihazdan alınan boylam değerlerine uygulanması sonucu elde edilen verilerin tümü Bölüm 4'de detaylı olarak ele alınmıştır.

3.2.6 Geofencing uygulaması

Geofencing, bir şeyin daha önceden belirlenmiş bir alandan dışarı çıkarılıp çıkarılmadığının takip edilebilmesi için GPS gibi sistemleri kullanarak önlem alınmasıdır.

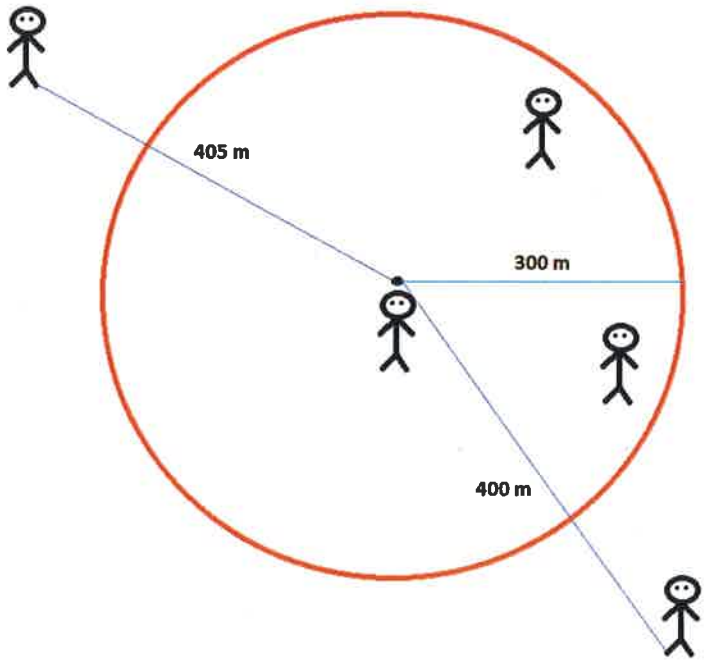
Bu çalışmada da GPS alıcısı olarak kullanılan cihazın belirlenen bir alandan

(geofencing alanı) dışarı çıkarılmasında sistemin uyarı mahiyetinde SMS göndermesi ya da çağrı bırakması sağlanmıştır.

Geofencing çalışmasına örnek olarak çocuk takip sistemleri değerlendirilebilir.

Çocuk takip sistemlerinde, alıcı olarak kullanılan cihaz bir saat şeklinde hazırlanarak çocuğun sol koluna takılır. Cihaz sürekli çalışır şekilde tutulmaktadır. Bunun için cihaza güç sağlayan batarya belirli periyotlarla şarj edilir. Cihaz ilk çalıştırıldığında en az üç GPS uydusundan veri alınması için bir müddet beklenir. Üç uydu ile bağlantı kurulduğu an konum verileri alınmaya başlanır. Cihaz kapatılmadığı sürece cihazın yeniden çalıştırılmasına ihtiyaç duyulmaz. Yani, en az üç uydu ile iletişim kurulması için normal şartlar altında toplamda bir keze mahsus beklenir.

Alıcı cihaz, çocuğun kolunda takılı şekilde, belirli saniyelerde GPS uyduları ile haberleşerek çocuğun başta belirlenen geofencing alanının içerisinde olup olmadığının anlaşılabilmesi için hesaplamalar yapar (Şekil 3.9). Bu hesaplamalar dünya haritası üzerinde bulunan iki konum arasındaki uzaklık hesaplarına dayanır.



Şekil 3.9 Geofencing uygulaması

Çalışmada geofencing alanı, başlangıç noktası olarak kabul edilen bir noktanın (Enlem: 39,9525646, Boylam: 32,7966589) 300 metre uzağına kadarki noktalar olarak belirlenmiştir (Şekil 3.9). Bu alan, başlangıç noktasının merkez kabul edildiği yarıçapı 300 metre olan bir daireye karşılık gelmektedir. Çocuk, bu dairenin içinde herhangi bir noktada olduğu zaman cihaz uyarı vermeyecek, bu dairenin dışına çıktığında ise cihaz uyarı verecektir. Geofencing uygulanmasında en önemli husus harita üzerinde bulunan iki konum arası uzaklığın metre cinsinden ölçülmesidir. Çalışma kapsamında bu işlemi gerçekleştiren distance2point fonksiyonu hazırlanmıştır.

Bu fonksiyonda kullanılacak değişkenlere şu değerler atanmıştır.

Dünyanın kilometre cinsinden yarıçap (Radius) değeri olan 6371,1 değeri bir değişkene kaydedilmiştir.

π değerini tutan değişkene 3,14159265358979 değeri kaydedilmiştir.

Geofencing işlemi gerçekleştirilirken, cihazın belirlenen başlangıç noktasından kaç metre uzaklaşıldığında sinyal vereceğini belirlemek için kullanılan geofencing limit değeri değişkenine 300 değeri kaydedilmiştir. Böylece geofencing limit değeri 300 metre olarak belirlenmiştir.

Başlangıç konumunun enlem değerini tutan değişkene 39.9525646 değeri kaydedilmiştir. Bu değer belirlenirken Google Maps'den alınan enlem değeri baz alınmıştır.

Başlangıç konumunun boylam değerini tutan değişkene 32.7966589 değeri kaydedilmiştir. Bu değer belirlenirken Google Maps'den alınan boylam değeri baz alınmıştır.

Pseudocode 3: Haritada iki konum arası uzaklık bulma fonksiyonu algoritması

function distance2point (Lat1, Long1, Lat2, Long2)

```
begin
        Lat1 ← (Lat1 / 180) * π
        Lat2 ← (Lat2 / 180) * π
        Long1 ← (Long1 / 180) * π
        Long2 ← (Long2 / 180) * π
        Delta ← (2 * asin(sqrt((pow(sin((Lat1 - Lat2) / 2), 2) + cos(Lat1) * cos(Lat2) *
        (pow(sin((Long1 - Long2) / 2), 2))))))
        return (Delta * Radius * 1000)
end
```

Fonksiyonda yer alan Lat1 ve Long1 başlangıç noktasının enlem ve boylam değerleri iken, Lat2 ve Long2 cihazın gerçek zamanlı olarak bulunduğu konuma ait enlem ve boylam değerleridir. Fonksiyonda dünyanın yarıçapı kilometre cinsinden kullanılmış olup fonksiyondan dönen uzaklık değeri metre cinsinden olacaktır.

Çalışma kapsamında, haritada bulunan iki konum arası uzaklığın metre cinsinden hesaplanması gereken tüm durumlarda distance2point fonksiyonu kullanılmıştır.

Geofencing uygulanırken distance2point fonksiyonundan dönen mesafe değeri geofencing limitinin tutulduğu değişkende kayıtlı değerden büyük olduğu durumlarda cihaz üzerinden akıllı telefona Bölüm 3.2.7'de anlatıldığı şekilde SMS gönderimi gerçekleştirilecektir.

3.2.7 SMS gönderimi

GPS alıcısı olarak kullanılan cihaz aynı zamanda GSM teknolojisine de olanak tanımaktadır. Böylece cihazda bir sim kart yuvası bulunmaktadır. Sim kart yuvasına bir sim kart yerleştirildiğinde, bu sim kart üzerinden başka bir telefon numarasına SMS gönderimi gerçekleştirilebilecektir. Aynı zamanda GSM teknolojisi sayesinde, cihaza takılı sim kart üzerinden başka bir telefon numarasına çağrı da bırakılabilecektir.

SMS gönderimi ve çağrı bırakma işlemlerinin gerçekleştirilebilmesi için cihaza takılı sim kartın aktif olması ve yeterli bakiyeye sahip olması gerekmektedir.

Bölüm 3.2.6'da da bahsedildiği üzere SMS gönderimi veya çağrı bırakma işlemleri, çalışma için belirlenen geofencing alanından dışarı çıkılması durumunda gerçekleşecektir. SMS gönderimi ve çağrı bırakma işlemlerinden sadece SMS gönderim işlemine ait komutlar çalışma kapsamına alınmıştır.

Çalışmada SMS gönderimi için aşağıdaki AT komutları kullanılmıştır.

AT+CPIN komutu; karşısına yazılmış olan pin kodu ile sim kartın okunup okunamadığını sorgular. Eğer cevap olumluysa "OK" döndürülür. SIM908'de takılı sim kartın pin kodu 3344 olarak belirlendiği için yukarıdaki komut olumlu sonuç döndürmektedir.

AT+CREG? komutu, şebeke kontrolü yapar. Eğer fonksiyondan "+CREG: 0,1" cevabı dönerse şebekeye bağlanmış arama yapılabileceği anlaşılır. Şebeke bağlantısı sağlanana kadar döngü ile komut tekrarlanacaktır. Cihaz, cihaza takılı sim kartın kapsama alanında bulundurulduğu sürece bu fonksiyon "+CREG: 0,1" cevabını dönecektir.

AT+CMGF=1 komutu, SMS mesaj formatını metin (text) olarak ayarlar.

AT+CMGS komutu; SMS'in yanındaki parametrede belirtilen telefon numarasına gönderilmesi için kullanılır.

Cihazın başlangıç konumuna olan uzaklığı ile cihaz konumunun görüntülenebileceği web sayfasının linkini bildiren metnin SMS olarak gönderilmesi için klavyeden CTRL+Z tuşlarına tıklatılması gerekmektedir. CTRL+Z tuşlarına tıklatılmasına karşılık gelen Serial.write(0x1A) komutu ile metin SMS olarak gönderilmiş olur.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Projede hedeflenen, GPRS+GPS+GSM teknolojilerinin kullanımına imkân sunan SIM908 modülü ve Arduino kartı entegrasyonu ile elde edilen elektronik devrenin bir GPS alıcısı olarak kullanılıp cihazın bulunduğu konumun haritada gösterilmesini sağlayan web sayfası linkinin GSM aracılığıyla bir akıllı telefona SMS olarak gönderilmesi, aynı zamanda konumun harita üzerinde gösterilmesi için GPRS kullanılarak doğrudan web sayfası ile iletişimin kurulması işlemleri başarıyla sonuçlandırılmıştır.

Haritada elde edilen konum ile cihazın gerçekte bulunduğu konum arasında ne kadarlık sapma (hata payı) olduğu konusu tartışmaya açıktır. Bu aslında GPS alıcısı olarak kullanılan devrenin GPS uydularından aldığı verilerin küçük bir oranda hatalı gelmesinden ya da gürültülerden etkilenerek bozulmasından kaynaklanmaktadır.

Alıcı cihazın belirlediği konumun hata payının hesaplanması için bazı deneyler gerçekleştirilmiştir. Çalışma esnasında cihazın verdiği konum verilerinin doğruluğunun açık ve bulutlu havalarda değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Bu nedenle deneyler açık ve bulutlu havalar için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

Açık havada farklı konumlarda gerçekleştirilen deneylerde ortalama olarak cihazdan benzer değerler elde edilmiştir. Aynı şekilde bulutlu havalarda farklı konumlarda gerçekleştirilen deneylerde de benzer değerler elde edilmiştir. Çalışma içerisinde açık havada ve bulutlu havada yapılan deneylerden ortalama olarak sonuçlar veren birer örnek verilecektir. Bu kapsamda, cihaz çalıştırılmış hareket ettirilmeden açık havada ve bulutlu havada 30'ar kez konum verisi alınmış ve sonuçları kaydedilmiştir. Açık havada elde edilen sonuçlar çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Açık ve bulutlu havalarda yapılan deneylerde cihazın çalıştırıldığı orijinal konuma ait enlem değeri 39,9525646 ve boylam değeri 32,7966589 şeklindedir.

Çizelge 4.1 Açık hava cihaz verileri

Kayıt No	Enlem	Boylam	Tarih	Uydu Sayısı	Hata Payı (metre)
0	39,953250	32,796365	20170412114409	3	80,22
1	39,953200	32,796365	20170412114429	3	74,96
2	39,951920	32,796900	20170412114449	3	74,56
3	39,951901	32,796570	20170412114508	4	74,17
4	39,951961	32,796604	20170412114527	4	67,28
5	39,952102	32,796604	20170412114547	5	54,70
6	39,952711	32,797189	20170412114608	5	48,02
7	39,952711	32,797189	20170412114627	5	48,02
8	39,952711	32,797189	20170412114649	6	48,02
9	39,952201	32,796580	20170412114706	6	40,98
10	39,952231	32,796580	20170412114728	7	37,69
11	39,952287	32,796580	20170412114749	7	31,59
12	39,952303	32,796589	20170412114805	7	29,69
13	39,952771	32,796851	20170412114824	8	28,19
14	39,952753	32,796824	20170412114844	8	25,23
15	39,952732	32,796801	20170412114903	9	22,20
16	39,952703	32,796797	20170412114925	9	22,20
17	39,952741	32,796598	20170412114949	10	20,29
18	39,952726	32,796588	20170412115007	10	18,93
19	39,952709	32,796561	20170412115027	11	18,09

Çizelge 4.1 Açık hava cihaz verileri (devam)

20	39,952678	32,796525	20170412115048	11	17,00
21	39,952624	32,796534	20170412115107	12	12,52
22	39,952460	32,796701	20170412115129	12	12,17
23	39,952460	32,796701	20170412115147	12	12,17
24	39,952460	32,796701	20170412115205	12	12,17
25	39,952460	32,796701	20170412115225	13	12,17
26	39,952670	32,796678	20170412115245	13	11,83
27	39,952501	32,796761	20170412115304	13	11,21
28	39,952651	32,796653	20170412115327	14	9,62
29	39,952648	32,796641	20170412115348	14	9,39

Enlem ve Boylam sütunları cihazın ilgili kayıtta elde ettiği konum verisine ait enlem ve boylam değerlerini ve Tarih sütunu ise o verilerin hangi zamanda alındığını ifade etmektedir.

Uydu Sayısı sütunu cihazın ilgili kayıttaki konum verilerini alırken kaç tane uydu ile haberleştiğini ifade etmektedir. Daha öncede bahsedildiği üzere, konumun belirlenebilmesi için alıcının en az üç tane GPS uydusuyla sinyal alışverişinde bulunması gerekmektedir. Dikkat edilirse çizelgede elde edilen değerlerde uydu miktarı her zaman için 3'den büyük olmuştur.

Çizelge 4.1'in artan zamana göre sıralandığı göz önünde bulundurulduğunda, zaman ilerledikçe alıcı ile haberleşen uydu miktarının arttığı gözlemlenmektedir. Yani cihaz daha fazla uydudan veri çekmektedir.

