

**T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KARAYOLLARI ÜSTYAPI PROFİL VERİLERİNİN MOBİL CİHAZ İLE  
KONUMA BAĞLI ELDE EDİLMESİ**

**Mehmet Zahit UZUN**

**Danışman  
Doç. Dr. Tuncay AYDOĞAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ELEKTRONİK BİLGİSAYAR EĞİTİMİ ANABİLİM DALI  
ISPARTA - 2013**

©2013 [Mehmet Zahit UZUN]

## TEZ ONAYI

**Mehmet Zahit UZUN** tarafından hazırlanan " **Karayolları Üstyapı Profil Verilerinin Mobil Cihaz ile Konuma Bağlı Elde Edilmesi** " adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Elektronik Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

**Danışman**                      **Doç. Dr. Tuncay AYDOĞAN** .....

Süleyman Demirel Üniversitesi

**Jüri Üyesi**                      **Prof. Dr. Serdal TERZİ** .....

Süleyman Demirel Üniversitesi

**Jüri Üyesi**                      **Doç. Dr. Ecir KÜÇÜKSİLLE** .....

Süleyman Demirel Üniversitesi

**Enstitü Müdürü**              **Doç. Dr. Ahmet ŞAHİNER** .....

## **TAAHHÜTNAME**

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

**Mehmet Zahit UZUN**

## İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
3. KARAYOLLARI ÜSTYAPI ÖZELLİKLERİ .....	7
3.1 Üstyapı Yönetim Sistemi .....	7
3.2 Üstyapıda Meydana Gelen Bozuklukların Nedenleri .....	9
3.3 Esnek Üstyapılarda Meydana Gelen Bozukluk Türleri.....	10
3.3.1 Kırılma veya çatlama.....	10
3.3.2 Yama ve oyuklar.....	12
3.3.3 Yüzey deformasyon .....	12
3.3.4 Yüzey hataları .....	13
3.4 Üstyapı Bozukluklarının Taşıt İvmelenmesine Etkileri .....	13
3.4.1 IRI ve RN .....	15
3.5 Üstyapı Bozukluklarının Ölçümü .....	16
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	19
4.1. Uzaktan Yol Bozukluğu Elde Edilen Sistemin Genel Yapısı .....	19
4.2. Mobil Uygulama ve Arayüzü .....	24
4.2.1. İvme sensörünün kullanılabilir hale getirilmesi ve verilerin okunması.....	26
4.2.2. İvme verilerinin sınıflandırılması .....	27
4.2.3. İvme verisinin alındığı yol bozukluğunun konum verisini tespit etme .....	29
4.2.4. Toplanan verilerin dosyaya kaydedilmesi.....	30
4.2.5. Dosyanın SkyDrive hizmeti aracılığı ile veri işleme merkezine gönderilmesi .....	31
4.3. Veri İşleme Uygulaması ve Arayüzü .....	31
4.3.1. SkyDrive bulut depolama hizmetinden verilerin alınması .....	33
4.3.2. DBSCAN algoritması ile verilerin kümelenmesi.....	35

4.3.3. Ağırlıklı aritmetik ortalama yöntemi ile kümelerin orta noktalarının bulunması .....	43
4.3.4. Verilerin haritalanması, filitrelenmesi ve raporlanması.....	43
4.4. Geliştirilen Sistemin Denenmesi .....	46
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	50
KAYNAKLAR .....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	56

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

## KARAYOLLARI ÜSTYAPI PROFİL VERİLERİNİN MOBİL CİHAZ İLE KONUMA BAĞLI ELDE EDİLMESİ

Mehmet Zahit UZUN

Süleyman Demirel Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Elektronik Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Tuncay AYDOĞAN

Bilgisayar özellikleri bulunan mobil haberleşme ve bilişim cihazları gelişmiş donanımsal ve yazılımsal özelliklerinden dolayı başta tıp, eğitim, taşımacılık, güvenlik, spor, turizm, jeodezi, inşaat ve askeri alanlar gibi pek çok alan için hazırlanan uygulamalarıyla yaygın olarak kullanılır hale gelmiştir.

Bu tez çalışmasında da üzerinde GPS ve ivme sensörü barındıran mobil haberleşme cihazları kullanılarak karayolları üstyapı bozuklukları tespit edebilecek bir sistem tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Tasarlanan sistem mobil cihaz üzerinde geliştirilen veri toplama yazılımı ve uzak bir PC üzerinde geliştirilen veri işleme ve değerlendirme yazılımlarından oluşmaktadır. Araç üzerinde sabitlenen mobil cihaz sürüş sırasındaki aracın 3 boyutlu düzlemdeki ivme değişimlerini takip ederek, üstyapı bozukluğu kabul edilebilecek düzeydeki noktalara ait ivme verilerini, yönünü ve koordinat değerlerini bir paket halinde hazırlamaktadır. Hazırlanan paketler haberleşme ağı üzerinden veri işleme ve değerlendirme merkezine iletilmekte, DBSCAN kümeleme ve ağırlıklı aritmetik ortalamalar yöntemi algoritmaları ile üstyapı bozukluğu bulunan yeri tespit edilmektedir.

Araştırma sonunda tasarlanan sistem ile yol profil verileri ve bu verilere ait konum bilgileri tespit edilmiştir. Ayrıca üstyapıya ait IRI ve RN değerleri elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Karayolları, yol bozukluğu, GPS, ivme sensörü, DBSCAN, IRI, RN

**2013, 56 sayfa**

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **ROAD PAVEMENT PROFILE'S DATA OBTAINING DEPEND ON POSITION WITH MOBILE DEVICE**

**Mehmet Zahit UZUN**

**Süleyman Demirel University  
Graduate School of Applied and Natural Sciences  
Department of Electronic and Computer Education**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Tuncay AYDOĞAN**

Mobile communication and computing devices which have computer features due to advanced hardware and software features, particularly in medicine, education , transport , security, sports, tourism , geodesy , construction and military applications, such as those commonly has become prepared for used in many areas.

In this study, mobile communication devices on the host using GPS and accelerometer sensor system design and implementation of road pavement was able to detect disorders.

The designed system consist a software which is developed data collection software on the mobile device and developed on a remote PC which make data processing and evaluation. Fixed on the car during driving the vehicle's three-dimensional plane changes in the mobile device by following the acceleration, acceptable level of disorder of body acceleration data points, the direction and the coordinate values is preparing a package of, the direction and the coordinate values is preparing in a package. For the packets transmitted via a communication network data processing and evaluation center, and the weighted arithmetic mean method DBSCAN clustering algorithms in the location and type of disorder is determined superstructure.

At the end of the research, , road profile data and location information of the data have been identified with the designed system. Also IRI and RN values about pavement were obtained.

**Keywords:** Highways, roads disorder, GPS, accelerometer sensor, DBSCAN, IRI, RN

**2013, 56 pages**



## **TEŞEKKÜR**

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışmanım Doç. Dr. Tuncay AYDOĞAN'a ve SD Mühendislik Fakültesi İnaaat Mühendisliği Bölümü Ulaştırma Ana Bilim Dalı ğretim yesi Prof. Dr. Serdal TERZİ'ye teőekkürlerimi sunarım. Araştırmalarım da merak ettiğim hususlarda fikirlerini esirgemeyen Sayın Hakan GLEN'e ve Sayın Okt. Dr. Yüksel ÇELİK'e teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Mehmet Zahit UZUN  
ISPARTA, 2013

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Dipstick.....	17
Şekil 3.2. Ultrasonik profilometre aracı .....	18
Şekil 3.3. Lazerli profilometre aracı .....	18
Şekil 4.1. Mobil cihaz ile karayolları profil verilerinin elde edilmesi .....	20
Şekil 4.2. Mobil uygulama akış şeması .....	24
Şekil 4.3. Mobil uygulama arayüzü .....	26
Şekil 4.4. Visual Studio'da ivme sensörüne erişim .....	27
Şekil 4.5. İvme sensörünün ölçtüğü değerlerin okunması .....	27
Şekil 4.6. Mobil telefonda 3 eksenli ivme ve yönleri .....	28
Şekil 4.7. Visual Studio' da GPS sensörüne erişim .....	30
Şekil 4.8. GPS sensörünün konum verisini okuması .....	30
Şekil 4.9. Veri işleme merkezi uygulaması akış şeması .....	32
Şekil 4.10. Merkez sunucu veri inceleme programı .....	33
Şekil 4.11. Xml uzantılı dosyaların hedef klasörden alınması.....	34
Şekil 4.12. Kaynaktan alınan verilerin hedef veritabanına taşınması.....	34
Şekil 4.13. SQL Server Agent iş yürütme arayüzü.....	35
Şekil 4.14. SQL kodları ile yazılmış iş yürütme komutları .....	35
Şekil 4.15. İki noktanın analitik düzlemdeki görüntüsü .....	37
Şekil 4.16. Deneme aracı.....	47
Şekil 4.17. Mobil cihaz.....	47
Şekil 4.18. Deneme güzergahındaki rügar kapakları.....	48
Şekil 4.19. Deneme güzergahındaki hız kesici bariyerler .....	48
Şekil 4.20. Deneme güzergahındaki yama bozulmaları.....	49
Şekil 4.21. Deneme güzergahındaki timsah sırtı çatlaklar ve çukurlar .....	49

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Asfalt kaplama için yüzey düzgünsüzlük şartnamesi .....	16
Çizelge 4.1. Üç değişkenli gözlem verileri .....	38
Çizelge 4.2. Hesaplanan öklid uzaklıkları.....	38
Çizelge 4.3. Deneme aracının özellikleri.....	46
Çizelge 4.4. Gözlem değerleri .....	46
Çizelge 5.1. Verilerden elde edilen IRI ve RN değerleri .....	51

## **SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**

AASHTO	American Association Of State Highway and Transportation (Amerikan Devlet Karayoluve Resmi Ulaştırma Birliği)
AGPS	Assisted Global Positioning System (Yardımlı Küresel Konumlandırma Sistemi)
API	Application Programming Interface (Uygulama Programlama Arayüzü)
DBSCAN	Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise
GIS	Geographic Information System (Cografi Bilgi Sistemi)
GPS	Global Positioning System (Küresel Konumlandırma Sistemi)
IRI	International Roughness Index (Uluslararası Düzgünsüzlük İndeksi)
RN	Ride Number (Sürüş Sayısı)
SDK	Software Development Kit (Yazılım Geliştirme Kiti)
ÜYS	Üstyapı Yönetim Sistemi
WP	Windows Phone

## 1. GİRİŞ

İyi bir yoldan beklenen özellikler kuru ve yağışlı hava şartları altında güvenli sürüş koşulları sağlayabilmesi, her zaman sarsıntısız ve sessiz sürüş imkânı sunabilmesi, yağmurda çamur sıçramasını, su serpintilerini en aza indirebilmesi ve uzun hizmet ömürlü olabilmesidir. Bu özellikler yolun kalitesi ile doğru orantılı olarak değişmektedir. Ancak yolun kalitesi ne kadar iyi olursa olsun, yolun bozulmasının önüne geçilemez. Yol bozulmaların olumsuz etkisini en aza indirmek ve yolun hizmet ömrünü arttırmak için zamanında ve doğru müdahaleler yapılması gerekmektedir. Zamanında yapılmayan müdahaleler iklim ve çevre koşullarının etkisiyle onarımı zor ve yüksek maliyetli bir hal alabilir (Karakoç, 2006). Maliyet ise yol yapım, bakım ve onarım sürecinde çok etkili kullanılması gereken kaynak bileşenlerindedir.

Yol ağının elverişli bir şekilde olmasının ülke ekonomisi üzerindeki etkileri kabul edilen bir gerçektir. ÜYS (Üstyapı Yönetim Sistemi)' nin amacı toplam yol ağı için en yüksek kârla sonuçlanacak bakım ve rehabilitasyon listesini üretebilmektir. En iyi çözüm önerisi, yol ağının mevcut durumu hakkında verilerin sağlıklı bir biçimde elde edilmesine bağlıdır. ÜYS ayrıca, mevcut bütçeye bağlı olarak, yol ağının standart üstyapısının gelecekteki durumu ve yol üst yapısının korunması için yapılan yatırımlarla uygulanan bakım ve rehabilitasyon yöntemlerinden hangisinin topluma en yüksek şekilde dönme oranıyla sonuçlanacağıyla ilgilenir (Terzi , 2004). Karayolu taşımacılığı ülkemizde ve dünyada halen en çok kullanılan ulaşım çeşidi olması nedeniyle karayolu ulaşımı büyük önem arz etmektedir.

Bir karayolunun en uzun süre kullanılabilir ve bakım işletme maliyetinin en makul seviyede olmasının yolu; doğru malzeme kullanımı, yol yapımı sonrasında gerekli olan yol bakımlarının yapılması, meydana gelecek bozulmaları doğru tespit edip kısa sürede müdahale etmekle mümkündür (Karakoç, 2006).

Konfor artık günümüzde her yerde aranan önemli parametrelerden biri olmuştur. Buna paralel olarak otomobil üreten şirketler sürücü ve yolcu

konforunu dikkate alarak ürettikleri taşıtları geliştirmekte, müşteri talep ve memnuniyetini karşılamak için teknolojik gelişmelerden olabildiğince yararlanmaktadırlar. Yol yüzey pürüzlülüğü veya deformasyonu sürüş hızını etkilemekte, taşıtların mekanik aksamını aşındırmakta sürücülerin konforlu ve güvenli bir seyahat etmelerini engellemektedir.

Geleneksel yöntemlerle yapılan çalışmalarda, yol bozukluğunun bulunduğu noktayı tespit edebilmek için bir arama bulma ekipmanı ile karayolu taranır. Bu maliyet açısından verimli bir yöntem olmayıp, tespitinde oldukça zaman alan bir yöntemdir. Karayollarında çeşitli nedenlerden meydana gelen üstyapı bozuklukları seyahat eden taşıt sürücülerinin ve yolcuların güvenliklerini tehdit etmekte, zamanında müdahale edilememesi durumunda trafik kazalarına neden olabilmektedir. Bunun sonucunda can ve mal kayıplarına sebep olmaktadır.

Can ve mal kayıplarına sebep olmaması için yol bozukluklarına zamanında müdahale etmek gerekmektedir. Bunun için karayollarında bulunan yol ağının tamamında günlük gözlemler yapılmalı ya da yol ağının her tarafına kameralar yerleştirilmelidir. Bunlar maliyeti çok yüksek ve gerçekleştirilmesi oldukça zor çözümlerdir. Uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak trafikte bulunan taşıtlaralardan faydalanıp, onlar aracılığı ile yol hakkında devamlı bilgi alınabilmesi son yıllarda mobil cihazlardaki gelişmeyle birlikte başvurulan yöntemlerden olmaya başlamıştır. Üzerinde ivme sensörü ve GPS modülü bulunan bir mobil cihaz ile yol bozukluk bilgisi elde edilerek ÜYS'e katkı sağlayabilir.

Bu yöntem kaynakların daha verimli bir şekilde yönetilmesine, ihtiyaç duyulan diğer alanlara kaynakların kaydırılmasına, maliyet ve zaman tasarrufuna katkı sağlar.

Bu araştırmada, karayollarında çevresel koşullar, iklim koşulları ve tekrarlı ağır trafik yüklerinden meydana gelen üstyapı bozulmalarının mobil cihaz ile yerlerini tespit edilmesi amaçlanmıştır. Mobil kullanıcılardan elde edilen verilerle zaman ve maliyet verimi arttırılmak istenmiştir.

Tezin ilerleyen bölümlerinde kaynak özetleri, karayolları üstyapı özellikleri, araştırma bulguları ve araştırmanın sonuçlarına yer verilmektedir.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu bölümde araştıma konusuna temel oluşturan yol bozukluklarının tespit yöntemleri, ivme sensörleri ile bu bozuklukların tespitine yönelik çalışmaya katkı sağlayan kaynak özetleri verilerek değerlendirilmiştir.

Chang vd. (2008), “An Autonomous Robot Equipped with The GPS Virtual Reference Station (VRS) System to Perform Pavement Distress Surveys “ isimli makalelerinde sürüş ekipmanları ile ya da manuel olarak uygulanan geleneksel üstyapı bozukluklarının araştırılmasında harcanan yoğun emek, zaman ve akıllı algılama yöntemlerinin yetersizliğinden dolayı yol bozukluğu araştırmalarında uygulanabilecek etkili olabilecek bir robot tasarlamışlardır. Üzerinde sonar sensörleri, uzaklık ölçen lazer sensörü ve PTZ kamera sistemi bulunan robotta etkili üstyapı araştırmaları yapmak için bir GPS VRS sistemi ve yüksek doğruluğu sahip konumlandırma elde etmek için GPRS kullanılmıştır. Robot boyuna düzgünlük (pürüzlülük) ve enine düzgünlük (tekerlek izi) kontrollerinde dâhil olduğu üstyapı denetlemelerinde kullanılabilirlerdir.

Nguyen vd. (2009), “Automatic Detection And Classification Of Defect On Road Pavement Using Anisotropy Measure” isimli makale 1 mm genişliğinde küçük çatlakların tespitinin yanı sıra eklem ve köprülü hatalar olmak üzere üç tip yol hatası tespit edilmektedir. Yol resmi üzerindeki kusurları tespit bir ölçüm olan CTA (Koşullu Doku Anizotropi) metodu kullanılmaktadır. Ayrıca çatlak, eklem ve köprü hatalarını sınıflandırmak için çok katmanlı algılayıcı sinir ağı kullanılmıştır. Saatte ortalama 80 km hızda hareket eden veri elde etme aracı sürekli olarak her 4 metre bir görüntü almaktadır. Çekilen gri tonlamadaki görüntünün boyutu 4096\*4096 ve çözünürlüğu piksel başına 1mm 'dir. Görüntü toplayıcı taşıt da yol yüzeyine yaklaşık 30 derecelik bir açı ile monte edilmiş iki adet çizgi tarama kameraları ve iki adet lazer aydınlatıcı kullanılmıştır. Sistem kısaca bir taşıt ile elde edilen görüntüler, görüntü işleme yöntemlerinden Hough gerçekleştirilip CTA metodu kullanılarak sınıflara ayrılmıştır.

Aksamit ve Szmechta (2011), “Distributed, Mobile, Social System for Road Surface Defects Detection” isimli makalesinde yol yüzey kusurlarının tespiti için



bir sistem tasarlamışlardır. Yaklaşım anonim birçok taşıt sürücülerinin kişisel mobil telefonlarından toplanan GPS ve ivmeölçer verisi ile yolların kalitesini değerlendirmektir. Bu yöntemle yolun niceliksel kalitesini değerlendirmenin mümkün olduğu kanıtlanmıştır. Çukurların yanı sıra düşük kaliteli üstyapıları da algılamaktadır. N tane kullanıcıdan oluşan sistemde GPS, ivmeölçer ve atalet belirleyici bulunmaktadır. Kullanıcılardan alınan veriler GPRS yoluyla merkez sunucuya gönderilmektedir. Sığ çukurlar, parke taşları, rügarlardan kaynaklanan derin çukurların tespiti yapılmıştır.

Yeşilirmak (2009), "Taşıtlarda İvme Analizi ve Matematiksel Modellemesi" isimli yüksek lisans tez çalışmasında otomobil sınıfındaki benzinli bir taşıt kullanılarak gerçek yol şartlarında ivme ölçümleri yapılmıştır. SAE standartlarına göre yapılan testler, ağırlık merkezine bağlanan 1 adet ASC 54113 eksenli ivmeölçer, verileri toplamak için LJU3 USB ve verileri kaydetmek için dizüstü bilgisayar kullanılmıştır. Aracın doğrusal yol, virajlı yol, doğrusal eğim gibi çeşitli yol şartlarında ve çeşitli hızlarda gösterdiği anlık ivme değer ölçümleri yapılmış ve veriler eş zamanlı olarak Excel dosya formatında kaydedilmiştir. Kaydedilen verilerden grafik oluşturulmuş ve analiz edilmiştir. Yapılan Afyonkarahisar – İzmir karayolunun 10 ila 30. kilometresinde yapılan test çalışmaları sabit hızda, hızlanmada ve frenleme esnasındaki ivme değerleri ölçülerek, ivmenin taşıt üzerindeki etkileri tespit edilmiştir.

Kadioğlu ve Dinçer (2010), "İvme Sensörü Uygulaması" konulu makalelerinde Analog Devices firmasının ürettiği ADuC7020 ARM7-TDMI MCU ve Freescale'a MMA7261 ivme sensörü kullanılarak çalışmalar yapılmıştır. Hız, yol ve sensörün tepkiselliğine göre titreşim ölçme yöntemlerine değinilmiştir. Sağlık alanına yönelik olarak adım sayıcı işleminin nasıl gerçekleştirileceği ile ilgili bir çalışma örneği verilmiştir. Adım sayıcı uygulamasında ivme, hız ve alınan toplam yolun ölçümü gösterilmiştir.

Güner (2011) "Monitoring of Cardio Rhythm with Accelerometer (Accelerometer-Cardio-Gram-ACG) Over Wireless Body Area Network" isimli yüksek lisans çalışmasında kablosuz ivme algılayıcı tabanlı bir prototip ile uzaktan kalp ritmi takibi uygulaması yapmıştır. Sistem, İvmesel Kalp Ritim (İKR) sinyallerini, AN

(Algılayıcı Nokta) ismini verdikleri elektronik bir modül ile elde etmekte, elde edilen veriler GPRS veya ADSL modülleri kullanılarak AEN (Algılayıcı Erişim Noktası) ismini verdikleri GUI ara yüzü bulunan elektronik bir devrede depolanmaktadır. Depolanan veriler bir sunucu PC'ye aktarıldıktan sonra kalp ritim belirleme hesaplaması yapılarak, hesaplama sonuçları internete bağlı bir sunucu üzerinden ilgililerin PC'lerine, PDA'lerine veya verileri görüntüleyebilen mobil telefonlara iletilmiştir.

Sezer (2011), "İvme Sensör Tabanlı Laboratuvar Acil Destek Uyarı Sistemi" adlı yüksek lisans tezinde fabrika ve laboratuvar gibi ortamlarda yalnız başına çalışan personelin işçi güvenliğini sağlamak amacıyla GALİLE isimli giyilebilir bir ünite tasarlanmıştır. Sistem taşınabilir GALİLE ünitesi, veri iletişimini sağlayan kablosuz ağ ve güvenlik birimlerini bilgilendiren sunucu kontrol ünitesi olmak üzere 3 birimden oluşmaktadır. GALİLE, mikrodenetleyici tabanlı üzerinde ivme sensör ve ZigBee modülü bulunan taşınabilir bir üniteden oluşmaktadır. ZigBee standartının sağladığı kablosuz iletişim ile merkezi bir izleme birimine bağlanıp, merkezi birime periyodik olarak bilgilendirme mesajları iletilmektedir. Merkezi birimde tasarlanan yazılım ile acil destek uyarı sistemi oluşturulmuştur. Mikrodenetleyici tabanlı taşınabilir ünite, üzerinde bulunan algoritmik hesaplamalar ile uzun süreli hareketsizlik, yatay pozisyonda kalma, aşırı ivmelenme durumlarını tespit edip merkezi birimi bilgilendirmektedir. Bunun yanı sıra kullanıcılar da acil durum uyarısı gönderebilmektedir. ZigBee ağını oluşturan cihazların adreslerine bakılarak, konum bilgileri ve kapsama alanı dışında olup olmadıkları gibi durumları da ZigBee ağının kapasitesine bağlı olarak tespit edilebilmektedir.

Bu çalışmalardan araçlar için tasarlanmış sabit veya sürücülerin cep telefonu gibi ivme sensörü içeren mobil cihazları üzerindeki sensörlerden faydalanılarak sürüş halindeki aracın titreşim ve ivme verilerinden faydalanılarak anlamlı bilgiler ortaya çıkabildiği görülmüştür. Bu çalışmada bu ivme verileri konum bilgileri ile beraber işlenerek kümelenirilmiş ve bazı üstyapı yol bozukluklarının yaklaşık yerleri uzaktan tespit edilmiştir.

### **3. KARAYOLLARI ÜSTYAPI ÖZELLİKLERİ**

Karayolu, taşıtların düzgün bir şekilde ilerleyebildiği yol yüzeyleri sağlamak, üstyapısına gelen trafik yüklerini altyapının taşıyabileceği kapasiteye indirmek, altyapıyı dış etkenlerden korumak amacıyla altyapı üzerine inşa edilen ve kaplama, temel ve alttemel tabakalarından meydana gelen tabakalı yapıdır. Kaplama tabakası, taşıtlara düzgün bir yuvarlanma yüzeyi sağlamakta ve trafikten dolayı oluşabilecek aşınmalara karşı koymaktadır. Temel tabaka, trafik yüklerinden meydana gelen gerilmeleri karşılamak ve suyun uzaklaştırılmasını sağlamaktır. Alttemel tabakasının görevleri ise ince taneli taban zeminlerinin üst kısma çıkmasını engellemek, trafik yüklerini taban zemine aktarmaktır (Kırbaş, 2007).

Kullanılan malzeme ve davranışına göre yol üstyapısı üç farklı şekildedir. Bunlar sırasıyla esnek üstyapı, yarı rijit üstyapı ve rijit üstyapıdır. Rijit üstyapıda granüler alttemel veya temel üzerine grobeton serilerek, bunun üzerine de donatılı veya donatısız beton plakalar yerleştirilmektedir. Maliyetinden dolayı ülkemizde uygulaması az olan üstyapı çeşididir. Yarı rijit üst yapı da çimento bağlayıcılı granüler temel ya da çimentoyla stabilize edilmiş alttemel kullanılmaktadır. Bu tabakaların üzerine sırasıyla, bitümlü temel, asfalt betonu, binder ve aşınma tabakaları serilmektedir. Türkiye’de tasarım ve trafik değerleri yüksek olan devlet yolları ve otoyollarda yarı rijit üstyapı kullanılmaktadır. Esnek üst yapı ise taban zemini üzerine serilmiş, granüler alttemel ve temel tabakaları üzerine bitümlü kaplamaların serilmesi ile oluşmaktadır. Türkiye’de çoğunlukla kullanılan üst yapı biçimidir (Karakoç, 2006).

#### **3.1 Üstyapı Yönetim Sistemi**

Üstyapı Yönetim Sistemi (ÜYS) yapılacak yatırımların planlanması ve programlanması, yapım ve periyodik performans değerlendirmesi gibi çok geniş bir alanda uygulamaları bulunmaktadır. ÜYS temel hedefi, mevcut bütçe kaynaklarına göre, ağ içerisindeki üstyapıların bakım ve rehabilitasyon işlemlerinin düzenli ve zamanında gerçekleştirilmesinde, üstyapı

performanslarını en üst seviyede tutabilecek çözümler üreterek, karar vericilere mevcut kaynakların optimum şekilde dağılımını ve kullanımını sağlamada rehberlik etmektedir. Ayrıca gelecek yıllar için gerekli bütçeyi hazırlamakta yardımcı olmaktadır (Güner, 2011).

ÜYS, bütçenin üstyapılarda verimli şekilde kullanılmasını sağlamak için gerekli tüm işlemlerin eşgüdüm içerisinde yapılmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Bu işlemin yapılabilmesi için her işlem basamağında geniş veri tabanlarına ihtiyaç vardır. Bu veriler:

- Kesim tanımlamaları ile ilgili veriler,
- Performansla ilgili veriler,
- Önceki yıllara ait veriler,
- İşletme politikası ile ilgili veriler,
- Geometri ile ilgili veriler,
- Çevre ile ilgili veriler,
- Harcamalarla ilgili veriler, olarak ana başlıklar altında toplanabilir (Yılmaz, 2011).

Politikalar ve harcamalarla ilgili verilerin dışındaki diğer veriler üstyapı performansı ve analizi için gerekli altlık bilgisini oluşturmaktadır. Bu bilgilerin tümü bir merkezde ve standart bir formatta saklanmalıdır. Bu bilgilere ilgili tüm birimlerin kolayca erişimi sağlanarak merkezileştirilmelidir. Bunun yanı sıra verilerin geçmiş yıllara ait verilerle karşılaştırılarak gelecek yıllarda oluşacak kaynak ihtiyaçlarının belirlenmesinde etkili tahminler yapılmasına yardımcı olur (Yılmaz, 2011).

Yapılan performans tahminlerin ardından ÜYS oluşturulabilmesi için gereken en önemli bileşen, hangi üstyapı bakım ve onarım işlemlerinin, ne zaman ve hangi üstyapı kesimine uygulanacağına belirlenmesidir. Artan karayolu ağı ve azalan kaynaklar, üstyapıda oluşan bakım ve onarım ihtiyacının tüm ağa aynı anda uygulanamaması sorununu ortaya çıkarmıştır. Karayolu kullanıcılarına en yüksek faydayı sağlayacak olan yöntemin seçimine ve eldeki kaynakların optimum dağıtımına yardımcı olmak için optimizasyon yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler, eşdeğer düzenli yıllık maliyet yöntemi, bugünkü

değer yöntemi, dönüş oranı yöntemi, fayda maliyet oranı yöntemi ve maliyet etkinlik yöntemi olarak sınıflandırılabilir. Gelişen bilgisayar teknolojisi ile beraber son yıllarda bu yöntemlere yapay zeka yöntemleri de eklenmiştir (Terzi , 2004).

ÜYS, Ağ Düzeyi ve Bağımsız Düzey (Proje Düzeyi) Sistemleri; olmak üzere iki düzeyde uygulanabilmektedir. Ağ düzeyi, planlama amaçlıdır. Yol ağının mevcut durumunun değerlendirilmesi yapılır. ÜYS için veri tabanı oluşturulur. Ağ düzeyinde üstyapı değerlendirmesi yapmak gerektiğinde, yol yüzey düzgünlüğü, kayma direnci, (kayma sürtünme katsayısı) ve kaplama bozuklukları ölçümleri birinci derecede önemlidir. Defleksiyon ölçümleri ve tabakalarda kullanılan malzeme özellikleri ise ikinci derecede önem taşımaktadır. Buradan hareketle ağ düzeyinde değerlendirme yapmak için yol yüzey düzgünlüğü, kaplama bozukluklarının belirlenmesi, yüzey kayma direncinin (kayma sürtünme katsayısı) ölçülmesi yeterli görülebilir. Proje düzeyi, onarımda öncelikli yol kesimleri belirlendikten sonra, ayrıntılı projelendirme çalışmaları için (seçenek tasarım, yapım, bakım veya rehabilitasyon çalışmaları) defleksiyon ölçümleri yapılır, karot numunesi alınarak tabaka malzeme özellikleri ve kaplam tipinin belirlenmesi gerekir. Bir projenin veya seçilen özel kesimlerin karar vericileri ve bütçe yöneticilerini daha çok ilgilendiren ağ düzeyindeki analiz, en güçlü üstyapı yönetim kısmıdır. Proje düzeyinde analiz daha çok teknik personeli ilgilendirir (Hergüner, 2009).

### **3.2. Üstyapıda Meydana Gelen Bozuklukların Nedenleri**

Tasarım hataları, yanlış malzeme seçimi, yapım aşamasında yetersiz sıkıştırma, trafik yükleri, çevresel etkiler, yetersiz bakım onarım çalışması gibi etkenlerin biri veya birden fazlasının meydana gelmesi ile üst yapı bozuklukları ortaya çıkmaktadır (İncegül, 2010). Bunlara ilave olarak iklim şartları, üstyapı proje ömrünün ilerlemesi, trafiğin hızlı ve kontrolsüz bir biçimde artması, bakım ünitesinin diğer ünitelerle koordinasyon eksiklikleri, tekniğe uygun olarak yapılmayan alt yapı inşası da üstyapının başlıca bozulma nedenleridir (Hanlı, 2009; Yılmaz, 2011).

### 3.3. Esnek Üstyapılarda Meydana Gelen Bozukluk Türleri

Asfalt beton kaplamalı esnek üst yapılarda meydana gelen bozulmalar dört ana sınıfta toplanmaktadır. Bunlar kırılma veya çatlama, yama ve oyuklar, yüzey deformasyonu ve yüzey hatalarıdır. Bu hatalarda kendi içlerinde farklılıklar göstermektedir (Terzi , 2004).

- **Kırılma veya çatlama**
  - Yorulma kırılması (timsah sırtı çatlak)
  - Blok çatlak (büzülme çatlağı)
  - Kenar kırılması
  - Tekerlek izi oturması
  - Boyuna yönde kırılma (teker izi dışı)
  - Yansıma çatlakları
  - Enine yönde kırılma
- **Yama ve oyuklar**
  - Yama bozulması
  - Oyuklar
- **Yüzey deformasyonu**
  - Ondülasyon ve yığılma
- **Yüzey hataları**
  - Kusma
  - Cilalanmış agrega
  - Sökülme (ayrışma)

#### 3.3.1 Kırılma veya çatlama

Kırılma veya çatlamlar, dingil yüklerinden ve bunların fazla tekrarından meydana gelmektedir. Dingil yükünden dolayı kaplama malzemesinde oluşan gerilmeler, kaplama malzemesinin mukavemetini aştığı zaman üst yapı kaplamalarında çatlaklar meydana gelmektedir. Bunun yanı sıra taşıtların ani ivmelenmelerinden ortaya çıkan yatay kuvvetler, sıcaklık, nem gibi etkenlerde kırılmalara neden olabilir (Hanlı, 2009).