Hata Payı sütunu ilgili kayıtta elde edilmiş konumun, cihazın gerçekte bulunduğu

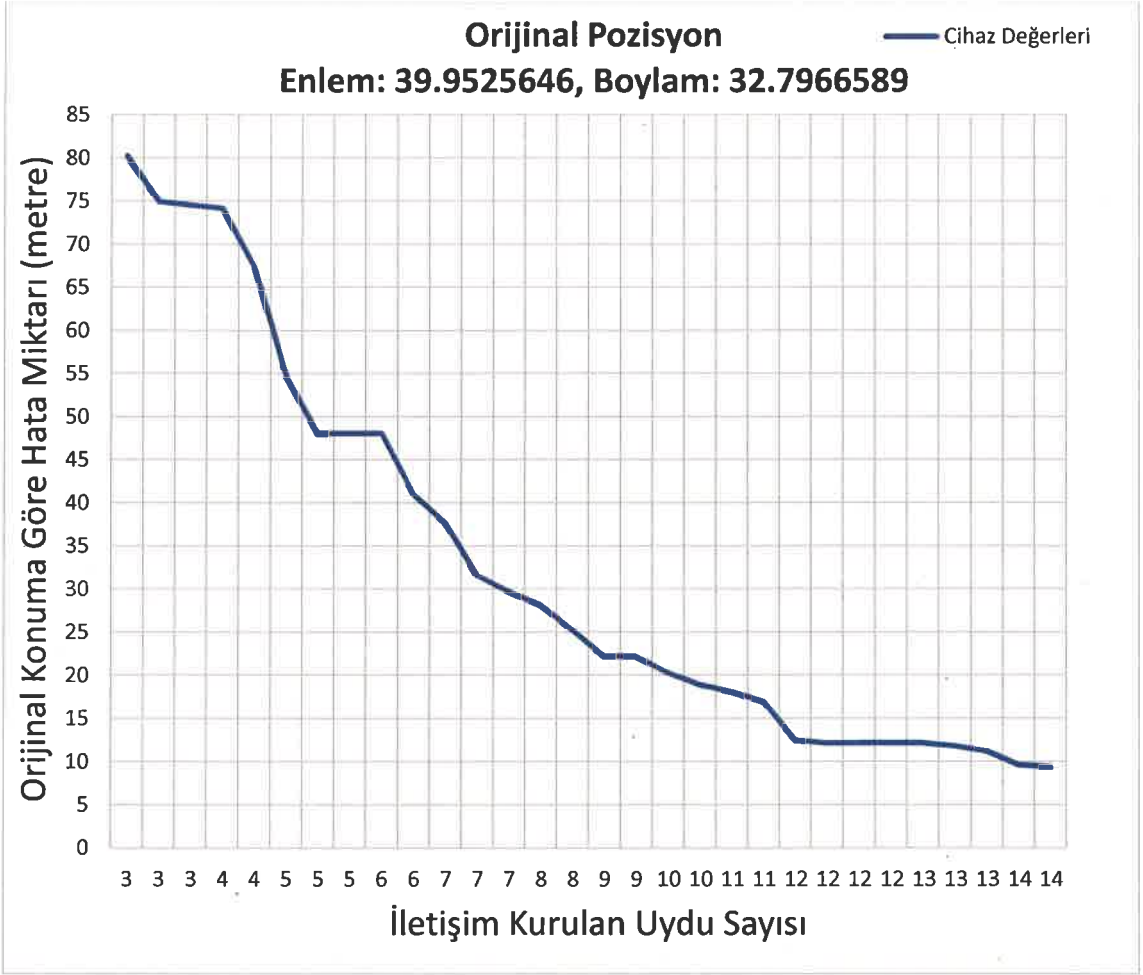
konuma uzaklığının metre cinsinden değerini ifade etmektedir. Bu uzaklığın ve bu bölümde yer alan Google Maps üzerinde bulunan iki konum arasındaki uzaklıkların tümünün hesaplanmasında Bölüm 3.2.6'da anlatılan distance2point fonksiyonu kullanılmıştır.

Çizelge 4.1 değerlendirildiğinde, konum değerlerinin zamana bağlı olarak değişebildiği gözlemlenmektedir. Yani cihaz hareket ettirilmemesine rağmen cihazdan çoğu kez farklı konum değerleri alındığı anlaşılmaktadır. Konum ile ilgili en önemli iki veri enlem ve boylam değerleri olmakla birlikte, GPS alıcısının zamana bağlı olarak iletişim kurduğu ve konum verilerini aldığı uydu miktarı değişmektedir. Örneğin zaman ve uydu sayısı sütunlarına bakıldığında, alıcının haberleştiği uydu sayısı zamana göre değişkenlik göstermiştir.

Çizelge 4.1'deki Uydu Sayısı sütunundaki verilerin, Hata Payı sütunundaki değerlere göre değişim grafiği şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 ve bu çizelgeden elde edilen şekil 4.1 grafiği yorumlandığında, veri alınan uydu sayısı arttıkça enlem ve boylam değerlerinin, gerçek konum değerlerine daha da yaklaştığı ve böylece hata payının azaldığı rahatça görülebilmektedir. Veri alınan uydu miktarı 4 olduğunda, belirlenen konum ile gerçek konum arasındaki uzaklık 67,28 metre iken, uydu miktarı 14 olduğunda bu mesafe 9,39 metre olarak ölçülmüştür. Çizelge 4.1'den genel olarak bu şekilde bir sonuca varılabilirken, bazı durumlarda uydu sayısı sabit olmasına rağmen farklı hata payı değerlerinin elde edildiği görülmektedir. Bu duruma çizelgede birçok kayıtta rastlanabilmektedir. Örneğin, 1. ve 2. kayıtlarda (Kayıt No=1 ve Kayıt No=2) iletişim kurulan uydu sayısının her ikisinde de 3 olduğu, ancak hata payının birisinde 74,96 metre, diğerinde 74,56 metre olduğu görülmektedir. Bu durum, söz konusu iki kayıtta da 3 uydu ile iletişim kurulduğu ancak bu 3 uydunun farklı 3'er uydu olduğu şeklinde açıklanabilir. Kaideyi bozan bir başka durum ise çizelgede uydu sayısının artmasına rağmen hata payının değişmediği durumların var olmasıdır. Normalde uydu sayısının artmasıyla hata payının düşmesi gerekirken bazı kayıtlarda hata payının değişmediği gözlemlenmektedir. Bu duruma 7. ve 8. kayıtlarda ve 24. ve 25. kayıtlarda rastlanmıştır. 7. kayıtta uydu sayısı 5, 8. kayıtta uydu sayısı 6

olmasına rağmen her ikisinde de hata payının 48,02 metre olduğu, 24. kayıtta uydu sayısı 12, 25. kayıtta uydu sayısı 13 olmasına rağmen her ikisinde de hata payının 12,17 metre olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum ise iletişime geçilen yeni uydunun hesaplamalarda fayda sağlamadığı şeklinde yorumlanabilir. Genel kaideyi bozan iki bulgunun sonucu olarak, iletişim kurulan uydu sayısı arttıkça hata payı düşer yargısı genel olarak doğru olmakla birlikte her durumda doğru olmadığı görülmektedir.



Şekil 4.1 Açık hava cihaz verileri hata miktarı grafiği

Cihazdan açık havada 30 kez veri alınması sonucu elde edilen ve çizelge 4.1'de gösterilen konum verilerinin Google Maps üzerinde gösterimi şekil 4.2'de verilmiştir.

Şekil 4.2'de yeşil renkle gösterilen konum cihazın bulunduğu gerçek konum, kırmızı renkle gösterilen konumlar cihazdan açık havada alınan konumlardır.



Şekil 4.2 Açık hava cihaz verileri Google Maps konum gösterimi

Cihaz çalıştırılıp hareket ettirilmeden açık havada alınan sonuçlar yukarıda tartışılmıştır. Cihaz ile bulutlu havada da 30 kez konum verisi alınmış ve sonuçları kaydedilmiştir. Bulutlu havada elde edilen sonuçlar çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Bulutlu hava cihaz verileri

Kayıt No	Enlem	Boylam	Tarih	Uydu Sayısı	Hata Payı (metre)
0	39,953307	32,797505	20170413131407	3	109,61
1	39,953201	32,797501	20170413131427	3	100,70
2	39,951902	32,796100	20170413131449	4	87,73
3	39,951902	32,796100	20170413131508	4	87,73
4	39,953101	32,796100	20170413131527	5	76,33
5	39,953058	32,796142	20170413131547	5	70,36
6	39,953021	32,796158	20170413131608	5	66,32
7	39,951986	32,796521	20170413131627	5	65,40
8	39,952001	32,796408	20170413131649	6	66,21
9	39,952031	32,796432	20170413131706	6	62,40
10	39,952923	32,796256	20170413131728	6	52,60
11	39,952975	32,796244	20170413131749	7	57,73
12	39,952302	32,796870	20170413131803	7	34,29
13	39,952121	32,796532	20170413131828	7	50,49
14	39,952132	32,796540	20170413131846	8	49,15
15	39,952136	32,796740	20170413131904	9	48,15
16	39,952871	32,796282	20170413131925	9	46,82
17	39,952871	32,796282	20170413131949	10	46,82
18	39,952871	32,796282	20170413132006	11	46,82
19	39,952714	32,796312	20170413132026	11	33,91

Çizelge 4.2 Bulutlu hava cihaz verileri (devam)

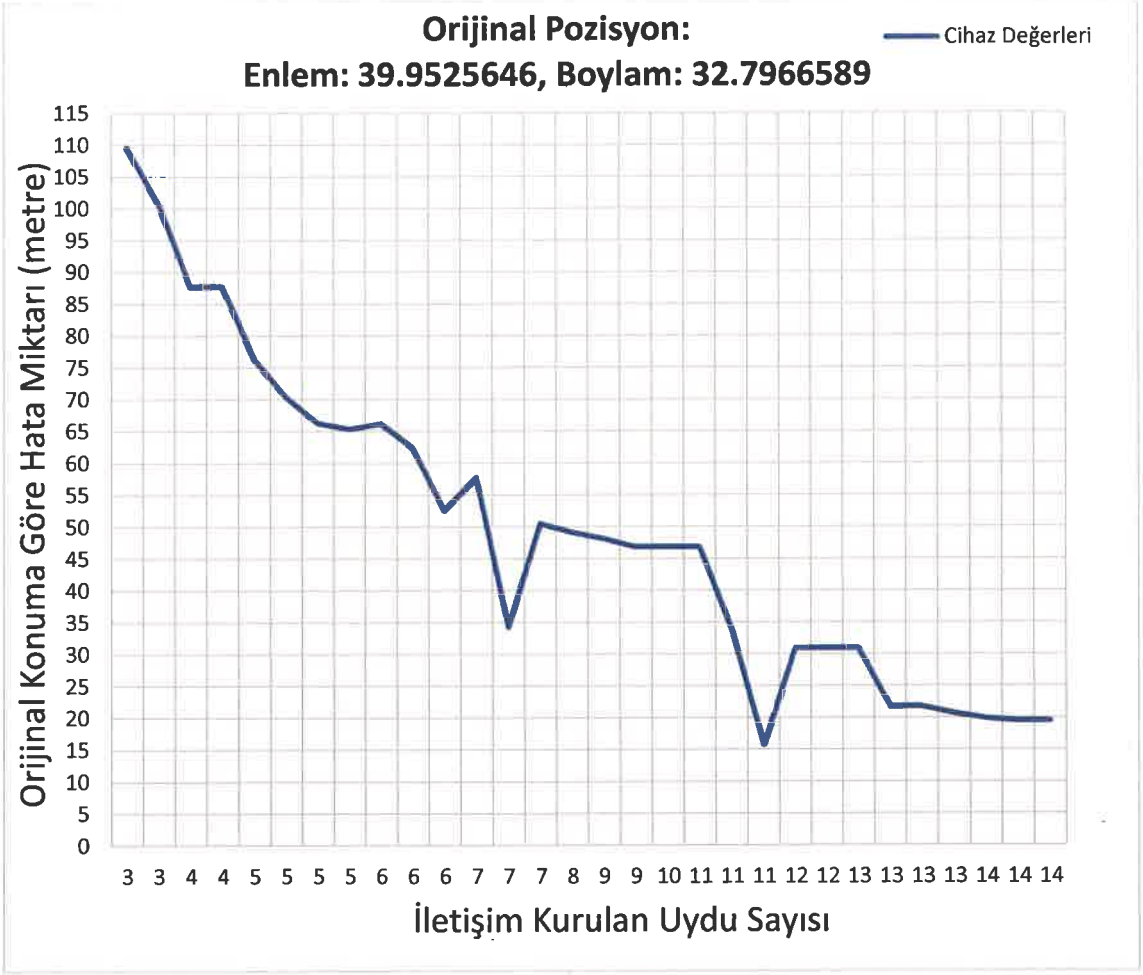
20	39,952702	32,796704	20170413132046	11	15,75
21	39,952651	32,796314	20170413132107	12	30,92
22	39,952651	32,796314	20170413132128	12	30,92
23	39,952651	32,796314	20170413132147	13	30,92
24	39,952694	32,796851	20170413132207	13	21,79
25	39,952694	32,796660	20170413132225	13	21,79
26	39,952751	32,796651	20170413132247	13	20,73
27	39,952651	32,796454	20170413132302	14	19,93
28	39,952650	32,796659	20170413132322	14	19,50
29	39,952650	32,796659	20170413132345	14	19,50

Çizelge 4.2'de de kayıt numaralarına göre enlem ve boylam değerleri verilmiş ve bu değerlerin elde edildiği anda iletişim kurulan uydu sayısı verilmiştir. Ayrıca çizelgenin son sütununda cihazın verdiği konumun cihazın gerçekte bulunduğu konuma olan uzaklık değeri verilmiştir.

Uydu sayısı gerçek zamanlı konumun belirlenebilmesi için en az 3 GPS uydusu ile iletişim kurulması gerektiğinden çizelge 4.2'de de Uydu Sayısı kolonundaki değerler her zaman 3'den büyük olmuştur.

Çizelge 4.2 değerlendirildiğinde, açık havada olduğu gibi cihaz hareket ettirilmemesine rağmen cihazdan çoğu kez farklı konum değerleri alındığı görülmüştür. Burada da zamana göre iletişim kurulan uydu miktarı değişmiştir.