- **Yorulma kırılması**

Tekrarlı trafik yükleri altında ortaya çıkan bozulma türünün diğer bir adı da “yorulma çatlakları” dır. Bu çatlaklar enine oluşan çatlaklarla birleştiğinde ortaya çokgen şeklinde görüntüler meydana gelmektedir. Bu görüntü timsah sırtına benzemesi nedeniyle bozulma türüne “timsah sırtı kırılma” ve ya “timsah sırtı çatlak” adı verilmektedir (İncegöl, 2010).

- **Blok çatlak (büzülme çatlağı)**

Bir seri poligondan oluşan çatlaklardan oluşur. Poligonlar keskin köşeli ya da açılıdır. Yol ağırlığından dolayı meydana gelmez, genellikle asfaltın sertleşmesi ve büzülmesinden meydana gelir (tekerlek izi dışında) (Terzi , 2004).

- **Kenar kırılması**

Kaplamasız banket olması durumunda destek eksikliğinden, ağır trafik yüklerinden ve drenaj eksiliğinden meydana gelir. Ay şeklinde çatlaklar veya oldukça sürekli çatlaklar şeklinde görülür (Yılmaz, 2011).

- **Tekerlek izi oturması**

Trafik yükünden dolayı meydana gelen yorulma kırıkları olarak isimlendirilir. Tekerlek izinin şeklini aldığı ve tekerlek izlerinden dolayı oluştuğu için tekerlek izi çatlak olarak adlandırılır (Terzi , 2004). Tekerlek izi oturmasının oluşmasındaki diğer faktörler ise, karışım stabilitesinin düşüklüğü veya asfalt betonunun altındaki tabakaların yeterli kalınlıkta veya dayanımda olmamasından, yüksek sıcaklıklardan, yapım aşamasındaki sıkıştırma eksikliğidir (Yılmaz, 2011).

- **Boyuna yönde kırılma**

Bu tür çatlaklar yol eksenine boyunca görülmektedir. Boyuna çatlakların bulunduğu yerlerde yüzey suları alt tabakalara sızmasıyla timsah sırtı çatlakların oluşmasına neden olmaktadır (İncegöl, 2010).

- **Yansıma çatlakları**

Beton yollar üzerine yapılan asfalt betonu takviye tabakasında derzin yol yüzeyine yansımasıdır (Yılmaz, 2011).

- **Enine yönde kırılma**

Kaplama eksen çizgisine dik olarak oluşur. Sıcaklık değişimi ve asfaltın büzülmesi sonucu oluşur (Yılmaz, 2011).

### **3.3.2 Yama ve oyuklar**

- **Yama bozulması**

Yama, üstyapı yüzeyinin  $0,1 \text{ m}^2$  den daha büyük kısmına orijinal inşaattan sonra kaldırma, yer değiştirme veya ilave malzeme uygulamasıdır. Yama sınırındaki herhangi bir bozulma yama oranı içinde değerlendirilir (Terzi , 2004).

- **Oyuklar**

Genellikle yorulma çatlakları sonucunda oluşan timsah sırtı çatlakların sıklaşarak, ana gövdeden ayrılacak parçaların kopması sonucu meydana gelmektedir. Oyuklar, yüzey sularının alt tabakalara sızmasına sebep olduğu gibi, yüksek hızlı seyahat eden taşıtlarda tekerlek ve jant hasarına neden olarak trafik güvenliğinin de tehlikeye girmesine sebep olmaktadır (İncegül, 2010). Herhangi bir bozulma türünün ilerlemesinden meydana gelen çukurlar genişliğinin en az 150 mm olduğu kabul edilir (Yılmaz, 2011).

### **3.3.3 Yüzey deformasyon**

- **Ondülasyon ve yığılma**

Ondülasyonlar, plastik bir hareket sonucu, asfalt kaplamalarda meydana gelen enine ve aralıklı kabarmalardır. Yığılmalar ise, plastik bir hareket sonucu asfalt kaplama sathında meydana gelen tümsekler ve şişkinliklerdir (Terzi , 2004).



### 3.3.4 Yüzey hataları

- **Kusma**

Hava sıcaklığının yükselmesinin etkisi ile bitümlü bağlayıcı, yol yüzeyi yönünde genişler fakat sıcaklıklar düştüğünde bu olayın aksi gerçekleşmez, yani kalıcıdır. Zamanla yol yüzeyinde biriken bitümlü bağlayıcı yol yüzeyinde cam benzeri yansıma tabakası oluşturur. Bu şekilde meydana gelen bozulmalara kusma denilmektedir (İncegöl, 2010). Bunun yanı sıra sıkıştırma yetersizliği ve fazla sayıda ağır taşıt da yol yüzeyinde görülen kusmalara neden olabilmektedir (Yılmaz, 2011).

- **Cilalanma**

Aşınma tabakasındaki agreganın zamanla ve tekrarlı trafik yükleri altında sivriliğini ve köşeli yapısını kaybederek yuvarlaklaşması ile meydana gelmektedir. Yol yüzeyde görülen bu bozukluk türü kayma direncinin azalmasına neden olmaktadır (İncegöl, 2010).

- **Sökülme (ayırışma)**

Yol yüzeyinde agrega eksikliğinden dolayı bazı lokal çukurlar ve kopmalar şeklinde oluşan yol bozukluğu türüdür (Hanlı, 2009).

### 3.4 Üstyapı Bozukluklarının Taşıt İvmelenmesine Etkileri

Yolun hizmet yeteneği kavramının anahtar unsuru olan yol yüzeyi düzgünlüğüdür. Düzgünlük veya düzgünlük kavramları konfor açısından memnuniyet ya da memnuniyetsizlik olarak tanımlanır. Düzgünlük taşıtın özelliklerine, taşıtın hızına, sürücü ve yolcuların tahammülüne bağlı olarak değişir. Düzgünlük türleri enine, boyuna ve yatay (transverse, longitudinal ve horizontal) olmak üzere 3 tiptir. Yüzey bozulmaları genellikle taşıt üzerinde hem düşey hem de yanal ivme oluşturmaktadır. Düşey ivme konfor kaybına neden olurken, yanal ivme ise taşıtın yalpalamasına ya da yoldan çıkmasına neden olmaktadır (Haas, Huson vd., 1994).

Boyuna düzgünlük taşıtın süspansiyonu ile ilgili düşey hareketlerini etkiler. Boyuna düzgünlük kötü kaliteli ilk yapım ile ilgili olabileceği gibi, en sık

olarak aşırı yük veya iklim etkisiyle yüzeyden taban zeminine doğru gelişen, tabakaların herhangi birinde meydana gelen üstyapı deformasyonu da boyuna düzgünlüğün oluşmasına sebep olabilir. Enine düzgünlük ise suyun tekerlek geçiş yerlerinde gölcükler oluşmasına ve su kayağı etkisine yol açabilmektedir (Hergüner, 2009).

Düğünlük diye adlandırılan problem, tasarım sırasında teorik olarak tanımlanan yol yüzeyi ile gerçek yol yüzeyi arasındaki düşey farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Trafik yükleri, çevre etkisi (iklim koşulları), üstyapıda kullanılan malzeme ve hatalı üstyapı inşası üstyapılarda görülen düğünlüğü etkileyen faktörlerdir. Üstyapı düğünlük değerleri üstyapı profili ya da üstyapı düğünlüğüne taşıtın verdiği tepki ölçülerek belirlenmektedir (Hergüner, 2009).

Yol üstyapısının durum değerlendirmesi, uzman ölçüm ekipmanları ve fotografik veya optik gözlem yoluyla yapılmaktadır. Deneyimler, her iki yöntemde gerekli ve birbirini tamamlayıcı nitelikte olduğunu göstermiştir. Belirli alanlarda genellikle daha öznel ve daha az doğruluktaki optik gözlem tiplerinin yerine kullanımı artan yüksek verimlilikteki ölçüm ekipmanları geçse de, optik gözlem bazı nedenlerden dolayı gerekliliği esastır. Tüm üstyapı özellikleri veya bozulmaları yalnızca ölçüm ekipmanı kullanarak değerlendirilmesi olası değildir. Yalnızca ölçüm ekipmanından elde edilen veriler çoğu durumlarda esaslı bir bilgi kaybına yol açar. Optik gözlem yoluyla yapılan değerlendirmeler, gözetim tipine göre hareketli taşıtlar içinde, bisikletler üzerinde ya da gözlemci yayalar tarafından yapılmaktadır. Fotografik gözlemler ise bir dizi fotoğraf olarak veya üstyapıyı, araca bağlanan bir kamera ile yola paralel veya dik olarak fotoğraflayarak elde edilir (Doğan, 2006; Hanlı 2009).

Boyuna düğünlük veya düğünlük profil analizi yapılarak ya da tepkili tipte bir düğünlük sayacı ile ölçülür. Boyuna düğünlüğün ölçüm birimi mm/km cinsinden ifade edilir. Enine düğünlük ise tekerlek izi sayacı veya bir enine profilograf ile ölçülmektedir. Enine düğünlüğün göstergesi bir uzunluk boyunca elde edilen ortalama tekerlek izi derinliğidir, birimi mm'dir.

Kullanıcı güvenliğini etkileyen kayma direnci, boyuna veya enine (yanal) sürtünme katsayısı ile değerlendirilir (Hanlı, 2009).

### 3.4.1 IRI ve RN

AASHO tarafından yapılan yol testi çalışmaları neticesinde hizmet yeteneği indeksinin yaklaşık %95 olasılıkla yol yüzeyindeki düzgünsüzlük ile belirlenebileceği sonucu çıkarılmıştır (Kırbaş, 2007). Üstyapı boyuna profilinden elde edilen ölçümler, sürüş konforunu belirleyen RN ve IRI gibi düzgünsüzlük indislerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. Dünya Bankası tarafından 1982'de geliştirilen IRI (International Roughness Index) Uluslararası Düzgünsüzlük İndeksi olarak adlandırılmaktadır. IRI matematiksel olarak şu şekilde gösterilmektedir (Hergüner, 2009).

$$IRI = \frac{1}{L} \int_0^{L/S} |Z_s - Z_U| dt \quad (3.1)$$

L, profil uzunluğunun km değeri, S sürüş hızı, Z<sub>s</sub> yaylı kütesinin yüksekliğinin zaman türevi, Z<sub>U</sub> ise yaysız kütle yüksekliğinin zaman türevidir. IRI ile RN (sürüş sayısı) arasındaki matematiksel ilişki

$$IRI = 563982.18e^{(-1,51RN)} \quad (3.2)$$

RN ile IRI değerleri arasında korelasyon eşitliği kurulmakla birlikte birbirlerine dönüştürülemezler. Yol profilinin karakteristik yapısı, RN değerlerini IRI değerlerine göre daha farklı etkilemektedir. Bu nedenle aralarında bir korelasyon bulunmakla birlikte her iki indeksten farklı düzgünsüzlük verisi elde edilmektedir. RN ile IRI ölçümleri arasındaki temel farklılıklar aşağıda sıralanmıştır (Hergüner, 2009).

RN ölçümlerinin,

- Alt ve üst limit değerlerinin kesin sınırlar içermesi,
- Uluslararası geçerliliği olan standart bir değer olmaması,
- Daha kısa genlik ve dalga boylarında ölçüm yapılması
- Ön tahmin için sınırlı bir yaklaşım değeri vermesi,

IRI ölçümlerinin,

- Alt ve üst limit değerlerinin kesin sınırlar içermemesi,
- Uluslararası geçerliliği olan standart bir değer olması,
- Daha büyük dalga boylarında ölçüm yapılması,
- Düzgünsüzlük değeri için kesin bir değer vermesi.

Türkiye’de Asfalt Kaplamalı yol yüzeyleri için kabul edilen genel yüzey düzgünlük şartnamesi Çizelge 3.1’de verilmiştir (Sayers, 1986).

Çizelge 3.1. Asfalt kaplama için yüzey düzgünsüzlük şartnamesi

Düzgünsüzlük Değeri RN	Düzgünsüzlük Değeri IRI(m/km)	Düzgünsüzlük Sınıflaması	Değerlendirme
4,0-5,0	0-0,7	Çok İyi	Yen veya Yeni Sayılabilen Kaplama: İyileştirmeye gerek yok
3,0-4,0	0,72-1,11	İyi	İyi Durumdaki Kaplama: Yakı gelecekte iyileştirmeye gerek yok
2,5-3,0	1,12-1,58	Orta-İyi	Trafiğe Bağlı olarak yakın gelecekte iyileştirmeye ihtiyaç duyacaktır.
2,0-2,5	1,59-1,80	Orta	Mevcut Kullanılabilirliğini sürdürbilmek için yakında onarım gerektirir.
1,5-2,0	1,81-2,13	Kötü	Hemen İyileştirme gerekir.
0,0-1,5	>2,13	Çok Kötü	Hemen İyileştirme gerekir.

### 3.5 Üstyapı Bozukluklarının Ölçümü

#### • Yüzey çubuğu (Dipstick)

Üstyapının profilini ölçmede kullanılan en basit taşıtlardan bir tanesi olan yüzey çubuğu, bir operatör tarafından incelenecek yol güzergahı boyunca elde gezdirilerek kullanılmaktadır (Şekil 3.1). Cihaz, kontak ayaklarının birbirine

göre göreceli yükseklik farklarını ölçme prensibine göre çalışmaktadır (İncegöl, 2010).



Şekil 3.1. Dipstick

- **Profilometreler**

Profilometreler bir taşıt üzerine monte edilen donanımlar ile yol profilini ölçen taşıtlardır (Şekil 3.2 ve 3.3). Taşıt belirli bir hızda seyrederken, dijital ortamlarda yolun verileri kayıt edilir. Başlangıçta yol yüzeyine temas ederek yol profilini ölçen sistemler tasarlansa da günümüzde ultrasonik ses dalgaları veya lazer ışığı kullanarak yol profilini çıkartan ekipmanlar üstyapı düzgünsüzlüğünü ölçmede kullanılmaktadır (İncegöl, 2010).



Şekil 3.2. Ultrasonik profilometre aracı



Şekil 3.3. Lazerli profilometre aracı

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde, araştırma kapsamında geliştirilen sistemin donanımsal öğeleri ile yazılımsal özelliklerinin tasarımları anlatılmıştır. Araştırma bulguları, sistemin genel yapısı mobil uygulama ve arayüzü, veri işleme uygulaması ve sistemin denenmesi alt başlıklarda sunulmuştur.

### 4.1. Uzaktan Yol Bozukluğu Elde Edilen Sistemin Genel Yapısı

Bölüm 3’de yapısı, bozulma nedenleri ve çeşitleri incelenen üstyapı bozuklukları seyahat konforunu etkilemekte ve bu bozukluklar sürücü ve yaya gibi üstyapı kullanıcılarının güvenliklerini tehdit etmektedir. Trafikte yaşanan kazaların çok büyük bir oranı dikkatsizlik ve ihmalkârlık olarak bilinse de üstyapıdan kaynaklı trafik kazaları da kabul edilemez bir durumdur.

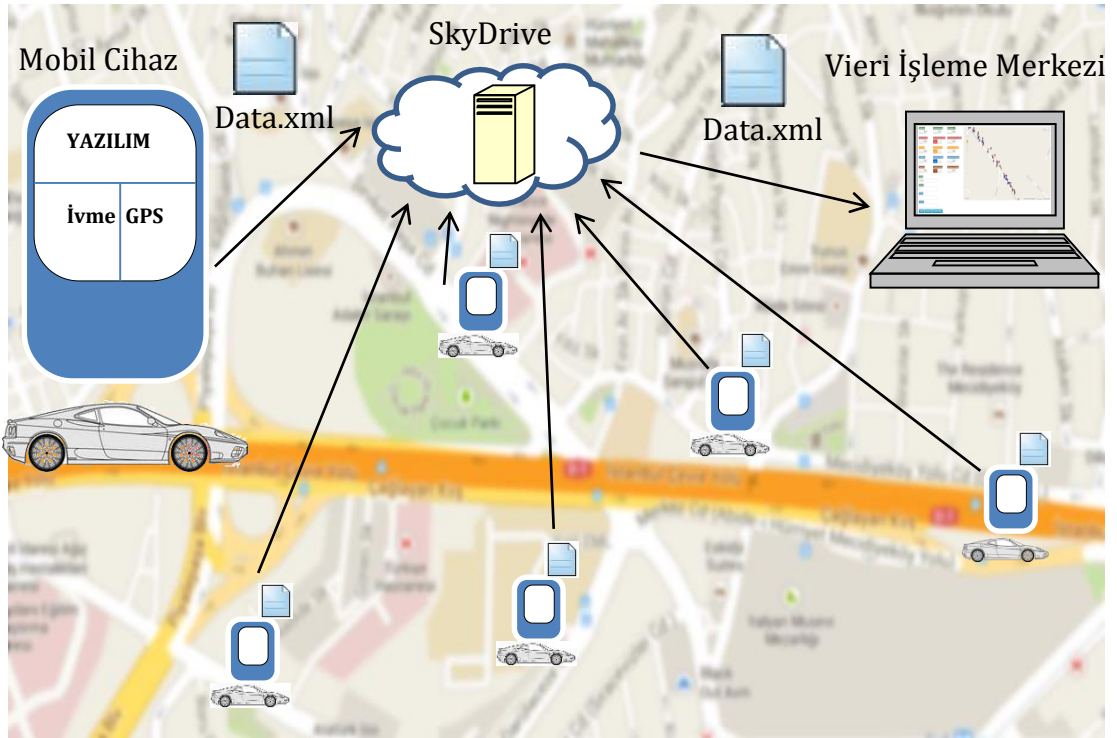
Üstyapı bozukluklarının kullanıcı açısından diğer bir olumsuz yönü ise bozuk üstyapının araca verdiği mekanik hasarlardır. Bu hasarlar üstyapı kullanıcısının gider maliyetini arttırmakta, kullanıcıya maddi zararlar vermektedir. Ülkemizde milyonlarca taşıt üstyapıyı kullandığı düşünülürse ülke ekonomisi açısından önemi görülmektedir.

Üstyapıda meydana gelen bozuklukların tespit etmek zaman alıcı ve maliyetli bir işlemdir. Gelişen bilişim teknolojileri ile birçok alandaki veriler uzaktan algılama yöntemi ile tespit edilip, analiz edilebilmektedir. Bu çalışmada da, Üstyapı Yönetim Sisteminin bir parçası olan yol bozukluklarının, taşıt içerisinden, mobil cihazların sensörlerinden algılanan verilerin uzak sunucularda toplanması sonucu oluşturulan verilerin analizi ile tespiti amaçlanmıştır. Şekil 4.1’de bu çalışmada geliştirilen mobil cihaz ile karayolları üstyapı profil verileri elde edilerek değerlendirildiği sisteminin genel yapı ve çalışmasını göstermektedir.

Şekil 4.1’ de görülen sistemde karayolunda seyreden araçlarda içerisinde ivme sensörü ve GPS konum tespit algılayıcısının bulunduğu mobil cihazlar için geliştirilen yazılım sayesinde aracın dikey, yatay ve yanal ivmelenme değerleri

anlık ölçülmekte ve dört tipte sınıflandırılarak konum bilgisi ile birlikte .xml dosyası oluşturulmaktadır.

Oluşturulan dosya internet yoluyla SkyDrive hizmetleri ile veri işleme merkezine iletilmektedir. Veri işleme merkezi için geliştirilen yazılımda ise gelen veriler bir veri tabanında biriktirilmekte ve kümeleme işlemi sonunda üst yapı bozukluklarının bulunduğu yerler işaretlenmektedir. Program veriler ve tarihler üzerinde filtreleme ve raporlama hizmetleri vermektedir.



Şekil 4.1. Mobil cihaz ile karayolları profil verilerinin elde edilmesi

Araştırma için, mobil cihaz üzerinde veri toplama ve gönderme için ayrı, veri işleme amacıyla ayrı yazılımlar tasarlanmıştır. Yazılımların algoritmaları C#.Net ile geliştirilmiştir. Algoritmalar dışında, algoritmaların geliştirilmesi, yüklenmesi ve uygulanması sırasında aşağıda bahsedilen donanım, yazılım ve hizmetler kullanılmıştır.

- HTC HD7 Mobil Telefon: 1 adet Windows Phone 7 işletim sistemine sahip HTC HD7 marka T2929 model cep telefonu kullanılmıştır.



- Visual Studio 2010: Windows Phone 7 işletim sisteminde uygulama geliştirmek için gerekli olan windows platformudur.

- Windows Phone 7: Windows Phone 7, Microsoft'un önceki mobil işletim sistemleri Windows Mobile ve Windows Phone 6,5'in bir yükseltmesi olarak değil, Microsoft'un taşınabilir cihazlar için geliştirdiği bir işletim sistemi olan Windows CE (Compact Edition)'nin bilinen temelleri ile başlamıştır. .NET Compact Framework ve Zune kullanıcı ara yüzü, Silverlight ve XNA kütüphaneleri adapte edilmiştir ve mobil donanım ile etkileşim için tamamen yeni API'ler, sensörler ve yazılımlar eklemiştir. Geliştiricileri etkinleştirmek için, Microsoft Visual Studio, Expression Blend ve XNA Game Studio oluşan bir araç oluşturmuştur. Windows Phone SDK 7,1'e karşılık gelen Microsoft Windows Phone 7,5 işletim sistemiyle ilgili özellikleri içermektedir. Windows Phone 7,1 SDK hızlı uygulama değişimleri içeren birçok yeni özelliklerden biriside yerleşik bir SQL CE veritabanının bulunmasıdır. Windows Phone 7 cihazları bir ivme, bir pusula ve opsiyonel jiroskop ile birlikte gelmektedir. Geliştiriciler, her üç sensörde paketleyen kullanımı basit bir kütüphanenin içerisinde her sensörden gelen ham verilere erişebilir veya hareket sensörü API lerini kullanabilmektedirler. Bir aygıtı dikey konumundan yatay açığa döndürüldüğünde işletim sistemi algılamaktadır. Sensörler ayrıca oyun veya bir uygulamayı kontrol etmek için bir giriş mekanizması olarak kullanılabilirler. Windows Phone işletim sistemli bir mobil cihazda minimum bulunması gereken donanım özellikleri şunlardır (Jones vd., 2012):

- DirectX 9 ivmelenmeyi destekleyen en az 1Ghz ARMv7 mimarili Qualcomm Snapdragon CPU işlemci,
- En az 256 mb RAM (Mango' da 512mb) ve 8 gb'lık Flash depolama alanı,
- En az 8GB depolama alanı,
- WiFi,
- Accelerometer(iveme ölçer),
- Lokasyon duyarlı uygulamalar etkinleştirmek için bir Yardımlı GPS alıcısı (AGPS) olmalıdır.

- Windows Phone 7'de sensörler: iPhone gibi, Windows Phone'da bir ivme, bir pusula ve bir kamera bulunmaktadır. Bazı Windows Telefonları da bir jiroskop

içermektedir. Windows Phone ilk sürümü, pusulaya erişmek için bir API sağlamıyordu ve kamera erişimi sınırlandırılmıştı. Windows Phone SKD (Software Development Kit) 7,1 ile birlikte pusula, jiroskop ve kameraya erişim sağlayan yeni API'ler tanıtmıştır (Jones vd. 2012).

- Windows Phone SDK (Software Development Kit) 7.1: Visual Studio 2010 programında mobil uygulama geliştirebilmek için kurulması gereken yazılım geliştirme setidir. SDK' nın kurulumu ile birlikte Application Deployment, Windows Phone Developer Registration, Windows Phone Emulator programlarında birlikte gelmektedir. Lisanslı Visual Studio kullanıcıları için ücretsiz olan Windows Phone SDK programı <http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=27570> adresinden elde edilmektedir.

- Application Deployment: Geliştirilen uygulamanın derlenmesi sonucu oluşan ".xap" uzantılı dosyayı mobil cihaza aktarmaktadır.

- Windows Phone Developer Registration: Microsoft Live hesabı kullanılarak kilidi açılan mobil cihaz Microsoft ürünlerine tanıtılır.

- Windows Phone Emulator: Similasyon ortamında mobil cihazı çalıştırıp sonuçları görebilmek için kullanılan bir programdır.

- Zune: Microsoft'un ürettiği WP (Windows Phone) işletim sistemli mobil telefonlarda sadece resim, müzik gibi dosyalara erişmek için kullanılan bir arayüz programıdır. Bu program kullanılmadan mobil cihaz'a bağlanmak mümkün değildir. Ayrıca Application Deployment kullanarak mobil uygulamaların cihaza aktarılması sırasında da açık olması gerekmektedir. <http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=27163> adresinden ücretsiz olarak zune yazılımı elde edilebilmektedir.

- Windows Phone 7 Dosya Erişimi: Windows Mobile Uygulamaları dosya sistemi üzerinden tüm dosyalara erişimi neredeyse mümkün kılmaktadır. Bu özellikler bir metin editörü gibi doküman merkezli uygulamalar geliştirildiği zaman çok kullanışlıdır, böylece konumlarından bağımsız olarak dosya sistemi üzerinden bir dosyayı kullanıcılar açabileceklerdir. Diğer yandan, kötü amaçlı

bir uygulama dosya sistemini bozulabilmekte ve yürütülmekte olan diğer uygulamaları engellemekte veya özel verileri öğrenebilmektedir. Bu nedenle, her Windows Phone uygulama sanal alanına kilitlenmiştir. Yalıtılmış alan diye adlandırılan kalıcı belleğin ayrılmış kısmına erişilebilmektedir. Farklı bir uygulamaya ile bir Windows Phone uygulaması içerisinde veri içeren yalıtılmış belleğe erişimin hiçbir yolu yoktur. Bütün dosya sistemine erişimi gerektiren uygulamalar Windows Phone 7 altında geliştirilemezdir (Jones vd., 2012).

- Microsoft SQL Server 2008: SQL Server Database Engine servisi kendisine gelen isteklerin, sorguların cevaplanmasını sağlayan servistir. SQL Server Agent servisi, SQL serverda bulunan job (iş yürütme), alert (alarm) ve notification (bildiri), çoğaltma (replication) gibi yönetimsel görevleri yerine getirmek için kullanılan bir servistir. SQL Server Business Intelligence Development Studio ile kurumsal düzeyde veri entegrasyonu ve veri dönüşümleri çözümleri oluşturmak için kullanılan bir platfırmudur.

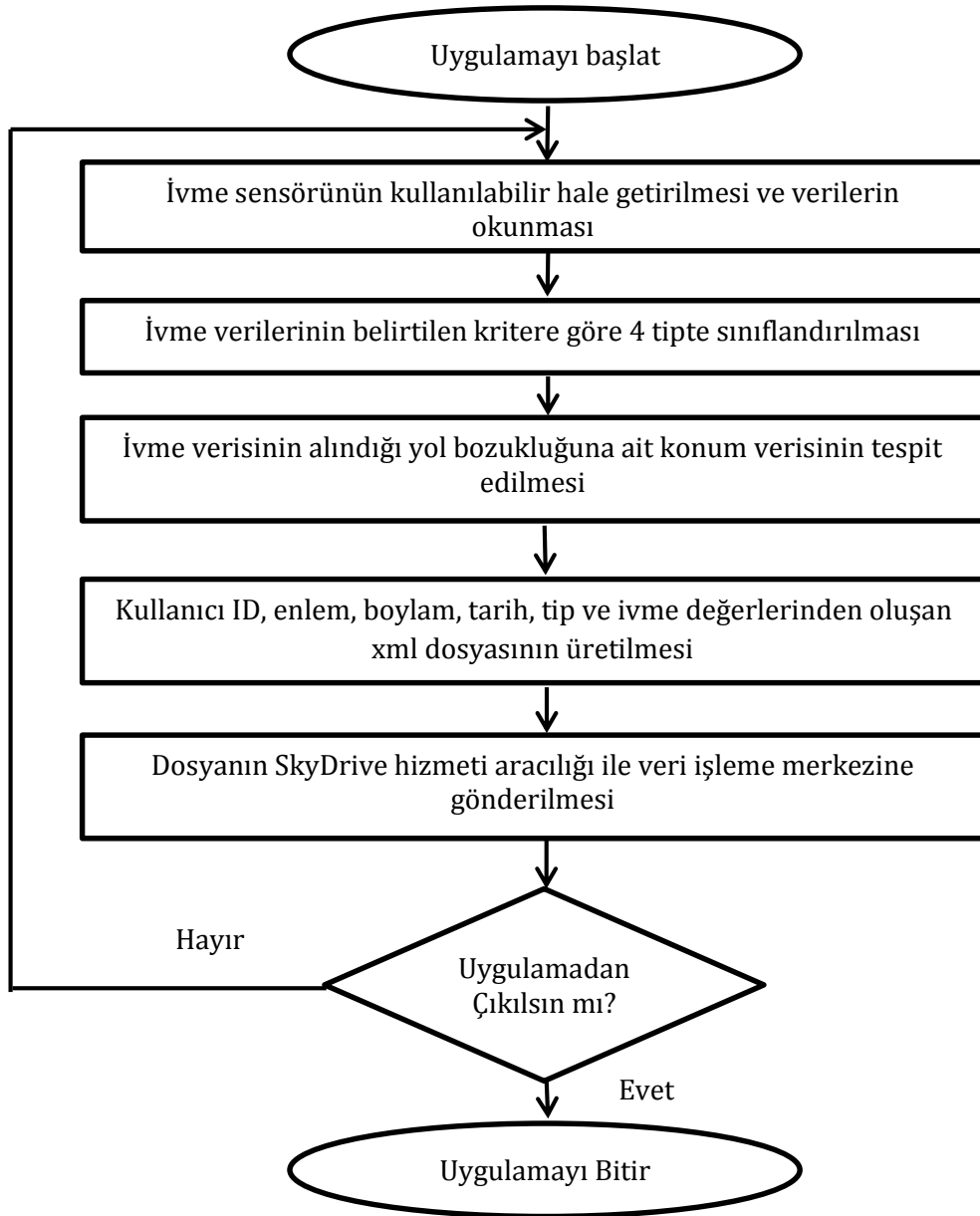
- SkyDrive: Windows Phone 7 işletim sistemine ait mobil telefonları isolated storage özelliğine sahip olduklarından dolayı cihaz belleğine kablolu ya da kablosuz hiçbir şekilde erişimine (resim ve müzik dosyası hariç) izin verilmemektedir. Bütün dosya ve klasörlerin internet üzerinden paylaşımının yapıldığı veri depolama merkezi olan SkyDrive, Microsoft'a ait bir veri depolama hizmetidir. SkyDrive hizmeti kullanılarak cihaz içerisindeki dosyalar internet ortamına taşınıp, erişilebilmektedir. Uygulamalarda SkyDrive bağlantısı yapmak için uygulama arayüzüne "Sign-In Button" kontrolünün eklenmesi gerekmektedir. Bunun için projeye kütüphaneden "Microsoft.Live.Controls" ve "Microsoft.Live" referansları eklenmektedir. Arayüz uygulaması geliştirilirken "scope" denilen erişim hakları belirlenmektedir. Scope bilgisine göre kullanıcılar dosyalarını değiştirme ya da görme iznine sahip olabilmektedir. Birçok erişim belirleyicinin bulunduğu scope listesine <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/live/hh243646.aspx#types> adresinden ulaşılmaktadır.

- Live Connect Geliştirici Merkezi: SkyDrive ile bağlantı kurup dosyaların internet ortamına aktarılması için geliştirilecek uygulamalarda gerekli olan API (Application Programming Interface )'leri Microsoft'un

<http://go.microsoft.com/fwlink/?LinkId=193157> adresine bağlanarak ulaşılabilmektedir. Burada uygulamanın adı ve dili seçenekleri belirtildikten sonra kullanıcılara “clientId” ve “secret key” verilmektedir. Bu bilgiler mobil uygulamanın .xaml tarafında kullanılmaktadır.

#### 4.2. Mobil Uygulama ve Arayüzü

Çalışma için geliştirilen mobil uygulama algoritmasının işlem adımları Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Mobil uygulama akış şeması

Uygulama başlatıldığında önce ivme sensörü kullanılabilir duruma getirilir ve titreşim verileri okunmaya başlanır. Daha sonra belirlenen dikey, yatay ve yanal ivmelenme ölçütleri değerinin altındaki ivmelenme değerleri göz ardı edilerek filtrelenir. Bu adımda veriler yatayda hızlanmadan kaynaklı ivme değişimi, yavaşlamadan kaynaklı ivmelenme, dikey ivmelenme ve yanal ivmelenme olmak üzere 4 farklı şekilde gruplandırılır. Mobil cihazda bulunan GPS algılayıcı sayesinde, belirlenen ivme ölçüt değeri ve üzerinde bir değerde ivmelenme elde edildiği andaki konum verisi belirlenmektedir. Cihaz üzerinde geliştirilen uygulamaya kullanıcı tarafından girilen Kullanıcı ID ve cihazın ölçtüğü enlem, boylam, ivme değeri, ivmenin tipi tarih bilgisi ile birlikte oluşturulan “xml” uzantılı bir dosyaya kaydedilir. Dosya ismi kullanıcı tarafından belirlenebilmektedir. Kaydedilen dosya çevrimiçi bir ortamda, online dosya barındırma ve paylaşma hizmeti olarak tanımlanan SkyDrive bulut teknoloji servisine gönderilir. Bu dosyalar daha sonra SkyDrive servisine bağlanan veri işleme uygulamasına aktarılacaktır.