Çizelge 4.2'deki Uydu Sayısı sütunundaki verilerin, Hata Payı sütunundaki değerlere göre değişim grafiği şekil 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Bulutlu hava cihaz verileri hata miktarı grafiği

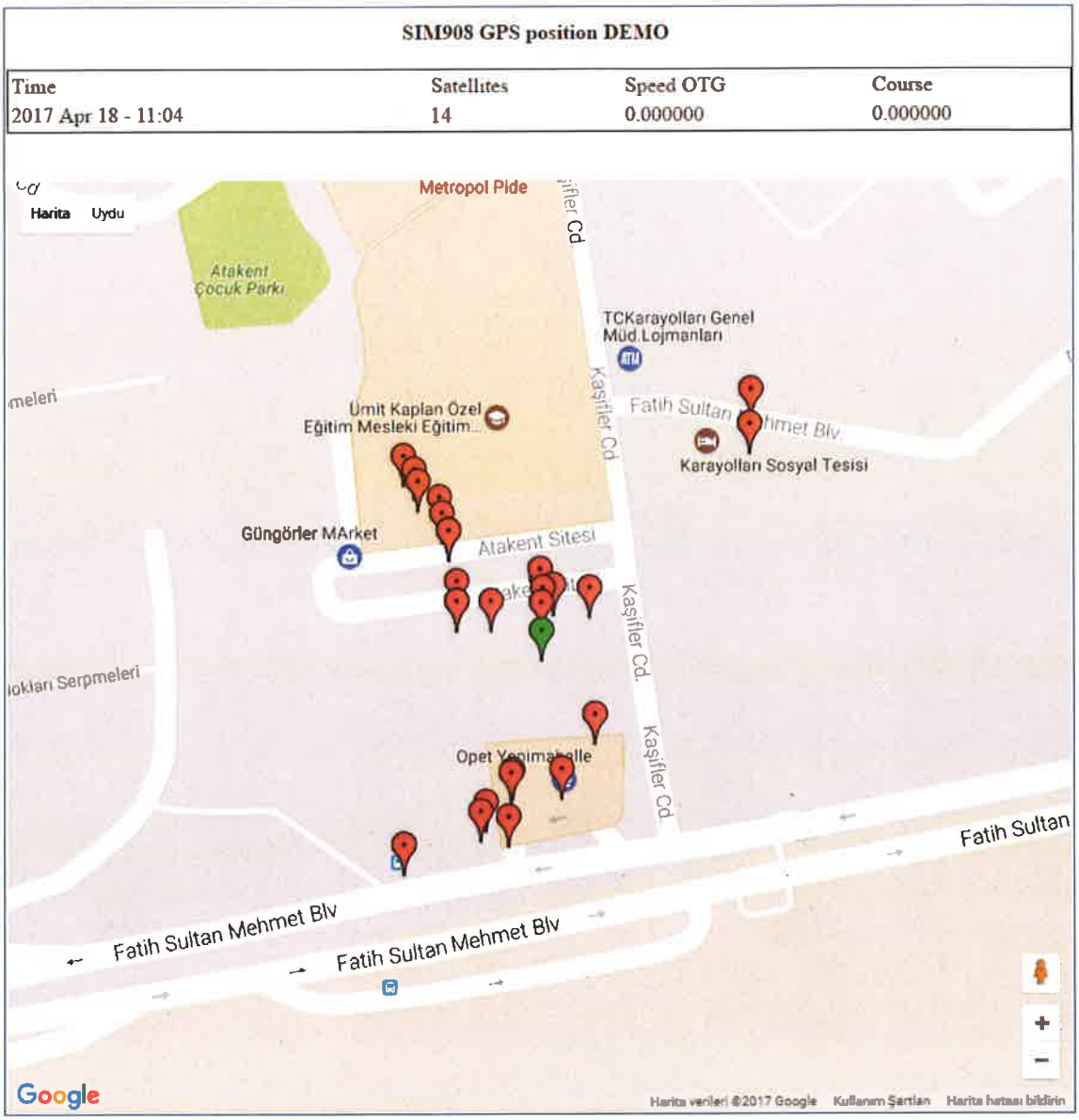
Çizelge 4.2 ve bu çizelgeden elde edilen şekil 4.3 grafiği yorumlandığında, veri alınan uydu sayısı arttıkça enlem ve boylam değerlerinin, gerçek konum değerlerine daha da yaklaştığı ve böylece hata payının azaldığı rahatça görülebilmektedir. Veri alınan uydu miktarı 3 olduğunda, belirlenen konum ile gerçek konum arasındaki uzaklık 109,61 metre iken, uydu miktarı 14 olduğunda bu mesafe 19,50 metre olarak ölçülmüştür. Çizelge 4.2'den genel olarak bu şekilde bir sonuca varılabilirken, açık havada olduğu gibi bulutlu havada da bazı durumlarda uydu sayısı sabit olmasına rağmen farklı hata payı değerlerinin elde edildiği görülmektedir. Örneğin, çizelgede 0. ve 1. kayıtlarda (Kayıt No=0 ve Kayıt No=1) iletişim kurulan uydu sayısının her ikisinde de 3 olduğu, ancak hata payının birisinde 109,61 metre, diğerinde 100,70 metre olduğu görülmektedir. Bu durum, söz konusu iki kayıtta da 3 uydu ile iletişim kurulduğu ancak bu 3 uydunun farklı 3'er uydu olduğu şeklinde açıklanabilir. Yine acık havada da var

olan kaideyi bozan bir başka durum ise çizelgede uydu sayısının artmasına rağmen hata payının değişmediği durumların var olmasıdır. Normalde uydu sayısının artmasıyla hata payının düşmesi gerekirken bazı kayıtlarda hata payının değişmediği gözlemlenmektedir. Bu duruma 16.,17. ve 18. kayıtlarda ve 22. ve 23. kayıtlarda rastlanmıştır. 16. kayıtta uydu sayısı 9, 17. kayıtta uydu sayısı 10 ve 18. kayıtta uydu sayısı 11 olmasına rağmen her üçünde de hata payının 46,82 metre olduğu, 22. kayıtta uydu sayısı 12, 23. kayıtta uydu sayısı 13 olmasına rağmen her ikisinde de hata payının 30,92 metre olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum ise iletişime geçilen yeni uydunun hesaplamalarda fayda sağlamadığı şeklinde yorumlanabilir. Genel kaideyi bozan iki bulgunun sonucu olarak, açık havada olduğu gibi bulutlu havada da iletişim kurulan uydu sayısı arttıkça hata payı düşer yargısı genel olarak doğru olmakla birlikte her durumda doğru olmadığı görülmektedir.

Cihazdan bulutlu havada 30 kez veri alınması sonucu elde edilen ve çizelge 4.2'de gösterilen konum verilerinin Google Maps üzerinde gösterimi şekil 4.4'de verilmiştir.

Şekil 4.4'de yeşil renkle gösterilen konum cihazın bulunduğu gerçek konum, kırmızı renkle gösterilen konumlar cihazdan bulutlu havada alınan konumlardır.

Açık havada cihazdan alınan verilerin yer aldığı çizelge 4.1 ve bulutlu havada cihazdan alınan verilerin yer aldığı çizelge 4.2 birlikte değerlendirildiğinde, bulutlu havada, açık havada elde edilen hata payı değerlerine göre daha yüksek hata payı değerlerinin elde edildiği görülmektedir. Açık havada cihazdan alınan ilk kayıtta (Kayıt No=0) hata payı değeri 80,22 metre iken, bulutlu havada aynı kayıtta alınan hata payı değeri 109,61 metre olmuştur. Diğer taraftan cihazdan alınan son kayıtta (Kayıt No=29) hata payı değeri 9,39 metre iken, bulutlu havada aynı kayıtta alınan hata payı değeri 19,50 metre olmuştur. İlk kayıtta açık havada alınan hata payı değeri, bulutlu havada alınan hata payı değerinden 29,39 metre daha az, son kayıtta ise 10,11 metre daha azdır. Sonuç olarak cihazın açık havada, bulutlu havaya nazaran konum verileri bakımından daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.



Şekil 4.4 Bulutlu hava cihaz verileri Google Maps konum gösterimi

Yukarıda anlatılan deneyler sonucunda cihazdan alınan konumun, cihazın bulunduğu gerçek konumdan bir miktar uzakta olduğu görülmüştür. Bu hata payının düşürülmesi, yani cihazdan alınan konumun gerçek konuma daha da yaklaştırılabilmesi için çalışma kapsamında cihazdan alınan konum değerlerine Bölüm 3.2.4'de anlatılan Kalman filtresi ve Bölüm 3.2.5'de anlatılan Average filtresi uygulanmıştır.

Cihazdan alınan konum değerlerine Kalman filtresi uygulanırken Bölüm 3.2.4'de anlatıldığı gibi enlem değerlerine ayrı, boylam değerlerine ayrı Kalman filtresi

uygulanmış ve sonuçta elde edilen enlem ve boylam değerleri birleştirilerek yeni konum değerleri elde edilmiştir.

Cihazdan açık havada alınan çizelge 4.1'de verileri bulunan 30 konuma ait enlem ve boylam değerlerine Kalman filtresinin ayrı ayrı uygulanması sonucu elde edilen değerler çizelge 4.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 Açık hava Kalman verileri

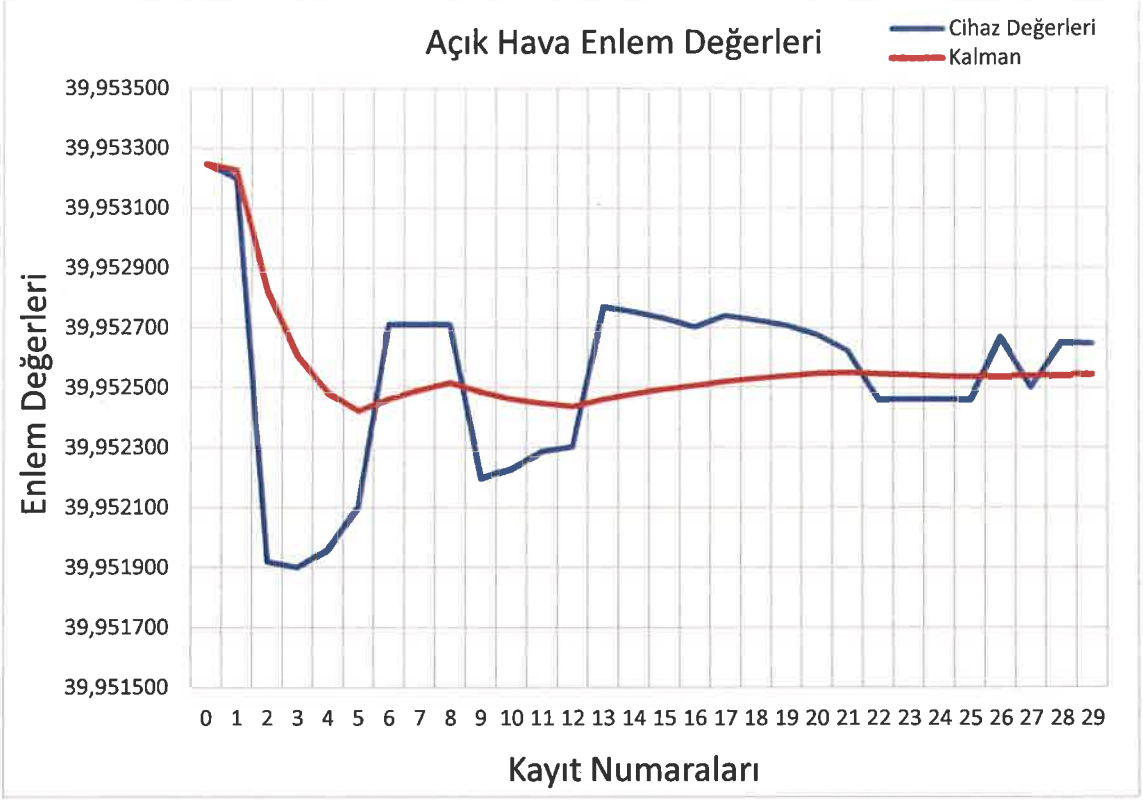
Kayıt No	Enlem	Boylam	Tarih	Uydu Sayısı	Hata Payı (metre)
0	39,953250	32,796365	20170412114409	3	80,22
1	39,953228	32,796365	20170412114429	3	77,90
2	39,952825	32,796530	20170412114449	3	30,90
3	39,952608	32,796539	20170412114508	4	11,30
4	39,952485	32,796551	20170412114527	4	12,76
5	39,952423	32,796560	20170412114547	5	17,86
6	39,952463	32,796647	20170412114608	5	11,34
7	39,952493	32,796712	20170412114627	5	9,15
8	39,952517	32,796764	20170412114649	6	10,40
9	39,952486	32,796746	20170412114706	6	11,46
10	39,952463	32,796731	20170412114728	7	12,86
11	39,952449	32,796719	20170412114749	7	13,83
12	39,952438	32,796709	20170412114805	7	14,71
13	39,952461	32,796719	20170412114824	8	12,60

Çizelge 4.3 Açık hava Kalman verileri (devam)

14	39,952480	32,796726	20170412114844	8	11,00
15	39,952496	32,796731	20170412114903	9	9,79
16	39,952508	32,796734	20170412114925	9	8,97
17	39,952521	32,796727	20170412114949	10	7,56
18	39,952531	32,796720	20170412115007	10	6,40
19	39,952540	32,796712	20170412115027	11	5,28
20	39,952547	32,796703	20170412115048	11	4,23
21	39,952550	32,796695	20170412115107	12	3,47
22	39,952546	32,796696	20170412115129	12	3,77
23	39,952543	32,796696	20170412115147	12	3,97
24	39,952539	32,796696	20170412115205	12	4,25
25	39,952536	32,796696	20170412115225	13	4,48
26	39,952541	32,796696	20170412115245	13	4,10
27	39,952540	32,796698	20170412115304	13	4,31
28	39,952544	32,796696	20170412115327	14	3,90
29	39,952547	32,796695	20170412115348	14	3,64

Çizelge 4.3 incelendiğinde, cihazdan açık havada elde edilen 30 adet konum değerinin Kalman filtresinden geçirilmesi sonucunda, 3,64 metreye kadar gerçek konuma yaklaşıldığı görülmektedir.

Çizelge 4.1'de bulunan alıcı cihazın açık havada elde ettiği 30 enlem değeri ile bu enlem değerlerinin Kalman filtresinden geçirilmesi sonucu elde edilen ve çizelge 4.3'de gösterilen enlem değerlerinin değişim grafiği şekil 4.5'de gösterilmiştir.



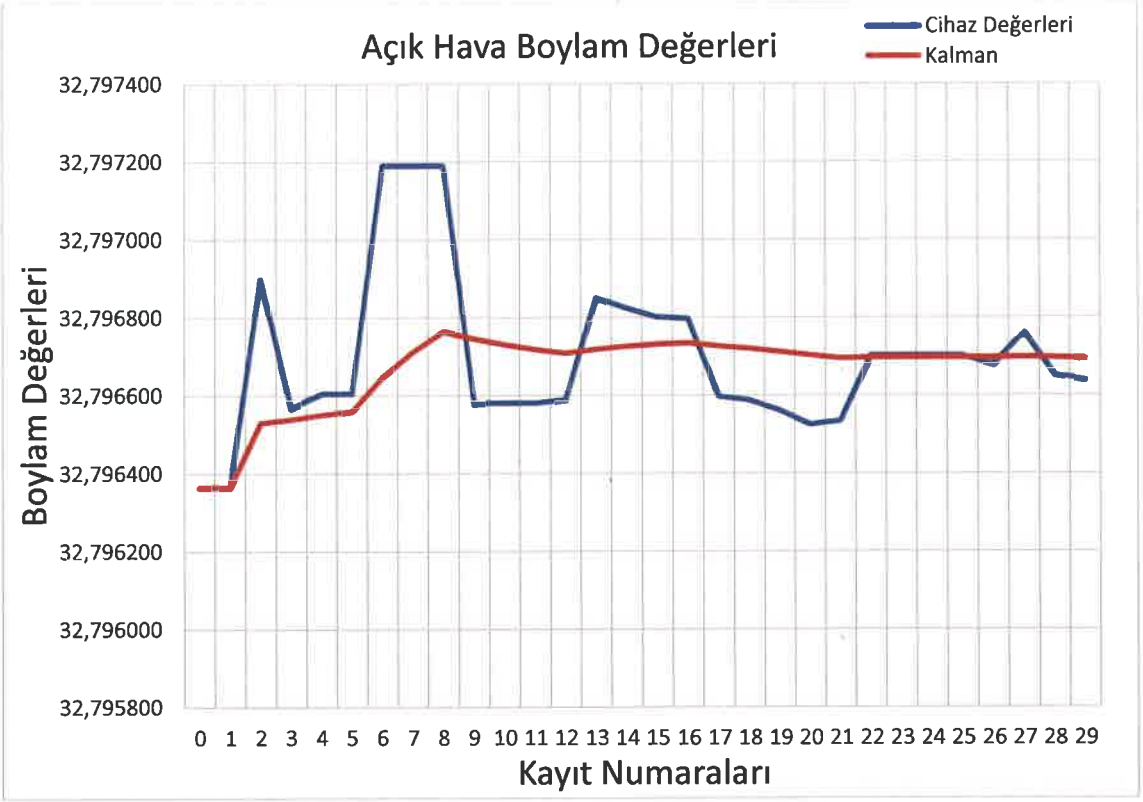
Şekil 4.5 Açık hava cihaz - Kalman verileri enlem değişim grafiği

Şekil 4.5'e bakıldığında Kalman filtresi sonucu elde edilen enlem değerlerinde, orijinal değerlerde elde edilen gürültülere bağlı oluşan ani sapmaların önlendiği ve grafiğin makul bir değere yakınsadığı görülmektedir. Örneğin 1. kayıttan 2. kayıta ani bir geçiş olmasına rağmen Kalman çizgisin bakıldığında anlık geçişlerin elemine edildiği görülmektedir.

Aynı şekilde çizelge 4.1'de bulunan alıcı cihazın açık havada elde ettiği 30 boylam değeri ile bu boylam değerlerinin Kalman filtresinden geçirilmesi sonucu elde edilen ve çizelge 4.3'de gösterilen boylam değerlerinin değişim grafiği şekil 4.6'da gösterilmiştir.

Şekil 4.6'ya bakıldığında Kalman filtresi sonucu elde edilen boylam değerlerinde, orijinal değerlerde elde edilen gürültülere bağlı oluşan ani sapmaların önlendiği ve grafiğin makul bir değere yakınsadığı görülmektedir. Ani sapmalara örnek olarak 5. kayıttan 6. kayıta geçiş gösterilebilir. Görüldüğü gibi Kalman filtresi ani geçişleri

önlemede etkilidir.



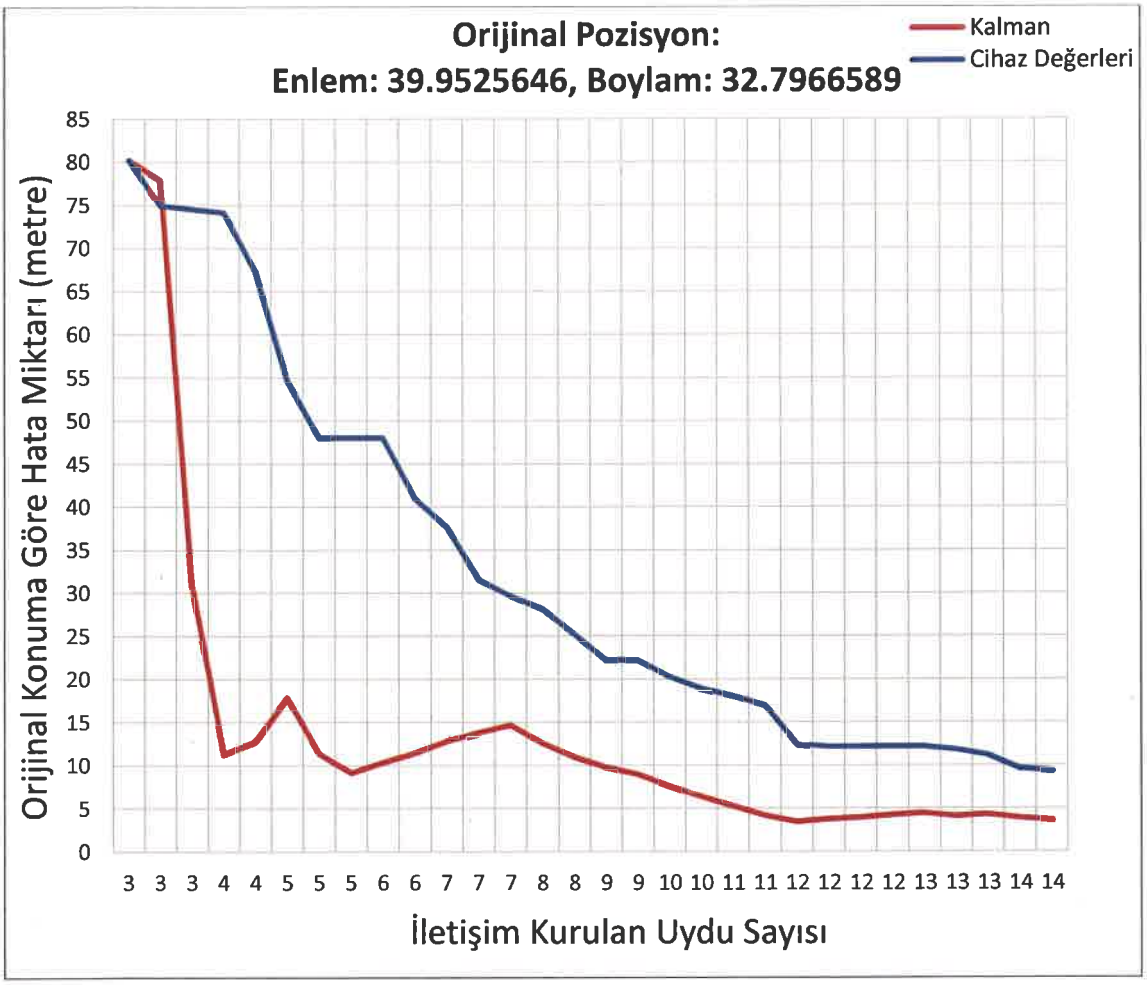
Şekil 4.6 Açık hava cihaz - Kalman verileri boylam değişim grafiği

Çizelge 4.1 ve çizelge 4.3'de yer alan Uydu Sayısı kolonundaki değerlere göre Hata Payı kolonlarındaki değerlerin değişimini gösteren grafik şekil 4.7'de gösterilmiştir.

Şekil 4.7 değerlendirildiğinde, alıcı cihazdan alınan orijinal değerlere göre hesaplanan hata payı değeri 14 uydudan veri çekildiğinde 10 metreye yakınken, aynı hata payı değerine verilerin Kalman filtresinden geçirilmesi sonucunda 4 uydudan veri çekilmesinde erişilebilmiştir. Aynı zamanda verilerin Kalman filtresinden geçirilmesi sonucu elde edilen verilerde 14 uydudan veri çekildiğinde hata payının 4 metre civarına düştüğü gözlemlenmektedir.

Kalman filtresi sonuçları değerlendirildiğinde, alıcı cihazın açık havada aldığı verilerde son kayıtta hata payı 9,39 metre olarak ölçülmüş, değerler Kalman filtresinden

geçirildiğinde aynı kayıtta hata payı 3,64 olarak ölçülmüştür. Söz konusu son kayıtlara göre değerlendirme yapıldığında, Kalman filtresinin açık havada sisteme 5,65 metre kadar fayda sağladığı söylenebilir.



Şekil 4.7 Açık hava cihaz - Kalman verileri hata miktarı değişim grafiği

Cihazdan açık havada alınan hata payı değerlerinin minimumu ile sonuçların Kalman filtresinden geçirilmesi sonucu elde edilen hata payı değerlerinin minimumu da karşılaştırılabilir. Cihazdan alınan minimum hata değeri son kayıtta alınan 9,39 metre, Kalman sonuçlarından alınan minimum hata değeri 21. kayıtta alınan 3,47 metre değeridir. Bu değerler baz alındığında, Kalman filtresinin sisteme 5,92 metre gibi bir fayda sağladığı söylenebilir.

Cihazdan açık havada 30 kez veri alınması sonucu elde edilen verilerin Kalman filtresinden geçirilmesi sonucu elde edilen verilere ait konumların Google Maps üzerinde gösterimi şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8 Açık hava Kalman verileri Google Maps konum gösterimi

Şekil 4.8'de yeşil renkle gösterilen konum, cihazın bulunduğu gerçek konum, mavi renkle gösterilen konumlar Kalman filtresi sonuçlarından elde edilen konumlardır.

Cihazdan bulutlu havada alınan çizelge 4.2'de verileri bulunan 30 konuma ait enlem ve

boylam değerlerine Kalman filtresinin ayrı ayrı uygulanması sonucu elde edilen değerler çizelge 4.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 Bulutlu hava Kalman verileri

Kayıt No	Enlem	Boylam	Tarih	Uydu Sayısı	Hata Payı (metre)
0	39,953307	32,797505	20170413131407	3	109,61
1	39,953260	32,797503	20170413131427	3	105,62
2	39,952842	32,797071	20170413131449	4	46,74
3	39,952621	32,796843	20170413131508	4	16,89
4	39,952712	32,796701	20170413131527	5	16,77
5	39,952768	32,796612	20170413131547	5	22,96
6	39,952803	32,796549	20170413131608	5	28,11
7	39,952704	32,796546	20170413131627	5	18,24
8	39,952628	32,796531	20170413131649	6	12,98
9	39,952569	32,796521	20170413131706	6	11,76
10	39,952601	32,796498	20170413131728	6	14,30
11	39,952631	32,796477	20170413131749	7	17,17
12	39,952607	32,796507	20170413131803	7	13,77
13	39,952572	32,796508	20170413131828	7	12,88
14	39,952544	32,796511	20170413131846	8	12,81
15	39,952519	32,796525	20170413131904	9	12,48
16	39,952539	32,796511	20170413131925	9	12,92
17	39,952557	32,796498	20170413131949	10	13,74

Çizelge 4.4 Bulutlu hava Kalman verileri (devam)

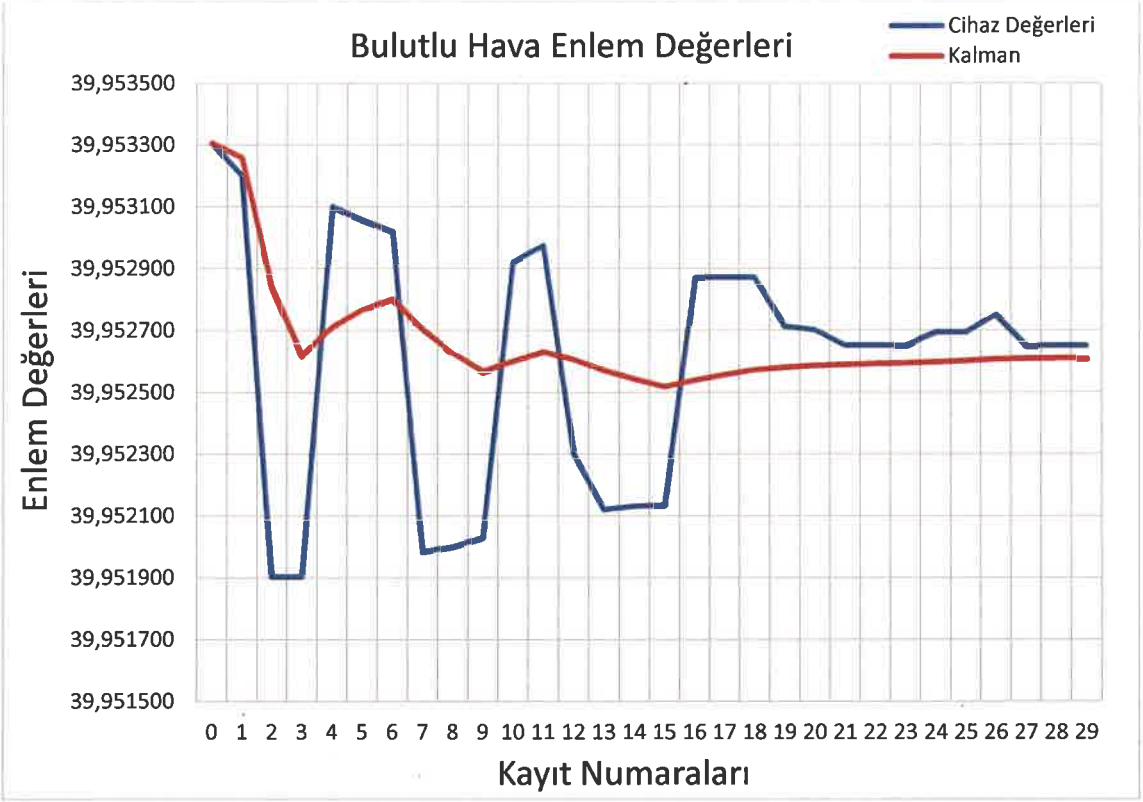
18	39,952573	32,796487	20170413132006	11	14,68
19	39,952580	32,796478	20170413132026	11	15,51
20	39,952586	32,796489	20170413132046	11	14,67
21	39,952589	32,796481	20170413132107	12	15,40
22	39,952592	32,796474	20170413132128	12	16,05
23	39,952594	32,796467	20170413132147	13	16,68
24	39,952598	32,796482	20170413132207	13	15,52
25	39,952602	32,796489	20170413132225	13	15,06
26	39,952607	32,796495	20170413132247	13	14,74
27	39,952609	32,796494	20170413132302	14	14,89
28	39,952610	32,796499	20170413132322	14	14,53
29	39,952611	32,796505	20170413132345	14	14,09

Çizelge 4.4 incelendiğinde, cihazdan bulutlu havada elde edilen 30 adet konum değerinin Kalman filtresinden geçirilmesi sonucunda, 14,09 metreye kadar gerçek konuma yaklaşıldığı görülmektedir.