Kullanıcıların mobil uygulamayı başlatmadan önce Şekil 4.3’de gösterilen uygulama arayüz ekranının en üst kısmında bulunan Kullanıcı ID, Dosya Adı, ivme ölçütlerini belirlemelidir. Başlat düğmesine basıldıktan sonra çalışan program ekranında X değeri ile anlık yanal ivmelenme ölçümünü, Z değeri ile anlık yatay ivmelenme ölçümünü ve Y değeri ile anlık dikey ivme ölçümünü göstermektedir. Enlem, boylam ve zaman değerleri de belirlenen ölçütlere göre elde edilen ivmelenme verilerinin konumları göstermektedir. Veriler “Kaydet” butonuna basıldığında kullanıcı tarafından belirlenen dosya ismi ve “xml” formatında kaydedilir. Görünüm düğmesi, bozuk yoldan kaynaklanan titreşim ile elde edilen ivmelenme verisinin koordinatlarını yeşil pencerede göstermektedir. “Sign-in” butonuyla SkyDrive hizmetine bağlanan kullanıcılar, “Yükle” düğmesi ile elde edilen “xml” dosyasını SkyDrive servisine gönderirler.



Şekil 4.3. Mobil uygulama arayüzü

#### 4.2.1. İvme sensörünün kullanılabilir hale getirilmesi ve verilerin okunması

İvmeölçer sarsıntı ve titreşim gibi ani hareketlere tepki verir. Üçboyutlu uzayda ivmeölçer bilgisini vektör olarak temsil etmek mümkündür. Böylece ivme vektörünü (x, y, z) diye sembolize edebilmektedir. Telefon hareketsiz durduğu zaman ivmeölçer vektörü yer küreye doğru değer göstermektedir. Büyüklük "1" ise, dünyanın yüzeyine olan yerçekimi kuvveti anlamına gelen "1g" 'dir. Telefonunuzu dik tuttuğunuz zaman ivmeölçerin göstereceği vektör değeri (0, -1, 0), bu aşağı yönlüdür. Telefonunuzu saatin dönüş yönüne ters olarak 90 derece döndürün ivme vektörünün (-1, 0, 0) olacaktır. Tepetaklak tersine çevirdiğinizde (0, 1, 0) ve saat yönünde 90 derece daha döndürdüğünüzde ivmeölçerin değeri (1, 0, 0) olacaktır. Telefonu masanın üzerine ekranı görece şekilde bıraktığınızda ivme vektörünün (0, 0, -1) dir. İvme vektörü nadiren tam

değerlerde olacaktır ve hatta bileşke büyüklüğü tam olmayacaktır. Hareketsiz bir telefon için bileşke büyüklüğü birkaç puanlık farklı yönelimlerle değişir(sabit kalmaz). Eğer hız sabitse, ivme vektörü sadece yerçekimini kaydedecektir. Telefon serbest düşmede olduğu zaman ivmeölçerin gösterdiği vektörün büyüklüğü teorik olarak sıfır olmalıdır (Petzold, 2010).

Mobil cihazda bulunan sensörlere erişmek için uygulamaya referans olarak "Microsoft.Devices.Sensors" ve "System. Device" kütüphaneleri eklenmiştir. Şekil 4.4'de ivme sensörüne ait metodların ve değişkenlerin kullanılabilmesi için "Accelerometer" isimli sınıftan "myAccelerometer" nesnesi türetilmiştir.

```
Accelerometer myAccelerometer =new Accelerometer();
```

Şekil 4.4. Visual Studio'da ivme sensörüne erişim

Şekil 4.5'te gösterilen yazılım kodlar ile "Accelerometer" sınıfına ait "Start()" methodu kullanılarak ivme sensörünün çalışma işlemi gerçekleştirilmiştir. "ReadingChanged" olayı kullanılarak ivme sensörünün ölçtüğü değerlerdeki değişim devamlı olarak uygulama tarafından okunmaktadır.

```
myAccelerometer.Start();  
myAccelerometer.ReadingChanged += myAccelerometer_ReadingChanged;
```

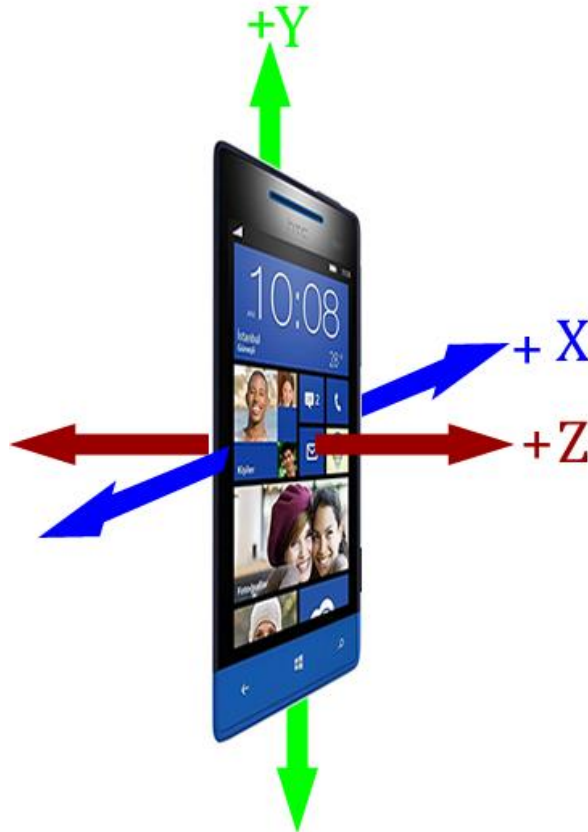
Şekil 4.5. İvme sensörünün ölçtüğü değerlerin okunması

#### 4.2.2. İvme verilerinin sınıflandırılması

Mobil cihazda bulunan ivme sensörü X, Y ve Z düzleminde +1g ile -1 g arasındaki yerçekimi ivmesini ( $1G=9.81 \text{ m/s}^2$ ) ve yine bu aralıkta cihaza etki eden dış kuvvetlerin değerini ölçmektedir. Mobil telefonun ivme değeri kullanıcı tarafından aşırı sallandığında 1 değerini biraz geçse de 2.0 değerine hiçbir zaman ulaşmaz. Y düzleminde elde edilen veriler dikeyde yapılan ivmelenmeyi, X düzlemindeki ivme verileri yatayda yapılan ivmelenmeyi ve Z düzlemindeki ivme değerleri ise öne ve arkaya doğru yapılan ivmelenmeyi göstermektedir. Bir taşıta sabit bir şekilde monte edilen mobil cihazın gösterdiği Y düzlemindeki veriler aracın dikey yönlü sarsılmalarını, Z düzleminde ölçülen pozitif değerler

taşıttaki hızlanma ivmesini, negatif değerli Z değerleri ise frenlemeden kaynaklanan yavaşlama ivmesini vermektedir. X düzleminden alınan değerler ise taşıtın dönme esnasında yaptığı başvurma hareketinden elde edilen ivme değerleridir. Buna göre ivmelenme, dikey ivmelenme, yanal ivmelenme, hızlanmadan kaynaklı ivmelenme ve frenlemeden kaynaklı ivmelenme olmak üzere 4 tipte sınıflandırılmıştır. Çalışmada, önceden belirlenen eşik kritere ulaşan ivme verileri kaydedilmiş, istenilen ölçüte ulaşamayan ivme değerleri program tarafından kaydedilmemiştir. Şekil 4.6'de mobil cihazın konumuna göre ölçülen ivme değerleri evrensel uzayda gösterilmiştir.

İvme verileri her değiştiğinde "AccelerometerReadingEventArgs" metoduna düşecektir. Bu metodun "args" parametresi üzerinde vektörün X, Y ve Z eksenlerindeki ivme değerleri elde edilir. Dikey ivmelenmeyi ölçen Y eksenini yanal ivmelenmeyi ölçen X eksenini ve ani frenlemeden kaynaklanan yavaşlama ivmesini ölçen pozitif Z eksenini değerleri belirlenen ölçüt değerine eşit ve ya büyükse elde edilirken, hızlanma ivmesini ölçen negatif Z eksenini değeri belirlenen ölçüt değerine eşit veya daha küçük ise elde edilir.



Şekil 4.6. Mobil telefonda 3 eksenli ivme ve yönleri



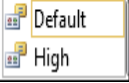
#### 4.2.3. İvme verisinin alındığı yol bozukluğunun konum verisini tespit etme

Kullanıcının yetkisi ile bir Windows Phone 7 programı yardımcı-GPS ya da A-GPS denilen bir teknik kullanılarak telefonun coğrafik konum bilgisini elde etmek mümkündür. Konum belirlemenin en kesin yöntemi Küresel Konumlandırma (GPS) uydularından gelen sinyallere erişerek olmaktadır. Fakat GPS yavaş olabilir. Şehirlerde ve kapalı ortamlarda çok iyi çalışmaz ve pil kullanım açısından da pahalı olarak kabul edilmektedir. Daha ucuz ve hızlı çalışmak için, bir A-GPS sistemi, cep telefonu baz istasyonlarından veya ağlarından konum belirlemeye çalışabilmektedir. Bu yöntem daha hızlı ve daha güvenilir fakat daha az hassastır. Dünyanın yüzeyi üzerinde bir nokta enlem ve boylam bilgileri ile belirlenir. Enlem ekvatorun açısal uzaklığıdır. Yaygın kullanımında, enlem 0 ve 90 derece arasındaki bir açıdır ve N ve S sırasıyla kuzey ve güney anlamındadır. Örneğin, New York City 'nin enlemi yaklaşık olarak 40° N 'dir. Ekvatorun kuzeyindeki enlemler pozitif değerler ve ekvatorun güneyindeki enlemler negatif değerlerdir yani 90° Kuzey Kutbu ve -90° Güney Kutbudur. Aynı enlemdeki bütün konumlar bir enlemin çizgisi olarak tanımlanır. Enlem çizgisi boyunca, İngiltere Greenwichdeki kraliyet rasathanesinden geçen başlıca meridyenden açısal mesafeye boylamdır. Genel kullanımda doğu ya da batı meridyenleri vardır. New York City 74° batı meridyenidir çünkü ana meridyenin batısındadır. GeoCoordinate nesnesinde doğu meridyenleri pozitif ve batı meridyenleri negatif değer göstermektedir. 180 ve -180 arasında Boylam değerleri Uluslararası Tarih Çizgisi de birleşmektedir (Petzold, 2010).

GPS verilerinin okunabilmesi için "GeoCoordinateWatcher" sınıfından "Pozisyon" nesnesi türetilmiştir (Şekil 4.7). "GeoCoordinateWatcher" sınıfının bir metodu olan "Start()" metodu ile mobil cihazda bulunan GPS sensörü çalıştırılmıştır. "Pozisyon\_PositionChanged" event (olay) 'ı konum bilgisindeki değişimleri dinleyerek, güncellenen koordinat bilgilerini almaktadır. "GeoPositionAccuracy" parametresi lokasyon bilgisinin hassasiyetini belirlemektedir. Anlık konum tespiti yapılmak isteniyorsa "GeoPositionAccuracy.High", uzun süreli koordinat tespiti

için “GeoPositionAccuracy.Default” parametreleri kullanılmaktadır. Yapılan çalışmada konum verisinin doğruluğu çok önemli olduğu için “GeoPositionAccuracy.High” parametresi kullanılmıştır.

```
GeoCoordinateWatcher Position = new GeoCoordinateWatcher(GeoPositionAccuracy.);
```



Şekil 4.7. Visual Studio’ da GPS sensörüne erişim

MovementTreshold; parametresi ise parazit engelleme görevi görmektedir belli bir değerin altındaki değerleri raporlamayacaktır. Yapılan çalışmada her bir metrenin bile önemi olduğu için bu değer oldukça küçük tutulmuştur. Şekil 4.8’de yapılan kodlamaların görüntüsü verilmektedir.

```
Position.MovementThreshold = 0.01;  
Position.Start();  
Position.PositionChanged +=  
    new EventHandler<GeoPositionChangedEventArgs<GeoCoordinate>>(PositionChanged);
```

Şekil 4.8. GPS sensörünün konum verisini okuması

“if-else” blokları kullanılarak dört tipe ayrılan ivme verisi için her birinin ölçüldüğü anda “GeoPositionChangedEventArgs” metodunun “Position” özelliğinin “Location” özelliği kullanılarak elde edilen konum verisi, uygulama tarafından kaydedilir.

#### 4.2.4. Toplanan verilerin dosyaya kaydedilmesi

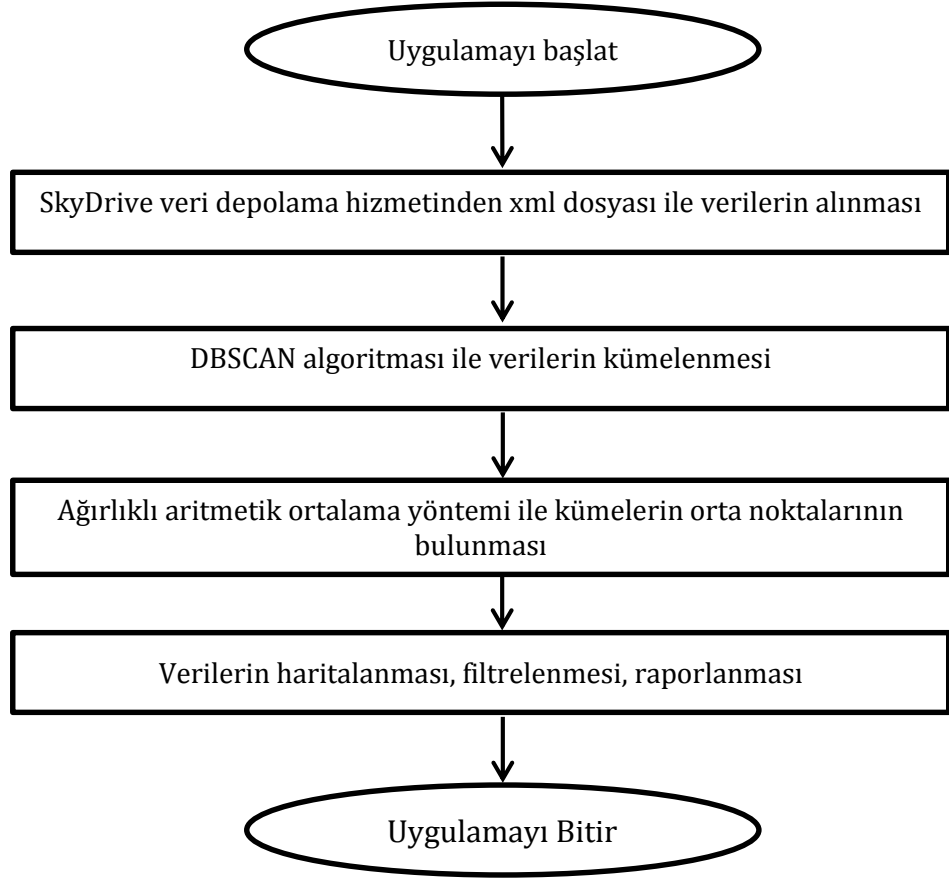
İvme verisi elde edildiği andaki enlem, boylam, zaman, ivmenin tipi, ivme değeri ve Kullanıcı ID bilgileri program tarafından tutulmaktadır. Şekil 4.3’de gösterilen “Kaydet” butonu ile önce bir “xml” uzantılı dosya, “XmlWriter” sınıfına ait “Create” metodu ile kullanılarak oluşturulmaktadır. Daha sonra Xml serileştirme yöntemi ile dosyaya kaydedilen konum verileri “Görüntü” butonu ile ListBox ekranında gösterilmektedir.

#### **4.2.5. Dosyanın SkyDrive hizmeti aracılığı ile veri işleme merkezine gönderilmesi**

Şekil 4.3'de gösterilen "Sing in" butonu Microsoft şirketine ait SkyDrive online depolama hizmetine, uygulama geliştiriciler için sunulan API'ler sayesinde mobil cihaz üzerinden çevrimiçi durumlarda bağlanmayı sağlamaktadır. "Upload" butonu ise mobil cihaza kaydedilen "xml" dosyasını SkyDrive depolama hizmetine taşınmasını sağlamaktadır. İnternet ortamında sanal disk olanağı sağlayan SkyDrive hesabına Microsoft Live hesabı ile erişmek mümkün iken kullanıcılarına 7GB ücretsiz kullanım hakkı sunmaktadır. SkyDrive hesabına sahip olduğunda, ayrıca ücretsiz SkyDrive masaüstü uygulamasını yüklenebilmektedir. Ayrıca dosyalar, bilgisayara otomatik olarak eşitlenebilmektedir. Fotoğraflara, belgelere ve diğer önemli dosyalara telefon, tablet, bilgisayar veya Mac'den ulaşılmaktadır. Laptop veya PC'de yüklü veriler otomatik olarak kolaylıkla senkronize edebilmektedir. Ayrıca ekip olarak çalışılan projeler için klasör paylaşımı, ekibin tamamı karşuya yükleme ve karşıdan yükleme yapabilir ve belgeler ve diğer dosyalar üzerinde ortak çalışma imkanı bulunmaktadır. Parolalar ayarlayıp kimin neyi görmesi gerektiğine karar verilebilir; böylece verilerin denetimi sağlanabilir.

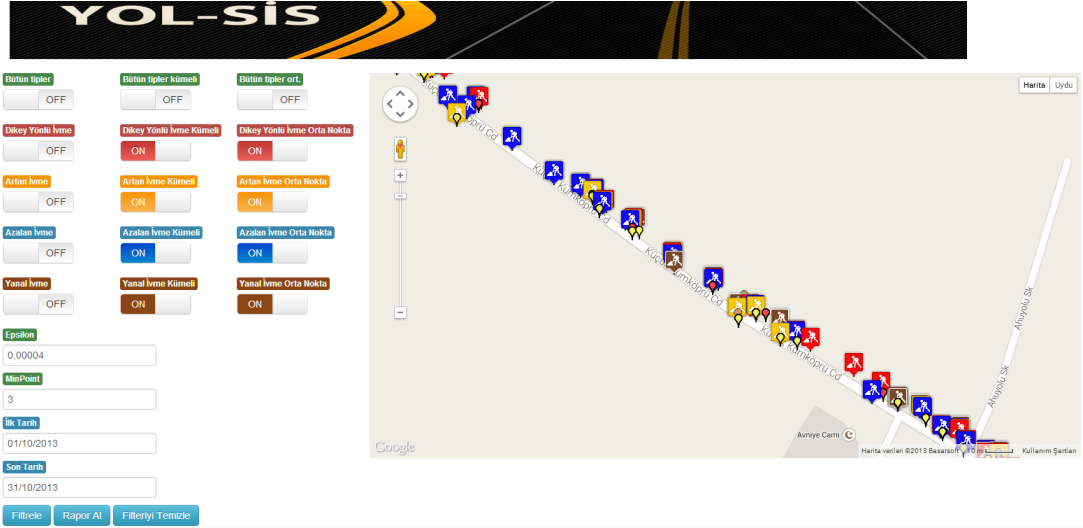
#### **4.3. Veri İşleme Uygulaması ve Arayüzü**

Şekil 4.9'da veri işleme merkezi uygulaması akış şeması görülmektedir. Mobil telefondan SkyDrive'a gönderilen ".xml" uzantılı dosyalar internet yoluyla veri işleme merkezi tarafından alınmıştır. Dosyalarda bulunan konum verileri, noktaların birbirlerine göre uzaklığına bakılarak yoğunluk tabanlı kümeleme analiz yöntemi olan DBSCAN algoritması ile kümeleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Her kümenin ağırlıklı aritmetik ortalaması bulunarak orta noktası belirlenmiştir. Böylece yol yüzeyindeki bozuklukların yerleri tespit edilmesiyle çalışılmıştır. İşlenen veriler ivme türüne, kümelenmiş ivme türüne, kümelerin orta noktasına ve tarihe göre filtrelenip raporlanabilmektedir. Şekil 4.9'da sırasıyla uygulanan işlem adımları gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Veri işleme merkezi uygulaması akış şeması

Veri işleme merkezinde toplanan veriler Şekil 4.10'da dikey, yanal, artan, azalan ivme olarak farklı renklerde harita üzerinde işaretlenerek gösterilmektedir. Verilere yoğunluk tabanlı kümeleme yöntemi uygulandığında gürültü noktalar harita üzerinden kaldırılmakta, ayrıca her ivme türünün gösterildiği renkle aynı olarak, ivmelerin orta noktaları hesaplanıp farklı bir simge ile gösterilmektedir. İstenilen tarihler arasındaki verilerin görünümü sağlamak amacıyla filtreleme düğmesi eklenmiştir. Herhangi iki tarih arasındaki verileri raporlayabilen bir arayüz tasarlanmıştır.

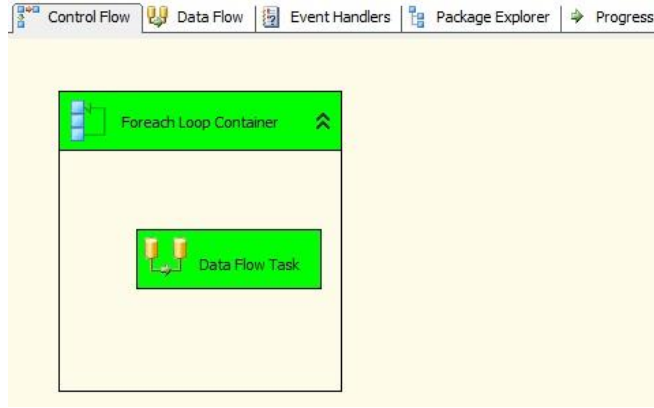


Şekil 4.10. Merkez sunucu veri inceleme programı

#### 4.3.1. SkyDrive bulut depolama hizmetinden verilerin alınması

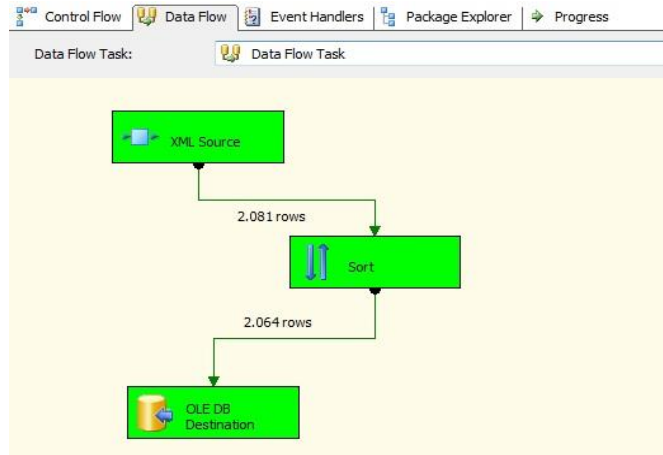
Microsoft Live hesabı kullanılarak bilgisayara kurulan SkyDrive masaüstü uygulaması sayesinde SkyDrive’da bulunan dosyalara bilgisayarın bir klasöründen erişir gibi ulaşılmaktadır. Veri işleme merkezindeki bilgisayarda bulunan bu SkyDrive klasöründen alınan “.xml” uzantılı dosyalar bir klasör içerisinde tutulur. Klasör içindeki tüm “.xml” dosyalarında bulunan sırasıyla Kullanıcı ID, enlem, boylam, tarih, tip ve ivme verileri SQL Server Business Intelligence Development Studio’ nun içerisinde bulunan SQL Server Integration Services (SSIS) uygulaması ile SQL Server veritabanında bir tabloya taşınmaktadır. SSIS veri kaynağından verilerin alınıp başka bir veri kaynağına, istenirse işlemlere tabi tutularak, taşınması ya da dönüştürülmesi işlemlerinin yapıldığı bir platformdur. Çalışmada 1 adet Foreach Loop Container, 1 adet Data Flow Task, 1 adet Xml Source, 1 adet Sort ve 1 adet OLE DB Destination bileşeni kullanılmıştır. Foreach Loop Container’ın içerisinde bulunan Collection sekmesinde, Foreach File Enumerator kullanılan koleksiyonda, klasörün adı tutulmaktadır. Üzerinde çalışılan dosyanın adına erişmek için Variable Mapping penceresinde bir tane değişken tanımlanarak istenilen dosya konum bilgisinin bu değişkene atanması sağlanmıştır. Data Flow Task, veri kaynaklarından verinin alınması bu verinin istenilen yapıya çevrilerek üzerinde farklı işlemler yapıldıktan sonra yeni bir veri kaynağına aktarıldığı taskdır. Şekil 4.11’ de

çalışmada kullanılan Foreach Loop Container ve Data Flow Task bileşenlerinin ekran görüntüleri görülmektedir.



Şekil 4.11. Xml uzantılı dosyaların hedef klasörden alınması

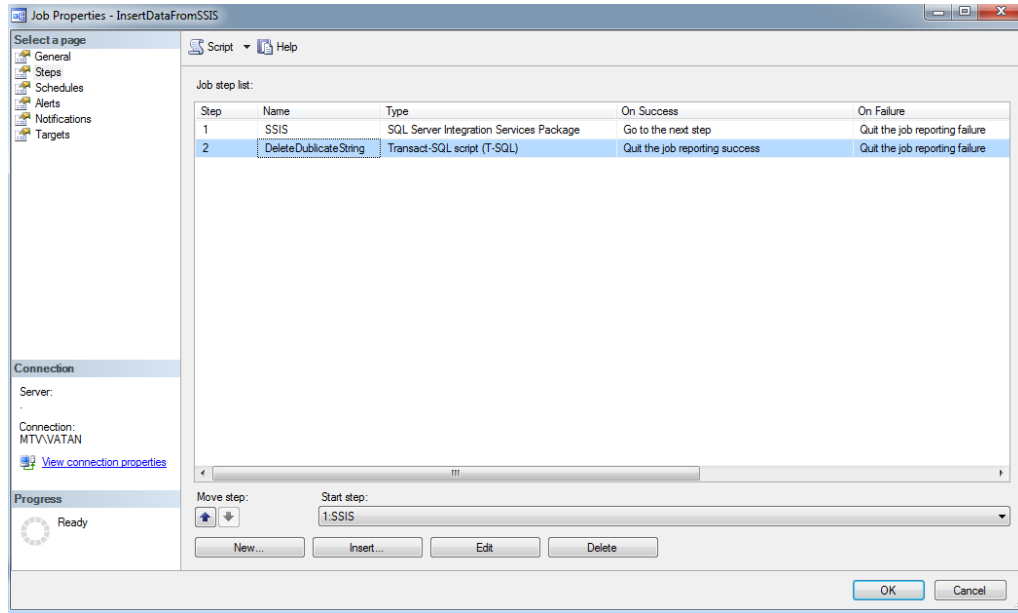
Xml Source, SSIS içinde kullanılan kaynak verilere erişmek için kullanılmıştır. Sort bileşeni ise, tekrarlı kayıtların elenmesinde kullanılmaktadır. OLE DB Destination ise kaynak verilerinin taşındığı hedef veritabanını temsil eden bileşendir. Şekil 4.12’de çalışmada kullanılan Xml Source, Sort veOLE DB Destination bileşenlerinin bağlantı ekranı görülmektedir.



Şekil 4.12. Kaynaktan alınan verilerin hedef veritabanına taşınması

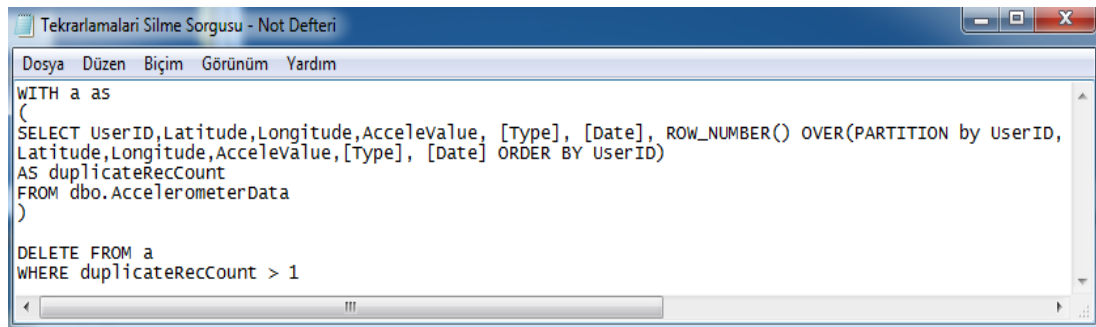
SQL Server Agent servisi tarafında yapılan iş (job) yürütme uygulamalarıyla, ilk olarak Integration Services uygulaması 30 sn aralıklarla çalışarak SkyDrive hizmetine yeni gelecek olan dosyaların olup olmadığını kontrol etmektedir.

Şekil 4.13'de Microsoft SQL Server Agent hizmetinde bulunan iş yürütme bölümünde yapılan uygulamanın ekran görüntüsü gösterilmektedir.



Şekil 4.13. SQL Server Agent iş yürütme arayüzü

Integration Services uygulaması her çalıştığında önceki verileri de veritabanına kaydettiği için veritabanında aynı veriler kaydedilmiş olmaktadır. İkinci iş yürütme uygulaması da bu tekrarlı kaydedilmiş verilerin 30 sn aralıklarla kontrolünden sonra silinmektedir. Şekil 4.14'te tekrarlı verileri silmek için kodlanmış komutların ekran görüntüsü görülmektedir.



Şekil 4.14. SQL kodları ile yazılmış iş yürütme komutları

### 4.3.2. DBSCAN algoritması ile verilerin kümelmesi

Kümeleme analizi, bir veya birkaç özellik açısından benzer olan verileri belirleme işlemidir. Kümeleme analizi verilerin çeşitli benzer özellikleri

itibariyle ayırırken, kümeler içi homojenlik ve kümeler arası heterojenlik maksimum düzeyde tutulmuş olur. Aynı kümedeki veriler, kümelendikleri özellikler açısından birbirleri ile benzeşirken, diğer kümelerdeki veriler ile benzeşmeyecektir. Kümeleme analizi Tıp, biyoloji, psikoloji, sosyoloji, arkeoloji gibi alanlarda kullanılırken, belirsizlik koşullarının ve karmaşık oluşumların bulunduğu bilim alanlarında ise daha çok yararlanılan bir yöntemdir (Gürsoy, 2009). Kümeleme analizi sınıflandırma yönteminden farklı olarak belirlenecek kümelerin özellikleri önceden bilinmemektedir, bu yüzden ortaya çıkacak küme sayısı da belli değildir. Yani sınıflandırma işleminde sınıflar önceden belirli iken, kümeleme işleminde sınıflar önceden belirli değildir. Bundan dolayı kümeleme yönteminin sonuçları dinamiktir (Silahtaroglu, 2008).

- **Benzerlik ve Uzaklık**

Veritabanındaki veriler kümeleme işlemi uygulanırken benzerlik ve uzaklık kavramlarından faydalanılmaktadır. Veritabanındaki her bir kayıttın diğer tüm kayıtlarla olan uzaklığı veya benzerliğine bakılarak aday ve gerçek kümeler oluşturulur. Daha sonra oluşturulan kümelerin gerçekten farklı özelliklere sahip olup olmadığı kontrol edilir. Birbirlerinden farklı olmayan kümeler birleştirilip tek bir küme haline getirilebileceği gibi bir kümeden de birde fazla kümeler oluşturulabilir (Silahtaroglu, 2008).

Benzerlik uzaklık kavramının aksine, büyük sayılar ölçüldüğünde iki nesnenin birbirine yakın olduğunu, küçük bir sayı ölçüldüğünde gözlemlenen iki nesnenin birbirinden uzak olduğunu göstermektedir (Gürsoy, 2009).

Kümeleme yöntemlerinin birçoğu, gözlem değerleri arasındaki uzaklıklar hesaplanarak yapılmaktadır. O nedenle kümeleme işlemi yapılırken iki nokta arasındaki uzaklığı hesaplayan bağıntılara ihtiyaç vardır. Örneğin 5 farklı nesne 3 özelliğe göre gözlemlendiği düşünülürse, bu gözlemden oluşan matris şu şekilde gösterilebilir (Özkan, 2013):

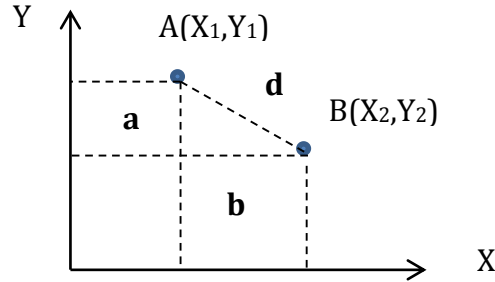


$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} \\ x_{41} & x_{42} & x_{43} \\ x_{51} & x_{52} & x_{53} \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

Matriste gösterilen ilk satır  $(x_{11}, x_{12}, x_{13})$ , birinci gözleme ait veri kaydıdır. İkinci gözleme ait veri kaydı ise  $(x_{21}, x_{22}, x_{23})$  şeklindedir. Bu iki nokta arasındaki uzaklığı  $d(1,2)$  biçiminde ifade edersek, bu matristeki her bir kaydın diğerine olan uzaklığını  $d(i,j)$  şeklinde gösterilecektir. Aynı zamanda  $d(i,j)=d(j,i)$  olacağından dolayı aşağıdaki simetrik D matrisinin üst kısmı yazılmamıştır (Özkan, 2013).

$$D = \begin{bmatrix} 0 & & & & \\ d(2,1) & 0 & & & \\ d(3,1) & d(3,2) & 0 & & \\ d(4,1) & d(4,2) & d(4,3) & 0 & \\ d(5,1) & d(5,2) & d(5,3) & d(5,4) & 0 \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

Uygulamada en çok kullanılan uzaklık iki boyutlu uzayda Pisagor teoreminin bir uygulaması olarak karşılaşılan Öklid uzaklık bağıntısıdır. Şekil 4.15’de iki nokta arasındaki uzaklığın iki boyutlu uzayda gösterimi verilmiştir (Özkan, 2013).