Çizelge 4.2'de bulunan alıcı cihazın bulutlu havada elde ettiği 30 enlem değeri ile bu enlem değerlerinin Kalman filtresinden geçirilmesi sonucu elde edilen ve çizelge 4.4'de gösterilen enlem değerlerinin değişim grafiği şekil 4.9'da gösterilmiştir.

Şekil 4.9'a bakıldığında Kalman filtresi sonucu elde edilen enlem değerlerinde, orijinal değerlerde elde edilen gürültülere bağlı oluşan ani sapmaların önlendiği ve grafiğin makul bir değere yakınsadığı görülmektedir. Örneğin 1. kayıttan 2. kayıta ani bir geçiş olmasına rağmen Kalman çizgisine bakıldığında anlık geçişlerin elemine edildiği

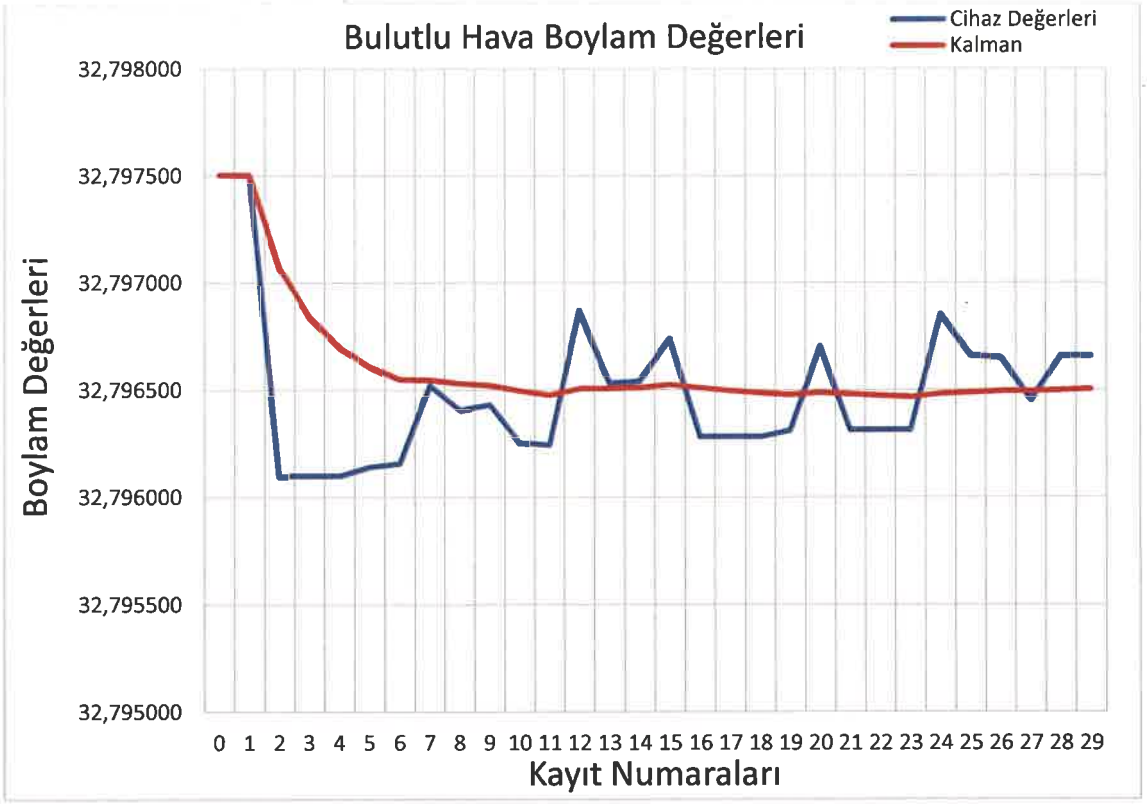
görülmektedir.



Şekil 4.9 Bulutlu hava cihaz - Kalman verileri enlem değişim grafiği

Aynı şekilde çizelge 4.2'de bulunan alıcı cihazın bulutlu havada elde ettiği 30 boylam değeri ile bu enlem değerlerinin Kalman filtresinden geçirilmesi sonucu elde edilen ve çizelge 4.4'de gösterilen boylam değerlerinin değişim grafiği şekil 4.10'da gösterilmiştir.

Şekil 4.10'a bakıldığında Kalman filtresi sonucu elde edilen enlem değerlerinde, orijinal değerlerde elde edilen gürültülere bağlı oluşan ani sapmaların önlendiği ve grafiğin makul bir değere yakınsadığı görülmektedir. Örneğin 1. kayıttan 2. kayıta ani bir geçiş olmasına rağmen Kalman çizgisin bakıldığında anlık geçişlerin elemine edildiği görülmektedir.



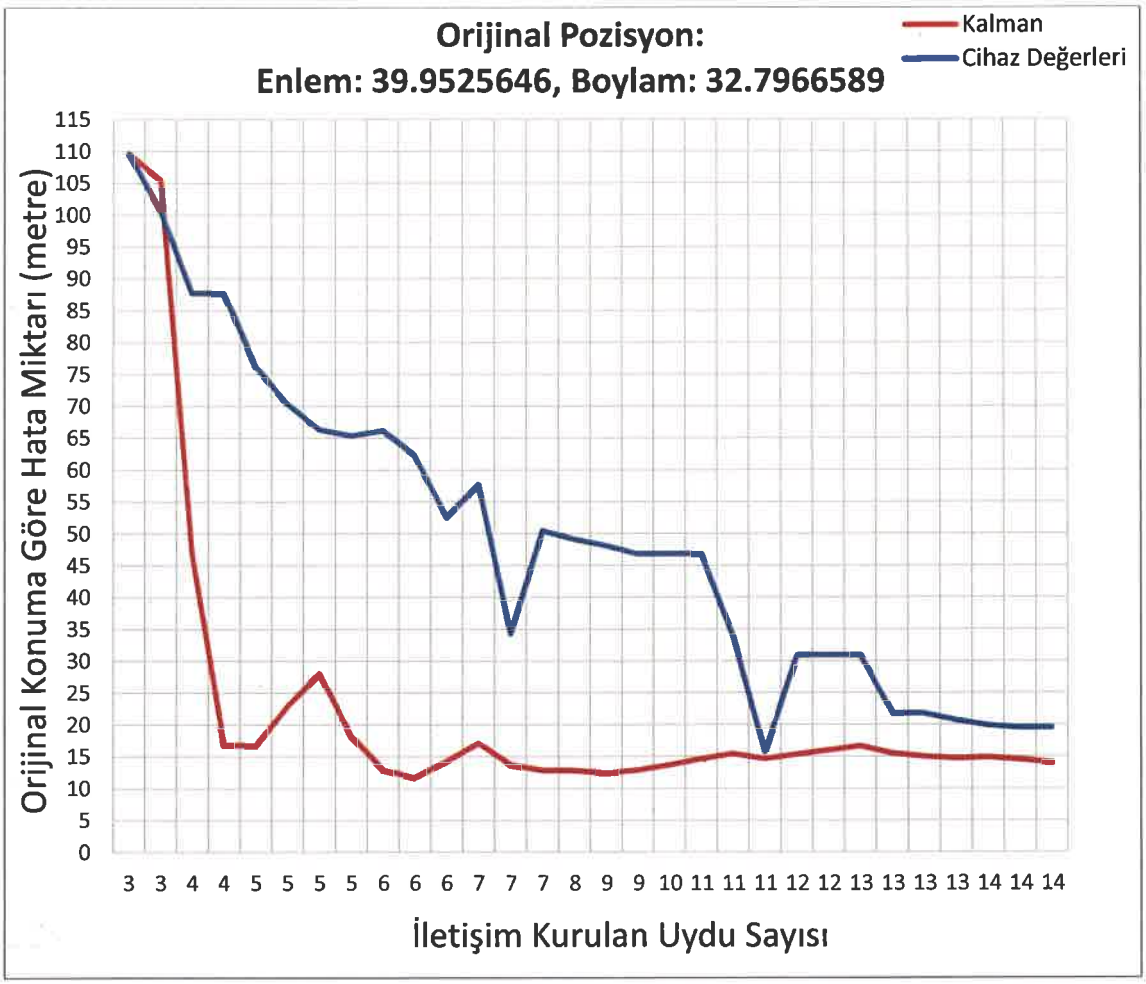
Şekil 4.10 Bulutlu hava cihaz - Kalman verileri boylam değişim grafiği

Çizelge 4.2 ve çizelge 4.4'de yer alan Uydu Sayısı kolonundaki değerlere göre Hata Payı kolonlarındaki değerlerin değişimini gösteren grafik şekil 4.11'de gösterilmiştir.

Şekil 4.11 değerlendirildiğinde, alıcı cihazdan alınan orijinal değerlere göre hesaplanan hata payı değeri 14 uydudan veri çekildiğinde 20 metreye yakınken, aynı hata payı değerine verilerin Kalman filtresinden geçirilmesi sonucunda 4 uydudan veri çekilmesinde erişilebilmiştir. Aynı zamanda verilerin Kalman filtresinden geçirilmesi sonucu elde edilen verilerde 6 uydudan veri çekildiği durumda 12 metre civarında düştüğü, 14 uydudan veri çekildiğinde hata payının 14 metre civarına düştüğü gözlemlenmektedir.

Kalman filtresi sonuçları değerlendirildiğinde, alıcı cihazın bulutlu havada aldığı verilerde son kayıtta hata payı 19,50 metre olarak ölçülmüş, değerler Kalman filtresinden geçirildiğinde aynı kayıtta hata payı 14,09 olarak ölçülmüştür. Söz konusu

son kayıtlara göre değerlendirme yapıldığında, Kalman filtresinin bulutlu havada sisteme 5,41 metre kadar fayda sağladığı görülebilmektedir.

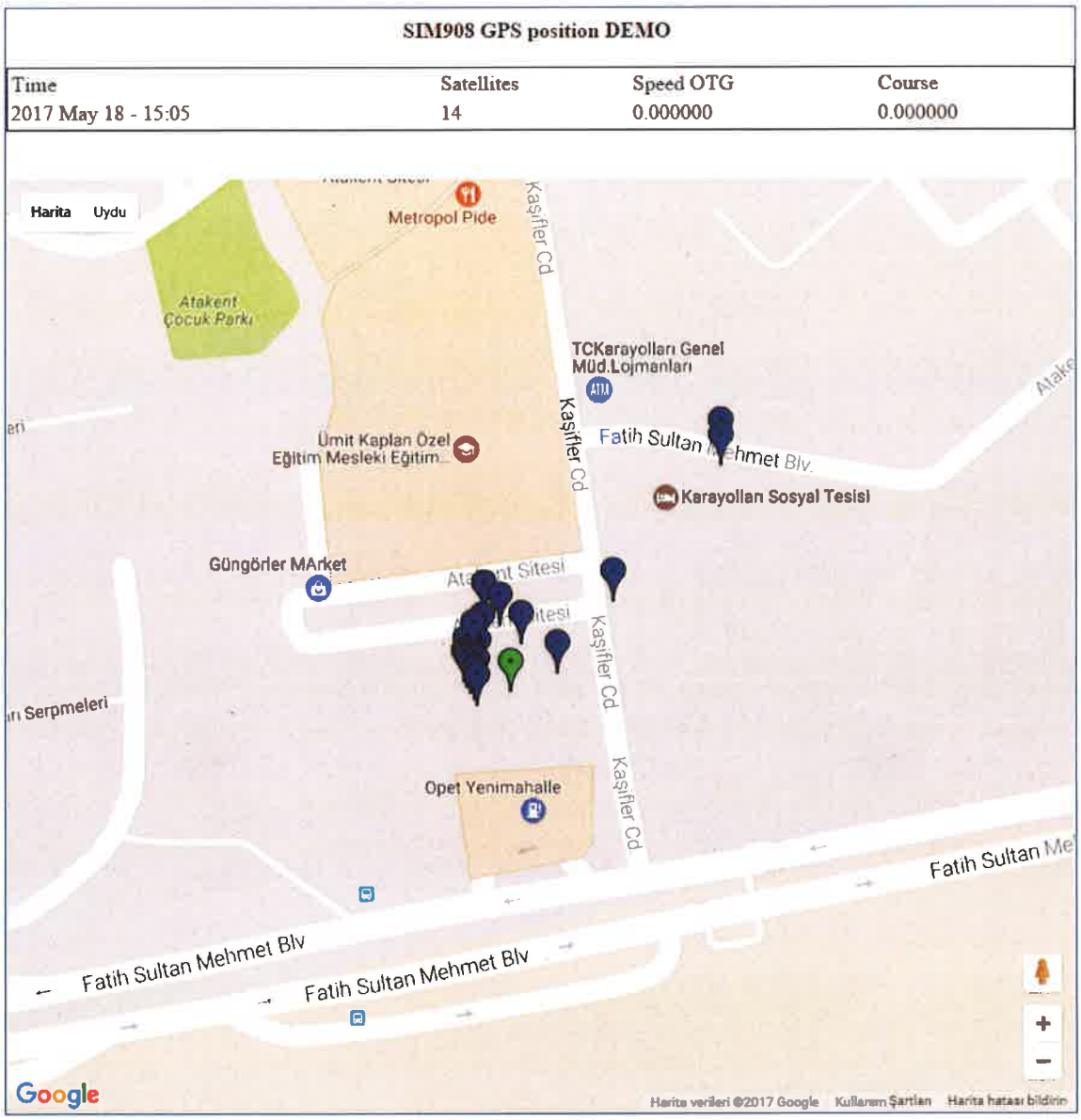


Şekil 4.11 Bulutlu hava cihaz - Kalman verileri hata miktarı değişim grafiği

Cihazdan bulutlu havada alınan hata payı değerlerinin minimumu ile sonuçların Kalman filtresinden geçirilmesi sonucu elde edilen hata payı değerlerinin minimumu da karşılaştırılabilir. Cihazdan alınan minimum hata değeri son kayıtta alınan 19,50 metre, Kalman sonuçlarından alınan minimum hata değeri 9. kayıtta alınan 11,76 metre değeridir. Bu değerler baz alındığında, Kalman filtresinin sisteme 7,74 metre gibi bir fayda sağladığı söylenebilir.