Şekil 4.15. İki noktanın analitik düzlemdeki görüntüsü

A ve B noktaları arasındaki uzaklığı belirleyen Öklid bağıntısı şu şekildedir:

$$d(A,B) = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2} \quad (4.3)$$

Bu bağıntı genelleştirilecek olursa, aşağıdaki gibi bir bağıntıya ulaşılır:

$$d(i,j)=\sqrt{\sum_{k=1}^p(X_{ik}-X_{jk})^2} \quad (4.4)$$

Çizelge 4.1. Üç değişkenli gözlem verileri

Gözlem	A	B	C
1	9	3	5
2	7	5	1
3	5	9	7
4	1	1	4
5	2	8	6

$$d(i, j)=\sqrt{(X_{i1}-X_{j1})^2+(X_{i2}-X_{j2})^2+(X_{i3}-X_{j3})^2} \quad (4.5a)$$

$$d(2, 1)=\sqrt{(7-9)^2+(5-3)^2+(1-5)^2}=4,90 \quad (4.5b)$$

$$d(3, 1)=\sqrt{(5-9)^2+(9-3)^2+(7-5)^2}=7,48 \quad (4.5c)$$

Çizelge 4.2. Hesaplanan öklid uzaklıkları

Gözlem	1	2	3	4	5
1	0				
2	4,90	0			
3	7,48	7,48	0		
4	8,31	7,81	9,43	0	
5	8,66	7,68	3,32	7,35	0

Bunun dışında uzaklık hesaplamalarında Minskowski Uzaklık bağıntısı ve Manhattan Uzaklık bağıntıları da kullanılmaktadır.

Literatürde çok sayıda kümeleme algoritması bulunmaktadır. Kümeleme algoritmasını seçimi, kümelemenin amacına ve veri tipine göre farklılıklar

göstermektedir. Genel olarak kullanılan kümeleme yöntemleri şu şekilde sınıflandırılabilir (Han ve Kamber, 2000).

- Bölünmeli yöntemleri (Partitioning methods)
- Hiyerarşik yöntemler (Hierarchical methods)
- Yoğunluk tabanlı yöntemler (Density-based methods)
- Izgara tabanlı yöntemler (Grid-based methods)
- Model tabanlı yöntemler (Model-based methods)

Bölünmeli yöntemlerde, dışardan belirlenen  $k$  sayısı kadar bölüm (küme) sayısı oluşturulur. Kümeleme yapılmadan önce bir başlangıç bölümü oluşturulur. Belirli bir tekrar sayısı veya küme içi benzerliklerin aynı oluncaya kadar veriler yer değiştirme ile bölümle arasında geçişlerde bulunabilir. Her veri bir kümede yer alıncaya ve her kümede bir veri oluncaya kadar verilere kümeleme işlemi tekrar ederek uygulanır. Bölüm içi benzerliğin yüksek, bölümler arası uzaklığın çok olduğu bir durumda iyi bir kümeleme işleminin gerçekleştiğini göstermektedir. Bölünmeli kümeleme yönteminde kullanılan başlıca algoritmalar  $k$ -means ( $k$ -ortalamlar),  $k$ - medoids ( $k$ -ortancalar)'dır (Tekbir, 2009).

Hiyerarşik kümeleme yöntemi, veriler bir ağaç yapısına benzer şekilde yerleştirilerek hiyerarşi oluşturacak şekilde gruplandırılması işlemidir. Bu yöntemde kullanılan teknikler; aşağıdan yukarıya (birleştirme) veya yukarıdan aşağıya (ayırıştırma) oluşuna göre toplamlı ya da bölünür olarak gruplandırılabilir. Hiyerarşik kümelemede uygulanan birleştirme veya ayırıştırma kararı bir kere uygulandıktan sonra geri alınıp düzeltilemeyeceğinden dolayı verilen karar kötü bir tercihse kümelemenin kalitesi düşmektedir (Han ve Kamber, 2000).

Izgara tabanlı yöntemde, veriler özelliklerine göre ızgara yapısına benzer biçimde bölümlere ayrılırlar. Her bir ızgara yapısı için ayrı ayrı kümeleme işlemi uygulanır. Izgara tabanlı yöntemle yapılan kümeleme tekniği, hızlı işlem

süresine ve veri boyutundan bağımsız özelliklere sahiptir. En yaygın kullanılan STING algoritmasıdır (Tekbir, 2009).

- **Model tabanlı yöntem**

Model tabanlı yöntemlerde, veri kümesindeki her küme için bir model kurulup, veriye en uygun model seçilir. Model tabanlı bir algoritma, verileri uzaydaki dağılımlarına göre kümeleyebilir. Aynı zamanda bir takım istatistiksel yöntemlerle, gürültü ve uç noktaları dikkate alarak, küme sayısını otomatik bir şekilde bulabilir (Tekbir, 2009).

- **Yoğunluk tabanlı kümeleme**

Farklı şekillerdeki kümeleri belirlemek için yoğunluk tabanlı algoritmalar geliştirilmiştir. Dağılmış noktaların oluşturduğu kümelerin belirlenmesinde uç verilerin (outliers) ayıklanması gerekmektedir. Hiçbir kümeyle ait olmayan gürültü adı verilen bu uç veriler, kümelerin belirlenmesi için yapılan hesaplamalarda tespit edilmesi ile gerçek kümeler ortaya çıkması sağlanmaktadır. Birlikte bir yoğunluk oluşturan noktalar ise ayrı birer küme olarak belirlenmektedir. Yoğunluğa dayalı algoritmalar kullanılarak belirlenen kümeleme analizlerinde bazı noktalar kümelerin sınırını oluştururken, bazıları da kümelerin içini oluşturmaktadır (Silahtaroglu, 2008). Yoğunluk tabanlı kümeleme yöntemlerinden en çok bilinenler K-means, DBSCAN ve OPTICS algoritmalarıdır.

- **DBSCAN (Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise)**

DBSCAN algoritmasında kullanılan önemli değişkenlerden  $N_{Eps}(p)$  şeklinde gösterilen epsilon (Eps), bir kümedeki iki nokta arasındaki maksimum uzaklığı, MinPts ise bir kümedeki bulunması gereken minimum nokta sayısıdır ve aşağıdaki gibi tanımlanırlar (Silahtaroglu, 2008).

$$N_{Eps}(p) = \{q \in D \mid \text{mes}(p, q) \leq Eps\} \quad (4.6a)$$

$$p \in N_{Eps}(q) \quad (4.6b)$$

$$|N_{Eps}(q)| \geq \text{MinPts} \quad (4.6c)$$

Yukarıdaki tanımlar doğrultusunda “q” noktası çekirdek (core point) nokta, “p” noktası ise kenar (border point) noktasıdır. “p” noktası “q” noktası sayesinde yoğun olan bölgeye doğrudan ulaştığı görülmektedir; ancak “q” noktası “p” noktası sayesinde yoğunluğa erişebilir durumda değildir. Çünkü “p” noktası yoğunluğun sınırını oluşturan bir nokta iken “q” noktası ise içerde yer alan (core) bir noktadır. Yoğunluğa erişebilirlik, eğer  $p_1, p_2, p_3 \dots p_n$  noktalar zinciri varsa  $p_1=q$  ve  $p_n=p$  öyleki  $p_{i+1}$   $p_i$  vasıtasıyla yoğunluğa doğrudan erişebilir; bu durumda “p” noktası Eps ve Minpts koşullarını taşıdığı sürece “q” noktası üzerinden yoğunluğa erişebilir demektir. Yoğunluğa erişebilirlik doğrudan yoğunluğa erişebilirliğin uzantısıdır. “p” ve “q” arasındaki bu ilişki simetrik değildir. Bir “p” noktası bir “q” noktasına her ikisi içinde yoğunluğa erişebilirlik sağlayan başka bir o noktası aracılığı ile bağlanmasına ise yoğunluk bağlantısallığı denir, simetriktir. D noktalardan oluşan bir veritabanı olsun. Eps MinPts koşullarını taşıyan bir K kümesi D nin bir alt kümesidir. Aşağıda yoğunluğa erişebilirliğin ve yoğunluk bağlantısallığına ait tanımlar yer almaktadır (Silahtaroglu, 2008).

- $\forall p, q$ : eğer  $p \in K$  ve  $q$  noktası  $p$  vasıtasıyla yoğunluğa erişebilir ve  $q \in K$
- $\forall p, q \in K$ :  $p$  noktası  $q$  noktasıyla yoğunluk bağlantısallığına sahiptir.

DBSCAN algoritmasında öncelikle rastgele bir “p” noktası seçilir ve noktanın epsilon uzaklığı içerisindeki komşu sayısı MinPts sayısına eşit ya da büyükse bir küme oluşturulur; MinPts sayısından küçük ise bu nokta gürültü olarak işaretlenir. Fakat ileriki safhalarda gürültü olarak işaretlenen bu nokta başka bir noktanın oluşturabileceği kümeye dahil edilebilir. Kümeye dahil edilen noktanın tüm epsilon mesafesindeki komşuları da bu kümeye dahil edilir. Bütün noktalar bu işlemde geçerek kümeleme işlemi tamamlanır.

İki nokta arasındaki büyük dairesel mesafeleri hesaplamak için ‘haversinüs’ formülü kullanılmaktadır. Bu formül yeryüzü üzerindeki iki nokta arasındaki en kısa mesafeyi (kuşbakışı) hesaplamaktadır.

$$a = \sin^2(\Delta\varphi/2) + \cos(\varphi_1) \cdot (\cos\varphi_2) \cdot \sin^2 \Delta\gamma/2 \quad (4.7a)$$

$$c = 2 \operatorname{atan} 2(\sqrt{a}, \sqrt{(1-a)}) \quad (4.7b)$$

$$d = R \cdot c \quad (4.7c)$$

Burada  $\varphi$  enlem  $\gamma$  boylam, R değeri ise dünyanın yarıçapı değeridir yaklaşık olarak 6.371 km'dir. Bu hesaplama sonucu iki nokta arasındaki 0.0001 bir Eps değeri yaklaşık olarak 0.001112 km değerine eşit olmakta bunun metreye dönüşümünden yaklaşık 1 metre gibi bir değer elde edilmektedir. Bu Eps değeri veri işleme merkezindeki harita arayüzünde kullanılan Eps değerinin yaklaşık metre karşılığıdır.

Diğer yoğunluk tabanlı algoritmalarından k-means algoritması uygun  $k$  değerini tespit edememesi en büyük dezavantajıdır. Bu yüzden, farklı  $k$  değerleri ile birçok denemeler yapılarak en uygun kümelenebilir bulunmaktadır. K-means algoritmasında küme sayısı parametre olarak istendiği için, eğer küme sayısı doğru tahmin edilmediği durumlarda kötü sonuçlar elde edilecektir (Bilgin ve Çamurcu, 2005).

K-means algoritması sıradışı noktaları bulmakta diğer iki algoritmaya göre çok daha başarısız olmuştur. Birçok durumda sıra dışı noktaları yeni bir küme gibi görme eğiliminde olduğu görülmüştür. DBSCAN ve OPTICS algoritmaları küresel olmayan kümelenebilirleri tespit etmede K-means algoritmasından çok daha başarılıdır. DBSCAN ve OPTICS algoritmaları yapılan uygulamalarda benzer sonuçlar verdiği görülmektedir (Bilgin ve Çamurcu, 2005).

OPTICS algoritması grafik tabanlı olduğu için K-means ve DBSCAN algoritmalarının aksine, büyük boyutlu veritabanlarına uygulandığında elde edilen grafikleri yorumlamak çok zorlaşmaktadır (Bilgin ve Çamurcu, 2005).

SQL Server veritabanından alınan veriler belirlenen DBSCAN algoritmasına göre kümelenebilir. Kümelerin dışında kalan veriler gürültü verisi olarak değerlendirilip göz ardı edilmektedir.

### 4.3.3. Ağırlıklı aritmetik ortalama yöntemi ile kümelerin orta noktalarının bulunması

Her bir küme içindeki verilerin ağırlıklı aritmetik ortalamaları alınarak kümenin orta noktası tespit edilmektedir. GPS'den kaynaklanan hassasiyetten dolayı bozuk yol konum verileri harita üzerinde gerçek yerini tam olarak göstermemektedir. Ağırlıklı aritmetik ortalama yöntemi ile bozulmuş yolun yeri tahmin edilmektedir. Ağırlıklı aritmetik ortalamalar yöntemi, değişkenler ile ağırlıkları çarpılarak sonuçları toplanır, bulunan değerler toplam ağırlığa bölünerek bulunur. Elde edilen verilerin ağırlıkları eşit olduğu için değişkenler toplamı, değişken sayısına bölünerek orta nokta hesabı yapılmıştır. Veri seti olarak  $[x_1, x_2, \dots, x_n]$ , her bir veri için ağırlık fonksiyonu  $[w_1, w_2, \dots, w_n]$  olarak verilirse ağırlıklı aritmetik ortalama için;

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (4.8a)$$

$$\bar{x} = \frac{w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_n} \quad (4.8b)$$

şeklinde olur.

### 4.3.4. Verilerin haritalanması, filitrelenmesi ve raporlanması

Google Maps™, son derece duyarlı, sezgisel haritalama ara yüzü ile detaylı sokak ve gömülü havadan görüntü verisi sağlamaktadır. Buna ek olarak, navigasyon haritası üzerine kullanıcılara tam yetki veren harita kontrolleri yerleştirilebilir, sokak ve imge verisi göstermektedir. Ayrıca, kullanıcılar bilgisayar faresi ile haritayı sürükleyebildikleri gibi, klavye üzerinden imleç ile haritayı kaydırabilirler. Bu yetenekleri cazip bir ürün olmasını sağlar fakat bir internet haritacılığı görüntüleyicisi gibi temel uyumcu arkası onun hızlı kabul edilebilirliği özel ihtiyaç uygulamalarına uygun özelleştirilebilmesidir. Örneğin, bir emlakçı, yerleşim özelliklerinin bir Google Maps uygulaması üzerinde görüntülenebilen sonuçlarını son kullanıcıya inceleme imkânı sağlayan bir web tabanlı uygulama geliştirebilir. Uygulamaya özel veri ilavesi üzerinden harita

görüntüsünün özelleştirebilmesi bir coğrafi harita olarak kabul edilmesinin doğru uyumcudur. Google Maps ile yapılabilecek uygulamaların çeşitliliği hakkında iyi bir fikir edinmek için Mike Pegg'in Google Maps bloğunda biraz zaman harcanmalıdır. Google, başlayanlar için kod örneklerinin yanı sıra sınıfların, metotların ve Google Maps nesnelere için kullanılabilir olayları içeren tam dokümantasyonu ürünün kullanımıyla ilgili belgeleri sağlar. Ayrıca, Google API kullanma hakkında ek bilgi için bir blog ve tartışma grubu sağlar (Pimpler, 2006).