Cihazdan bulutlu havada 30 kez veri alınması sonucu elde edilen verilerin Kalman

filtresinden geçirilmesi sonucu elde edilen verilere ait konumların Google Maps üzerinde gösterimi şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.12 Bulutlu hava Kalman verileri Google Maps konum gösterimi

Şekil 4.12'deki yeşil renkle gösterilen konum, cihazın bulunduğu gerçek konum, mavi renkle gösterilen konumlar Kalman filtresi sonuçlarından elde edilen konumlardır.

Cihazdan alınan konum değerlerine Kalman filtresinin uygulanmasının yanı sıra Average filtresi de uygulanmıştır. Average filtresi uygulanırken Bölüm 3.2.5'de

anlatıldığı gibi enlem değerlerine ayrı, boylam değerlerine ayrı Average filtresi uygulanmış ve sonuçta elde edilen enlem ve boylam değerleri birleştirilerek yeni konum değerleri elde edilmiştir.

Cihazdan açık havada alınan çizelge 4.1'de verileri bulunan 30 konuma ait enlem ve boylam değerlerine Average filtresinin ayrı ayrı uygulanması sonucu elde edilen değerler çizelge 4.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 Açık hava Average verileri

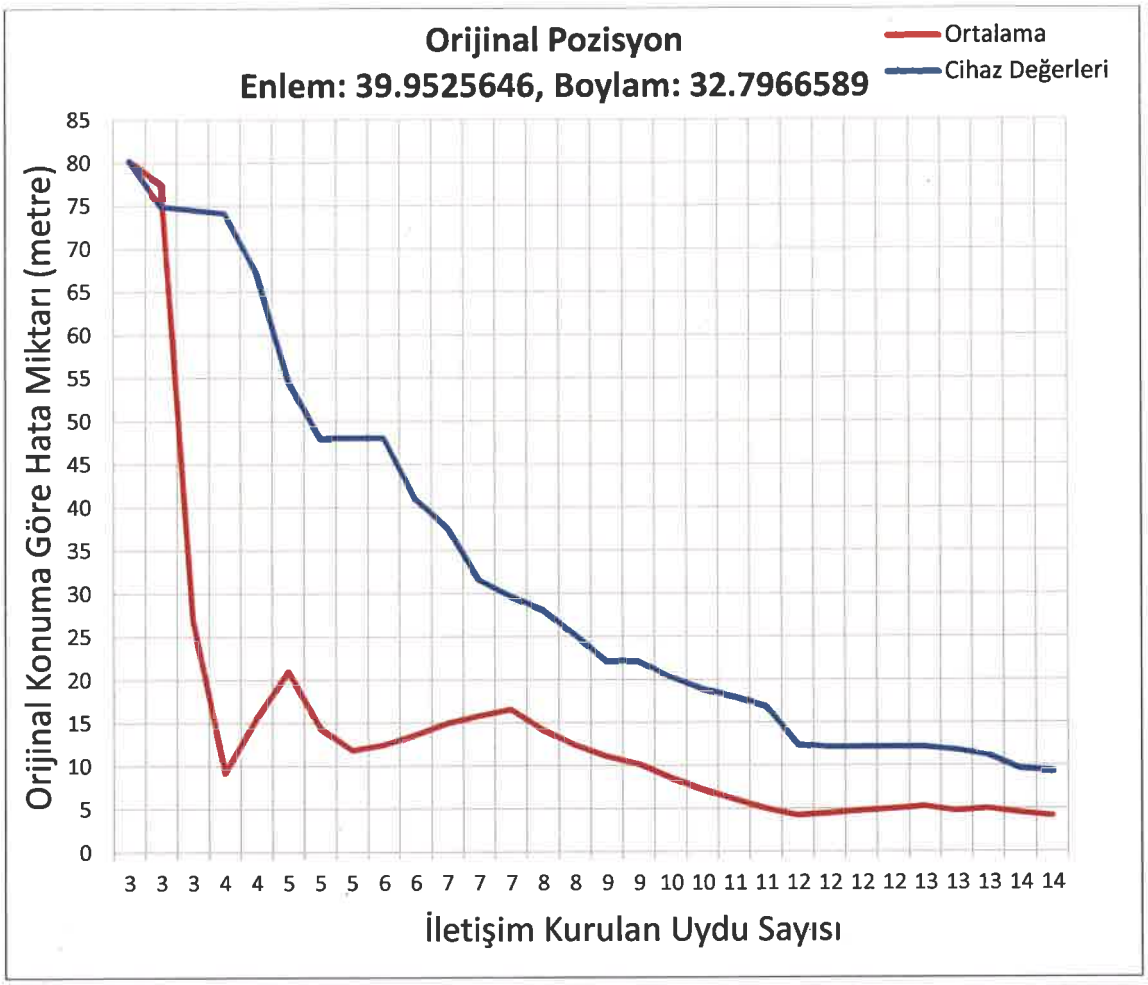
Kayıt No	Enlem	Boylam	Tarih	Uydu Sayısı	Hata Payı (metre)
0	39,953250	32,796365	20170412114409	3	80,23
1	39,953225	32,796365	20170412114429	3	77,59
2	39,952790	32,796543	20170412114449	3	26,94
3	39,952568	32,796550	20170412114508	4	9,29
4	39,952446	32,796561	20170412114527	4	15,61
5	39,952389	32,796568	20170412114547	5	21,01
6	39,952435	32,796657	20170412114608	5	14,41
7	39,952470	32,796723	20170412114627	5	11,85
8	39,952496	32,796775	20170412114649	6	12,50
9	39,952467	32,796756	20170412114706	6	13,65
10	39,952445	32,796740	20170412114728	7	14,99
11	39,952432	32,796726	20170412114749	7	15,82
12	39,952422	32,796716	20170412114805	7	16,59
13	39,952447	32,796725	20170412114824	8	14,24

Çizelge 4.5 Açık hava Average verileri (devam)

14	39,952468	32,796732	20170412114844	8	12,42
15	39,952484	32,796736	20170412114903	9	11,11
16	39,952497	32,796740	20170412114925	9	10,21
17	39,952511	32,796732	20170412114949	10	8,62
18	39,952522	32,796724	20170412115007	10	7,30
19	39,952531	32,796716	20170412115027	11	6,14
20	39,952538	32,796707	20170412115048	11	5,06
21	39,952542	32,796699	20170412115107	12	4,24
22	39,952539	32,796699	20170412115129	12	4,45
23	39,952535	32,796699	20170412115147	12	4,75
24	39,952532	32,796699	20170412115205	12	4,98
25	39,952529	32,796700	20170412115225	13	5,29
26	39,952535	32,796699	20170412115245	13	4,75
27	39,952533	32,796701	20170412115304	13	5,02
28	39,952538	32,796699	20170412115327	14	4,52
29	39,952541	32,796697	20170412115348	14	4,18

Çizelge 4.5 incelendiğinde, cihazdan açık havada elde edilen 30 adet konum değerinin Average filtresinden geçirilmesi sonucunda, 4,18 metreye kadar gerçek konuma yaklaşıldığı görülmektedir.

Çizelge 4.1 ve çizelge 4.5'de yer alan Uydu Sayısı kolonundaki değerlere göre Hata Payı kolonlarındaki değerlerin değişimini gösteren grafik şekil 4.13'de gösterilmiştir.



Şekil 4.13 Açık hava cihaz - Average verileri hata miktarı değişim grafiği

Şekil 4.13 değerlendirildiğinde, Average filtresinin cihazdan alınan konum değerlerine uygulanması sonucu hata payı değerlerinde ciddi bir düşüş meydana geldiği görülmektedir. Alıcı cihazdan alınan orijinal değerlere göre hesaplanan hata payı değeri 14 uydudan veri çekildiğinde 10 metreye yakınken, aynı hata payı değerine verilerin Average filtresinden geçirilmesi sonucunda 4 uydudan veri çekilmesinde erişilebilmiştir. Aynı zamanda verilerin Average filtresinden geçirilmesi sonucu elde edilen verilerde 14 uydudan veri çekildiğinde hata payının 4 metre civarına düştüğü gözlemlenmektedir.

Average filtresi sonuçları değerlendirildiğinde, alıcı cihazın açık havada aldığı verilerde son kayıtta hata payı 9,39 metre olarak ölçülmüş, değerler Average filtresinden

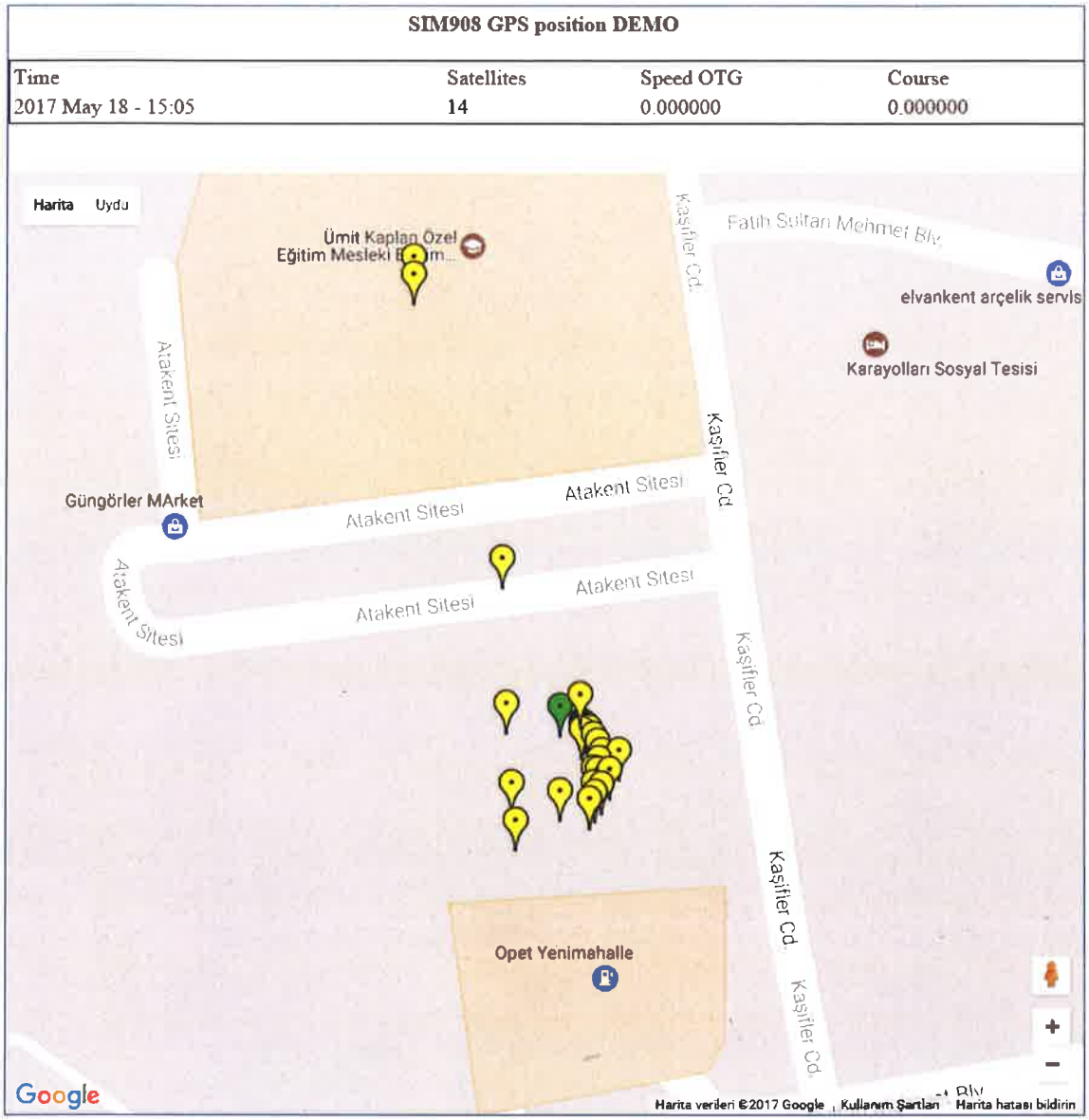
geçirildiğinde aynı kayıtta hata payı 4,18 olarak ölçülmüştür. Söz konusu son kayıtlara göre değerlendirme yapıldığında, Average filtresinin açık havada sisteme 5,21 metre kadar fayda sağladığı görülebilmektedir.

Cihazdan açık havada alınan hata payı değerlerinin minimumu ile, sonuçların Average filtresinden geçirilmesi sonucu elde edilen hata payı değerlerinin minimumu da karşılaştırılabilir. Average sonuçlarına bakıldığında, minimum hata değeri son kayıtta alınmıştır. Bu durumda minimum değerler zaten son kayıtlarda elde edildiğinden Average filtresinin açık havada sisteme sağladığı fayda her iki durumda da 5,21 metre olacaktır.

Cihazdan açık havada 30 kez veri alınması sonucu elde edilen verilerin Average filtresinden geçirilmesi sonucu elde edilen verilere ait konumların Google Maps üzerinde gösterimi şekil 4.14'de verilmiştir.

Şekil 4.14'de yeşil renkle gösterilen konum, cihazın bulunduğu gerçek konum, sarı renkle gösterilen konumlar Average filtresi sonuçlarından elde edilen konumlardır.

Cihazdan bulutlu havada alınan çizelge 4.2'de verileri bulunan 30 konuma ait enlem ve boylam değerlerine Average filtresinin ayrı ayrı uygulanması sonucu elde edilen değerler çizelge 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.14 Açık hava Average verileri Google Maps konum gösterimi

Çizelge 4.6 Bulutlu hava Average verileri

Kayıt No	Enlem	Boylam	Tarih	Uydu Sayısı	Hata Payı (metre)
0	39,953307	32,797505	20170413131407	3	109,62
1	39,953254	32,797503	20170413131427	3	105,14
2	39,952803	32,797035	20170413131449	4	41,60

Çizelge 4.6 Bulutlu hava Average verileri (devam)

3	39,952578	32,796802	20170413131508	4	12,29
4	39,952683	32,796661	20170413131527	5	13,17
5	39,952745	32,796575	20170413131547	5	21,30
6	39,952785	32,796515	20170413131608	5	27,41
7	39,952685	32,796516	20170413131627	5	18,10
8	39,952609	32,796504	20170413131649	6	14,10
9	39,952551	32,796497	20170413131706	6	13,88
10	39,952585	32,796475	20170413131728	6	15,84
11	39,952617	32,796456	20170413131749	7	18,25
12	39,952593	32,796487	20170413131803	7	14,99
13	39,952559	32,796491	20170413131828	7	14,33
14	39,952531	32,796494	20170413131846	8	14,54
15	39,952506	32,796509	20170413131904	9	14,34
16	39,952528	32,796496	20170413131925	9	14,47
17	39,952547	32,796484	20170413131949	10	15,04
18	39,952564	32,796473	20170413132006	11	15,85
19	39,952571	32,796465	20170413132026	11	16,54
20	39,952578	32,796477	20170413132046	11	15,58
21	39,952581	32,796469	20170413132107	12	16,29
22	39,952584	32,796463	20170413132128	12	16,84
23	39,952587	32,796456	20170413132147	13	17,47
24	39,952591	32,796472	20170413132207	13	16,20

Çizelge 4.6 Bulutlu hava Average verileri (devam)

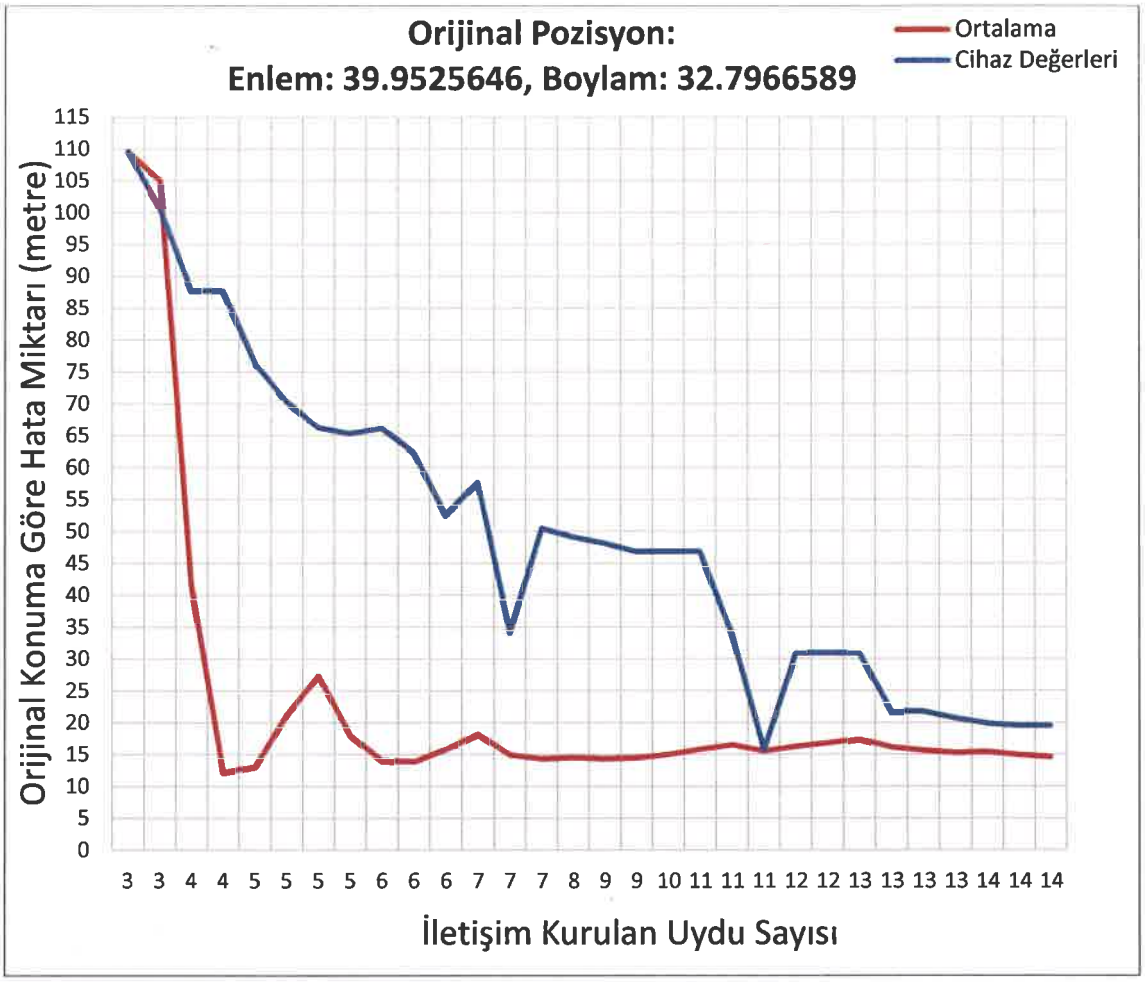
25	39,952595	32,796479	20170413132225	13	15,70
26	39,952601	32,796486	20170413132247	13	15,28
27	39,952603	32,796485	20170413132302	14	15,43
28	39,952604	32,796491	20170413132322	14	14,97
29	39,952606	32,796496	20170413132345	14	14,63

Çizelge 4.6 incelendiğinde, cihazdan bulutlu havada elde edilen 30 adet konum değerinin Average filtresinden geçirilmesi sonucunda, 14,63 metreye kadar gerçek konuma yaklaşıldığı görülmektedir.

Çizelge 4.2 ve çizelge 4.6'da yer alan Uydu Sayısı kolonundaki değerlere göre Hata Payı kolonlarındaki değerlerin değişimini gösteren grafik şekil 4.15'de gösterilmiştir.

Şekil 4.15 değerlendirildiğinde, alıcı cihazdan bulutlu havada alınan orijinal değerlere göre hesaplanan hata payı değeri 14 uydudan veri çekildiğinde 20 metreye yakınken, aynı hata payı değerine verilerin Average filtresinden geçirilmesi sonucunda 4 uydudan veri çekilmesinde erişilebilmiştir. Aynı zamanda verilerin Average filtresinden geçirilmesi sonucu elde edilen verilerde 4 uydudan veri alındığı durumda hata payının 12 metre civarına düştüğü, 14 uydudan veri çekildiğinde hata payının 15 metre civarında olduğu gözlemlenmektedir.

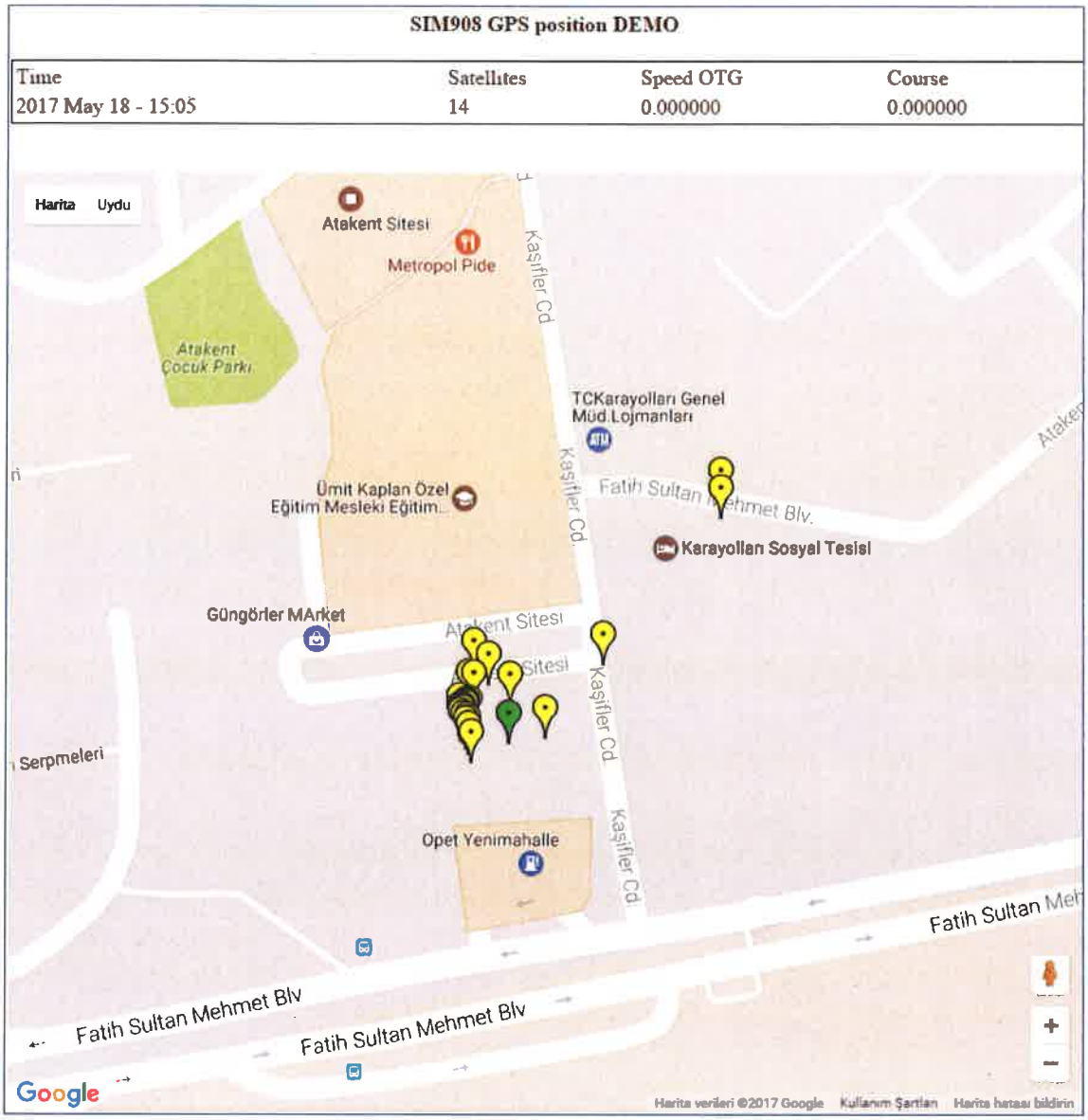
Average filtresi sonuçları değerlendirildiğinde, alıcı cihazın açık havada aldığı verilerde son kayıtta hata payı 19,50 metre olarak ölçülmüş, değerler Average filtresinden geçirildiğinde aynı kayıtta hata payı 14,63 olarak ölçülmüştür. Söz konusu son kayıtlara göre değerlendirme yapıldığında, Average filtresinin bulutlu havada sisteme 4,87 metre kadar fayda sağladığı görülebilmektedir.



Şekil 4.15 Bulutlu hava cihaz - Average verileri hata miktarı değişim grafiği

Cihazdan bulutlu havada alınan hata payı değerlerinin minimumu ile sonuçların Average filtresinden geçirilmesi sonucu elde edilen hata payı değerlerinin minimumu da karşılaştırılabilir. Cihazdan alınan minimum hata değeri son kayıtta alınan 19,50 metre, Average sonuçlarından alınan minimum hata değeri 3. kayıtta alınan 12,29 metre değeridir. Bu değerler baz alındığında, Average filtresinin sisteme 7,21 metre gibi bir fayda sağladığı söylenebilir.

Cihazdan bulutlu havada 30 kez veri alınması sonucu elde edilen verilerin Average filtresinden geçirilmesi sonucu elde edilen verilere ait konumların Google Maps üzerinde gösterimi şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16 Bulutlu hava Average verileri Google Maps konum gösterimi

Şekil 4.16'da yeşil renkle gösterilen konum, cihazın bulunduğu gerçek konum, sarı renkle gösterilen konumlar Average filtresi sonuçlarından elde edilen konumlardır.

Alıcı olarak kullanılan cihazdan alınan konum değerleri ile bu değerlerin Kalman filtresinden ve Average filtresinden ayrı ayrı geçirilmesi sonucu elde edilen hata payı değerleri çizelge 4.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7 Cihaz - Kalman - Average verilerine göre hata miktarları

	Cihaz Değerleri (metre)	Kalman Filtresi Sonuçları (metre)	Kalman Filtresi İyileştirme Oranı (%)	Average Filtresi Sonuçları (metre)	Average Filtresi İyileştirme Oranı (%)
Açık Havada Minimum Hata Payı	9,39	3,47	63,04	4,18	55,48
Bulutlu Havada Minimum Hata Payı	19,50	11,76	39,69	12,29	36,97

Çizelge 4.7'ye göre, cihazdan alınan konum değerleri ile bu değerlerin Kalman filtresinden ve Average filtresinden ayrı ayrı geçirilmesi sonucu elde edilen değerler kıyaslanacak olursa, cihazın bulunduğu gerçek konuma en yakın değerlerin Kalman filtresi sonucunda elde edildiği görülmektedir.

Kalman filtresi açık havada cihazdan alınan değerlere göre hesaplanan hata miktarını % 63,04 oranında düşürürken bulutlu hava için hesaplanan hata miktarını % 39,69 oranında düşürmüş, Average filtresi açık hava için hesaplanan hata miktarını % 55,48 oranında düşürürken bulutlu hava için hesaplanan hata miktarını % 36,97 oranında düşürmüştür.

Cihazla elde edilen konum verilerinin hatalı oluşuna ek olarak koşullara göre değişebilen ve tartışmaya açık bir diğer konu ise GPS alıcısının uyduların en az 3 tanesinden veri alınabilmesi için hazır hale gelmesi yani uyduları belirlemesi (fixing) işlemidir. Bina, cam ve diğer cisimlerin uydu sinyallerinin başarılı bir şekilde cihaza ulaşmasını engellemesinden dolayı belirlenme işlemi uzun sürede gerçekleşirken, açık havada kısa sürede gerçekleştiği görülmüştür. Ayrıca, etrafı boş olan arazilerde bu sürenin daha da kısaldığı gözlemlenmiştir. Bu süre aynı zamanda GPS antenlerinin özelliklerine bağlı olarak değişebildiği de bazı çalışmalarda (Series 2013) ifade

edilmiştir. Bu gibi çevresel faktörlerin yanı sıra hava durumu da bu sürenin değişmesinde etkili olmuştur. Yapılan deneylerde, yağmurlu ve sisli havalarda açık havaya nazaran sürenin daha uzun olduğu saptanmıştır.

5. SONUÇ

5.1 Değerlendirme

Çalışma kapsamında GPS alıcısı olarak elektronik bir devre tasarlanmıştır. Bu devre SIM908 modülü ve Arduino Uno kartının entegrasyonundan oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında oluşturulan bir diğer kalem ise alıcı devrenin içerdiği kaynak koddur. Bu kod ile veriler GPS'den alınır, GPRS kullanılarak bir web sayfası içerisinde bulunan "gps.txt" dosyasına yazılır. PHP dili ile yazılan web sayfası "gps.txt" dosyası içerisindeki verileri okuyarak Google Maps üzerinde konumun görüntülenmesini sağlar. Projenin bu bölümüne kadar olan kısım için bir çalışma (Koyuncu vd. 2015) hazırlanmıştır. Proje ile ayrıca cihazın belirli alandan dışarı çıkarıldığında alarm vermesi sağlanır. Bu alarm, çalışma kapsamında GSM teknolojisi kullanılarak akıllı telefona SMS gönderimi olarak değerlendirilmiştir. Projenin konum görüntüleme ile birlikte geofencing işlemlerini anlatan bir çalışma (Meral ve Güzel 2016) hazırlanmıştır. Alarm, cihaz üzerinden akıllı telefona çağrı bırakma olarak da gerçekleştirilebilmektedir. Konumun görüntülendiği web sayfasının kaynak kodları da çalışma kapsamında geliştirilmiştir.

Entegre devre içerisinde bulunan SIM908 modülü; GPS'den verilerin alımında, verilerin GPRS ile HTTP aracılığıyla bir web sayfasına aktarımında ve GSM üzerinden SMS gönderiminde kullanılırken, Arduino kartı ise bahsi geçen işlemlerin gerçekleştirilmesinde kullanılan yazılımın çalıştırılmasında kullanılmıştır. Kısaca SIM908 modülü teknolojik imkânların sağlanmasında kullanılırken, içerisinde yazılım ihtiva eden Arduino kartı sisteme güç sağlanması ve çalıştırılan komutların sonuçlarının izlenmesi konularında kullanılmaktadır.

Alıcı cihaz ile elde edilen konum değerleri bir miktar hata içermektedir. Bu hata miktarlarının azaltılması için çalışma kapsamında cihazdan alınan değerler üzerinde bazı filtreleme çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar, cihazdan alınan konum değerlerine Kalman filtresinin ve Average filtresinin uygulanmasıdır. Cihazdan alınan değerlerin bu filtrelerden geçirilmesi sonucu daha gerçeğe yakın konum değerlerine

ulaşılması sağlanmıştır. Yapılan deneyler sonucunca Kalman filtresi sonuçlarının, cihazdan alınan değerlere ve Average filtresi sonucu elde edilen değerlere göre daha başarılı olduğu görülmüştür.

Tüm çalışmanın sonucunda gerçek zamanlı olarak konum görüntülenmesini ve konumun takip edilmesini sağlayan bir uygulama geliştirilmiştir.

Aynı zamanda, uygulama üzerinde bazı teknik geliştirmeler de yapılmıştır. Örneğin; sistem ilk başta gücü bir PC'den alıyorken daha sonra PC ile herhangi bir bağlantı kurulmadan bir güç sağlayıcı (powerbank) ile sisteme güç aktarımında bulunulmuştur. Bu geliştirme, sistemi PC bağımsız hale getirmiştir. Sistem ilk olarak yerel ortamda bir bilgisayar ekranından izlenecek şekilde yapılandırılmışken daha sonra PC'den bağımsız olmak adına webde yayınlanmıştır. Böylelikle sistem sadece bir PC ekranından değil bir akıllı telefondan da izlenebilecektir. Donanım üzerinde geofencing işlemine ait herhangi bir bileşen bulunmamasına rağmen, geliştirilen yazılım sayesinde geofencing işlemleri basit de olsa yapılabilmektedir. Tüm bu yapılanların dışında sistem gelişime açıktır ve kullanılacak alana göre özelleştirilebilecek şekilde hazırlanmıştır.

Çalışma esnasında doğru konum değerlerine ulaşılabilmesi adına bazı çalışmalar yapılmıştır ancak ekstra iyileştirme çalışmaları yapılabilir. Alıcı cihaz üzerinde kullanılan GPS anteni özellikleri bakımından GPS verilerini geç elde edebilmektedir. Bu da GPS uydularının belirlenmesi işleminin normal seyrinden daha uzun sürede gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Başka özellikteki antenler kullanılarak GPS uydu belirlenme işlem süresi kısaltılabilir. Geofencing işlemleri şu anki çalışma sonucunda dairesel alanlar itibariyle yapılabilmektedir. Yani cihazın çıkarılmaması gereken alan bir noktadan belirli uzaklıkta bulunan noktalar kümesi olarak belirlenmiştir. Bu alan da geometrik şekillerden bir daireye karşılık gelmektedir. Oysa geofencing işlemleri sadece dairesel alanlar üzerinden değil diğer geometrik şekiller üzerinde de yapılabilmektedir.

5.2 Öneriler

Çalışma kapsamında konum verileri GPS'den alınmaktadır. Konum bilgilerindeki hata payının düşürülmesi için filtrelerin uygulanmasının yanı sıra wireless teknolojisi de kullanılabilir. GPS alıcısı olarak kurgulanan cihaz kablosuz (wireless) internet bağlantısının kapsama alanı içerisinde bulunuyorsa bu kablosuz alanda sağlanan internetin konumuna göre de bazı bilgiler konum belirlemede girdi olarak kullanılabilir. Aynı şekilde cihazın bulunduğu alan bir GSM şebekesinin kapsama alanında bulunuyorsa, şebekenin kullandığı baz istasyonlardan alınan veriler de konum belirlemede girdi olarak kullanılarak daha kesin konum verilerinin bulunmasında yardımcı olabilir.

Günümüzde kullanılan akıllı telefonlar da GPS özelliğine sahiptir. Kullanıcılar, GPS'i genelde bulunduğu konumu bulma ve navigasyon amaçlı olarak kullanmaktadır. Akıllı telefonlarda herhangi bir harita üzerinde navigasyon amaçlı konum gösterimi yapmak istendiğinde GPS aracını aktive etmek gerekir. Ancak burada akıllı telefon sadece GPS kullanarak konumu görüntülememektedir. Çünkü sadece GPS kullanılırsa kesin sonuçlar elde edilemez. Burada, akıllı telefona takılı olan sim kart üzerinden GSM ve GPRS özellikleri de kullanılarak konum gösterilmektedir. Bunların yanı sıra telefonunun şu ana kadar bulunduğu konum bilgileri de hafıza da bir yerde tutulmaktadır. Geçmişe dair bu veriler de kullanılarak kesine yakın konum değerleri elde edilebilmektedir.

Aynı zamanda GPS aracı çalıştırıldığında akıllı telefon üzerinde konum belirleme işlemi çok kısa bir sürede gerçekleştirilebilmektedir. Bu olay, telefon içerisinde kullanılan antenlerin özelliklerinden kaynaklanabileceği gibi GPS aracının kapalı tutulmasına rağmen tam kapalı değil de durgun vaziyette telefonun bataryasından çok az güç harcayacak şekilde tutulmasından da kaynaklanmaktadır. Bu durumda GPS aracını çalıştırdığımız anda zaten durgun biçimde çalışıyor olan GPS çok kısa sürede aktif olabilmektedir.

Google Maps üzerinde gösterilen konum haritasının bir arayüz (GUI) üzerinde

gösterilmesi ve bu sayede geofencing işlemlerinin daha net takip edilebilmesi çalışmaları yapılması da önerilebilecek bir diğer husustur.

Çalışma kapsamında geofencing işlemi kısıtlı olarak değerlendirilmiştir. GPS'den alınan verilerin, gerçek verilere yaklaştırılması geofencing işleminde de bir girdi olarak kullanılabilir. Geofencing alanı olarak belirlenen bölge tüm geometrik şekillere uyum sağlayabilecek şekilde belirlenmesine imkân sağlanmalıdır. Kısaca, geofencing alanı olarak geometrik şekillerden bağımsız bir alan kurulabilmelidir. Bunun için ekstra hesaplamalar yapılmasına ihtiyaç duyulacaktır.

KAYNAKLAR

Alvarez-Ramirez, J., Rodriguez, E. and Echeverría, C. J. 2005. Detrending fluctuation analysis based on moving average filtering, In: Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 199-219, Mexico.

Anonim. 2011. Web Sitesi: http://www.belgeci.com/gps-nasil-calisir.html, Erişim Tarihi: 12.06.2016

Anonim. 2013. Web Sitesi: http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/gsm-nasil-calisir-1-bolum/10192#ad-image-0, Erişim Tarihi: 12.06.2016

Anonim. 2013. Web Sitesi: http://www.navigasyon.com.tr/gps.html, Erişim Tarihi: 12.06.2016

Anonymous. 2011. SIM908_AT Command Manual_V1.02. Shanghai SIMCom Wireless Solutions Ltd.

Anonymous. 2016. Web Sitesi: https://www.cooking-hacks.com/tutorial/tutorial/index/board/arduino, Erişim Tarihi: 12.06.2016

Babacan, E. K., Özbek, L. ve Biçer, C. 2011. Uyarlı Kokusuz Kalman Filtresi. BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi, 59-67.

Barbour, T. 2016. GPS Fleet Tracking Solutions. Alaska Business Monthly, 16-19.

Bauder, M. 2015. Using GPS Supported Speed Analysis to Determine Spatial Visitor Behaviour. International Journal of Tourism Research, 337-346.

Beeco, J. and Hallo, J. 2014. GPS Tracking of Visitor Use: Factors Influencing Visitor Spatial Behavior on a Complex Trail System. Journal of Park & Recreation Administration Summer, 43-61.

Beşdok, E. ve Özçelik, A. E. 2009. Kalman Filtreleme Yöntemiyle Otonom Hava Araç Navigasyonunda Gps/Ins Entegrasyonu. 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 1-2, Ankara.

Çayıroğlu, İ. 2012a. Kalman Filtresi ve Bir Navigasyon Uygulaması . Fen ve Teknoloji Bilgi Paylaşımı, 1-5.

Çayıroğlu, İ. 2012b. Kalman Filtresi ve Programlama. Fen ve Teknoloji Bilgi

Paylaşımı, 1-6.

Easton, R. D. 2013. GPS Declassified : From Smart Bombs to Smartphones, Potomac Books, Lincoln.

Gomez-Gil, J., Gonzalez , R. R., Garcia, S. A. and Gil, F. J. 2013. A Kalman Filter Implementation for Precision Improvement in Low-Cost GPS Positioning of Tractors. Sensors 2013, 15307-15323.

Kahveci, M. ve Yıldız, F. 2005. GPS / Global Konum Belirleme Sistemi. Nobel Yayın, Ankara

Koyuncu, B., Meral, E. and Panahi, P. 2015. Real-time Geolocation Tracking by Using GPS+GPRS and Arduino Based SIM908. IIJECS, 1-3.

Larraz Giménez, V. and Fantova Puyalto, E. 2014. Using GPS devices to track herds of grazing sheep. Albéitar (175) Zaragoza: Grupo Asis Biomedia, S.L., 6-7.

Lee, J.-S. 1981. Refined filtering of image noise using local statistics, In: Computer Graphics and Image Processing, 380-389, Washington.

Manuel Hernández Pajares, J. M. 2005. GPS Data Processing: Code and Phase: Algorithms, Techniques and Recipes. Centre de Publicacions del Campus Nord.

Margolis, M. 2011. Arduino Cookbook. Cambridge, Köln, O'REILLY, Tokyo.

Meral, E. and Güzel, M. S. 2016. Real-time Geolocation Tracking and Geofencing Using GPRS+GPS Technologies with Sim908 Shield Over Arduino. Series A2-A3: Physical Sciences and Engineering, 55-69.

Monti, G., Corchia, L., De Benedetto, E. and Tarricone, L. 2016. Wearable logo-antenna for GPS-GSM-based tracking systems. IET Microwaves, Antennas & Propagation., 1332-1338.

Nechaeva, M., Adamchik, D. and Bezrukovs, V. 2016. Interferometru Parametru Mērījumı, Izmantojot Glonass Un Gps Sıgnālus. Latvian Journal of Physics & Technical Sciences, 24-30.

Panda, S. K. and Gedam, S. S. 2016. Evaluation of GPS Standard Point Positioning with Various Ionospheric Error Mitigation Techniques. Journal of Applied Geodesy, 211-221.

Series, G. T. 2013. GPS/GNSS Antennas. Artech House, Boston.

Sokolović, V. S., Marković, G. B. and Dikić, G. D. 2015. Improvement of Signal Synchronizatıon in Gps Software Receıver. Military Technical Courier/ Vojnotehnicki Glasnik, 11-24.

Song, J.-H. and Jee, G.-I. 2016. Performance Enhancement of Land Vehicle Positioning Using Multiple GPS Receivers in an Urban Area. Sensors, 1-26.

Wen, Z. 2008. Recommendation System Based on Collaborative Filtering, 1-3.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Erkan MERAL
Doğum Yeri : Ankara
Doğum Tarihi : 16/10/1988
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Ankara Keçiören Fatih Sultan Mehmet Lisesi (2006)
Lisans : Ankara Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi
- Bilgisayar Mühendisliği Bölümü (2012)
Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü
- Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı (Şubat 2013 – Haziran 2017)

Çalıştığı Kurumlar

Türk Telekom bünyesinde ETİYA BT Şirketi Personeli olarak - Bilgisayar Mühendisi (Ağustos 2012 - Nisan 2013)
Kamu Gözetimi Muhasebe ve Denetim Standartları Kurumu - Uzman Yardımcısı (Nisan 2013 - Mart 2017)
Kamu Gözetimi Muhasebe ve Denetim Standartları Kurumu - Uzman
(Mart 2017 - Devam ediyor)

Hakemli Dergi

1. Koyuncu, B., **Meral, E.** and Panahi, P. 2015. Real-time Geolocation Tracking by Using GPS+GPRS and Arduino Based SIM908. IIJECS, 1-3.
2. **Meral, E.** and Güzel, M. S. 2016. Real-time Geolocation Tracking and Geofencing Using GPRS+GPS Technologies with Sim908 Shield Over Arduino. Series A2-A3: Physical Sciences and Engineering, 55-69.