Bugünün Web'i üzerinde, haritalama çözümleri doğal bir unsurdur. Herhangi bir şeyin yerini öğrenmek için, bir adresin konumunu incelemek için, yol tarifi almak için ve birçok farklı şeyler yapmak için kullanabiliriz. Çoğu bilgi bir konuma sahiptir ve bir şey bir konuma sahipse, bir harita üzerinde görüntülenebilir. Yahoo! Haritaları ve Bing haritaları dâhil olmak üzere birçok harita çözümleri vardır fakat en yaygını Google haritalarıdır. Aslında Programmableweb.com 'a göre İnternet üzerindeki en popüler API'dir. Sitenin Mayıs 2010 istatistiklerine göre tüm mashupların yüzde 43'ü Google Maps Api kullanmaktadır. Buna karşılık, %11 ile ikinci en popüler Api Flickr ve ikinci en popüler haritalama Api % 3 ile VirtualEarth (Bing Maps) idi. İki veya daha fazla kaynaktan veri veya işlevselliği birleştiren web siteleri ya da uygulamalara genellikle Mashups olarak adlandırılır. Mashup giderek daha popüler hale gelmektedir ve görsel olarak ifade etme ve bilgileri kullanma yönteminde Mashups devrim niteliğindedir. Haritalama çözümü bunun gibi birçok mashuplar için önemli bir unsurdur. Google Maps Apisi kendi verilerini etkili bir biçimde kendi uygulamanda sunmak için Google haritalarının gücünü kullanımına izin verir. Mashupa bir örnek olarak Google Maps Api kullanarak Meksika Körfezi'ndeki Deepwater Horizon petrol sızıntısı kapsama alanıdır. Petrol sızıntısının kapsamı ile Google haritalarını onun muazzam etkisini göz önüne getirmek için birleştirir. Bak :[http://mw1.google.com/mw-earth-vector/db/disaster/gulf\\_oil\\_spill/gulf\\_oil\\_map.html](http://mw1.google.com/mw-earth-vector/db/disaster/gulf_oil_spill/gulf_oil_map.html) (Svennerberg, 2010).

Koordinatlar dünyanın konumlarını ifade etmek için kullanılır. Birkaç farklı koordinat sistemleri vardır. Google Maps'de tek kullanılan Küresel Konumlandırma Sistemini (GPS) kullandığı sistemle aynı olan Dünya Jeodezik



Sistem 84(WGS 84) dır. Koordinatlar enlem ve boylam kullanılarak ifade edilir. Kuzeyden güneye enlem ölçüleri ve batıdan doğuya boylam ölçüleridir. Ekvatorunda enlem 0' dır. Bu ekvatorun altındaki her şey negatif değer alır (güney yarım küre), üzerindeki her şeyde pozitif değer alır (kuzey yarım küre). Benzer şekilde meridyen içinde bir sıfır çizgisi vardır. Başlangıç meridyeni diye adlandırılır ve tarihsel nedenlerden dolayı İngiltere'deki Greenwich geçiyor. Bu çizginin doğusunda yer alan her yer pozitif değer alır, batısında yer alan her şeyde negatif değer alır. Koordinatları birbirinden virgülle ayrılmış ondalık sayılar kullanılarak ifade edilir. Enlem daima boylam değerinden önce gelir (enlem, boylam). New York için konum, örneğin, -74,005 40.714 olup. Enlemin pozitif değer alması ekvatorun kuzeyinde olduğu için ve boylamın negatif değer alması başlangıç meridyeninin batısında olmasıdır. Karışıklığın kaynağı değerlerin sırasının yazılışıdır. Değerlerin bir ızgara içinde olmasına rağmen normal sunulan x değeri önce y değeri sonradır, enlem ve boylam bunun tersi olarak uygulanır. Enlem değeri ilkin gösterilir (y), boylam değeri sonra gösterilir (x). Fiziksel haritalar üzerinde, koordinatları derece cinsinden ifade edilir, bu yüzden New York için pozisyonu 40 ° 42 '50 "K, 74 ° 00' 17" W. Olurdu. Google haritaları sadece ondalık derece şeklinde kullandığından dolayı bu endişe edilecek bir şey değildir (Svennerberg, 2010).

Merkezi veri işleme birimde toplanan verilerin harita üzerinde görüntülenebilmesi için Google Maps V3 haritalama programı geliştirilmiştir. Veriler;

- ivme tiplerine göre (dikey ivme , (artan ivme , (azalan ivme ,  
(yanal ivme ,
- ivme tiplerine göre kümelenmiş olarak,
- ivme tiplerine göre kümelerin orta noktaları (dikey ivme , (artan ivme , (azalan ivme , (yanal ivme ,

şeklinde harita üzerinde farklı renklerdeki ikonlarla gösterilmektedir. Şekil 4.10'da veriler tarih ve ivme tiplerine göre filtrelenip raporlanmıştır.

#### 4.4. Geliştirilen Sistemin Denenmesi

Konya'nın K.Kumköprü caddesinde yapılan denemede 2003 model opel vectra marka otomobil kullanılmıştır. Araca yerleştirilen telefon kiti ile mobil cihaz sabitlenmiştir. Çizelge 4.3'de deneme aracına ait özellikler gösterilmektedir.

Çizelge 4.3. Deneme aracının özellikleri

Markası	Opel
Tipi	Vectra
Ticari Adı	1.6 Elegance
Model yılı	2003
Cinsi	Otomobil(Sedan)
Net ağırlık	1285
Silindir haci	1598
Yakıt cinsi	Benzinli- LPG
Motor gücü	100kw

Yaklaşık 3 km cadde çift yönlü olup bu mesafe arasında bir trafik ışığı 3 tane kavşak bulunmaktadır. Mobil cihazda bulunan ivme sensörünün yaptığı ölçüm alanı +2g ile - 2g aralığındaki ivme değişimini ölçmektedir. Burada "g" değeri yaklaşık olarak 9,81 olarak kabul edilen yerçekimi ivmesidir. İvme cihazın konumunun yerçekimine göre 3 boyutlu bir ekseninde aldığı değerleri ve cihaza etki eden kuvvetleri ölçmektedir. Çizelge 4.4'de deneme sırasında yapılan ölçüm sayısı verileri görülmektedir.

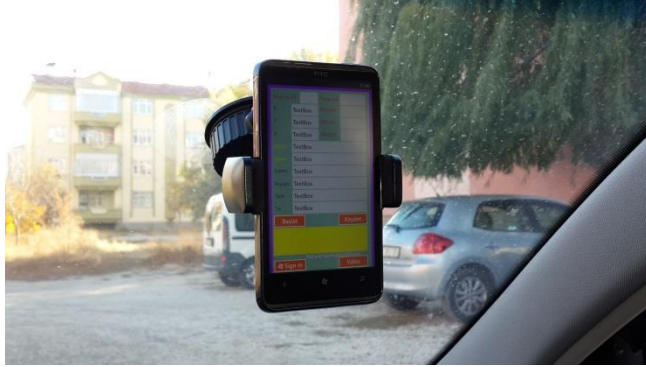
Çizelge 4.4. Gözlem değerleri

USER ID	İvme ölçütü	Toplam	Yerçekimi İvme Veri Sayısı (Y)	Artan İvme Veri Sayısı (+Z)	Azalan İvme Veri Sayısı (-Z)	Yanal İvme Veri Sayısı (X)
1	0.3	4161	2227	772	744	418
2	0.35	3508	1838	640	687	343
3	0.4	2357	1492	386	381	98
4	0.45	2722	999	773	801	149
5	0.5	2064	609	656	664	135
Toplam	-	14812	7165	3227	3277	1143

Şekil 4.16'de deneme için kullanılan otomobil ve Şekil 4.17'de mobil cihazın görüntüsü gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Deneme aracı



Şekil 4.17. Mobil cihaz

Yol boyunca logar kapaklarının cadde üzerinde bulunmasından oluşan tümsekler ve çukurlardan dolayı oluşmuş yol bozuklukları Şekil 4.18’de gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Deneme güzergahındaki rügar kapakları

Yol boyunca toplanan veriler arasında, okul önlerine yapılan hız kesici bariyerlerinden dolayı elde edilmiş veriler bulunmaktadır. Şekil 4.19'teki resimlerde hız kesici bariyerleri gösterilmiştir.



Şekil 4.19. Deneme güzergahındaki hız kesici bariyerler

Elde edilen verilerin büyük bir çoğunluğu, da yollarda yapılan yamalama işlemlerinden sonra yamalarda oluşan çökmelerde olduğu görülmüştür. Şekil 4.20'de resimde yol üzerinde bulunan yamalanmış asfalt yol resmi ve Şekil 4.21'de timsah sırtı çatlaklarda oluşan çukur resmi gösterilmiştir.



Şekil 4.20. Deneme güzergahındaki yama bozulmaları



Şekil 4.21. Deneme güzergahındaki timsah sırtı çatlaklar ve çukurlar

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gelişen teknoloji ile birlikte iletişim araçları günümüzde yaşamın her alanında vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir. Mobil cihazlar üzerlerinde barındırdıkları sensörler sayesinde eğitimden güvenliğe kadar bir çok endüstriyel ve akademik alandaki çalışmalarda kullanılmaya başlanmıştır. Cihazların donanımsal ve yazılımsal özelliklerinin maliyet açısından daha uygun olması, bir çok araştırma ve uygulama çalışmalarında tercih edilme sebebi olmuştur.

Uygun maliyeti ve bir çok sensörü üzerinde barındırmasından dolayı bu projede GPS ve ivme sensörü bulunan, Windows 7.5 işletim sistemine sahip bir mobil telefon kullanılmıştır. Çalışmanın hedefleri doğrultusunda veri toplamak için sensör özellikleri de kullanılarak mobil taraflı bir program geliştirilmiştir. Elde edilen verilerin depolanması, analiz edilmesi, CBS tabanlı bir harita üzerinde gösterilmesi ve raporlanması işlemlerinin gerçekleştirilmesi için de PC merkezli bir program geliştirilmiştir.

Ayrıca deneme sürüşü sırasında elde edilen profil verilerinden, karayolu üstyapı profil çalışmalarında profil verileri hakkında yorum yapılabilmesi için kullanılan IRI ve RN değerleri elde edilmiştir.

Bir otomobile sabit bir şekilde monte edilen mobil cihaz ile şehir içi hız limitlerine bağlı kalınarak, trafiğin akışını bozmadan veriler elde edilmiştir. İvme sensörü, yaklaşık olarak  $9,8 \text{ m/s}^2$  kabul edilen yerçekimi ivmesine bağlı olarak  $-2g$  ile  $+2g$  arasında üç boyutlu negatif ve pozitif X, Y, Z değerleri ölçülebilmektedir. Çalışmamızda 4 tip ivme; yerçekimi ivmesi (+Y, -Y), hızlanan ivme(+Z), yavaşlayan ivme (-Z) ve yanal ivme(+X, -X) verileri kullanılarak yol bozukluklarının konumları tespit edilmiştir. GPS sensörü sayesinde de yol bozukluğunun bulunduğu konumlar belirlenmiştir.

Konya'nın K.Kumköprü caddesinde yapılan 5 deneme sürüşünde ortalama 50 km/s hızında 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.50 ivme değerleri kullanılarak yapılmıştır. Eşik ivme değeri ve üzeri değerler elde edildiği andaki mobil cihazın konum bilgileri kaydedilmiş, cihazda bulunan yalıtılmış depolama özelliğinden dolayı

herbir test sürüşü sonunda internet ortamında veriler Sky Drive veri depolama alanına aktarılmıştır. Sky Drive alanından alınan veriler, SQL Server Integration Services (SSIS) kullanılarak yönetim biriminin bulunduğu bilgisayara aktarılmıştır. Birden fazla kullanıcıdan elde edilebilen bu veriler sunucu bilgisayarda SQL SERVER 2008 veri tabanında kaydedilmiştir. Google Maps V3 haritalama yöntemi kullanılarak gösterilen bozuk yol konum bilgileri ivmelerin türüne göre farklı renklerde gösterilmiştir. Dikey yönlü ivmelenmeden dolayı elde edilen konum bilgisi kırmızı, artan ivmelenmeden dolayı elde edilen konum bilgisi sarı, azalan ivmelenmeden dolayı elde edilen konum bilgisi ise mavi, yanal ivmelenmeden dolayı elde edilen konum bilgisi kahverengi, bütün verilerin tamamı ise yeşil renkte gösterilmiştir.

Haritada gösterilen konum verilerine, yoğunluk tabanlı kümeleme yöntemlerinden DBSCAN algoritması uygulanarak veriler kümelendirilmiştir. Kümelenen verilerin ağırlıklı aritmetik ortalaması bulunup, her küme içinde var olduğu düşünülen yol bozukluğunun yeri tespit edilmeye çalışılmıştır. Veriler, ivmelenme türüne göre bütün noktalar, kümelendirilmiş noktalar, ağırlıklı aritmetik ortalamaya göre tespit edilen yeni noktalar ve tarih değişkenlerine göre filtrelenip raporlanabilmektedir.

Deneme sürüşü sırasında elde edilen ilk 100 yerçekimi ivme verisinden elde edilen IRI ve RN verileri Çizelge 5.1.'de görülmektedir. Deneme sürüşünün ilk 477 metresinde IRI düzgünlük değerine göre sınıflaması "çok iyi", RN Düzgünlük değerine göre sınıflaması da "iyi" olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.1. Verilerden elde edilen IRI ve RN değerleri

Sürüş No (Kullanıcı ID)	Ölçüt	IRI	RN	Mesafe(km)
1	0.3	0.49	3.55	0.2232
2	0.35	0.42	3.51	0.2010
3	0.4	0.55	3.15	0.3240
4	0.45	0.53	3.20	0.4770
5	0.5	0.69	2.89	0.1817

Harita üzerinde bulunan noktalar, incelenen yol çizgisinin dışındaki bölgeleri de göstermektedir. Bu GPS sensörlerinin %100 hassasiyet gösterememesinden dolayı meydana gelmektedir. Araç ile yapılan denemeler farklı araçlardaki süspansiyon sistemi ve araç tekerlek sistemi farklılıklarından dolayı farklı değerler gösterecektir. Bu yüzden aynı yol üzerinde farklı araçlarla farklı değerler alınabilir. Bunun yanı sıra mobil cihazlar içerisinde bulunan GPS ve ivme sensörleri her marka ve model cihazlar için farklılık göstereceğinden dolayı farklı cihazlardaki sensör hassasiyeti de değişecektir. Bu araştırmanın devamında verilerin bu hususlara dikkat edilerek doğrudan tekerlek sisteminden alınarak tekrar edilmesi yeni araştırmalara kapı açabilir.



## KAYNAKLAR

- Bilgin, T. T., Çamurcu, Y., 2005. DBSCAN, OPTİCS ve K-Means Kümeleme Algoritmalarının Uygulamalı Karşılaştırılması. 8(2). 139-145.
- Chang, J.R., Kang, S.C., Liu, P., Hsieh, S.H., Huang, T.C., Lin, P.H., 2008. An Autonomous Robot Equipped with The GPS Virtual Reference Station (VRS) System to Perform Pavement Distress Surveys. The 25th International Symposium on Automation and Robotics in Construction. Vilnius: Istitute of Internet and Intelligent Tecnologies. 141-147.
- Çetinkaya, S., 2008. İstanbul'daki Binaların Veri Madenciliği Yaklaşımıyla Kümeleneşmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği, Yüksek Lisans, 67s, İstanbul.
- Doğan, O., 2006. Esnek Üstyapılı Devlet Yollarındaki Bozulmaların Bulanık Mantık ile Tahmini. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 99s, İstanbul.
- Güner, H. B., 2011. Motoring of Cardio Rhythm with Accelerometer (Accelero-Cardio-Gram-ACG) Over Wireless Body Area Network. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Haberleşme Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 56s, İstanbul.
- Gürsoy, U., 2009. Veri Madenciliği Ve Bilgi Keşfi. Pegem Akademi, 174s, Ankara.
- Han, J., Kamber, M., 2000. Data Mining Concepts and Techiques. Morgan Kaufmann, 743p, San Francisco.
- Hanlı, E., 2009. Esnek Yol Üstyapısında Oluşan Bozulmalar ve Değerlendirmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 139s, İstanbul.
- Haas R., Hudson, W. R., Zaniewski, J. P., 1994. Modern Pavement Management System. Krieger Publishing Company, 583p, USA.
- Hergüner, A. T., 2009. Türkiye Otoyol Ağı İçin Üstyapı Yönetim Sistemi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 219s, İstanbul.
- İncegöl, M., 2010. Türkiye' de Esnek Üstyapı Bozulmalarının Çevre Etkileri Göz Önüne Alınarak Modellenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 119s, İstanbul.
- Jones, T. B., Perga, M., Sync, M., 2012. Windows Phone 7 in Action. Manning Publications, 480p.

- Karakoç, M. N., 2006. Çanakkale İli Karayollarında Meydana Gelen Bozulmaların Araştırılması ve Profilometre Cihazının Etüdü. Osman Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 97s, Eskişehir.
- Kırbaş, U., 2007. Üstyapı Yönetim Sistemi ve Beşiktaş İlçesi Örneğinde Uygulama Olanaklarının araştırılması. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 152s, İstanbul.
- Özkan, Y., 2013. Veri Madenciliği Yöntemleri. Papatya Yayıncılık Eğitim, 211s, İstanbul.
- Petzold, C., 2010. Sensors and Services. Microsoft Press, 997p, United States of America.
- Pimpler, E., 2006. Google Maps API The New World of Web Mapping. Geospatial Training&Consulting, 44p, LLC.
- Sayers, M. W., GILESPIE, T.D., and QUEIROZ, C.A.V., 1986, The International Road Roughness Experiment, Establishing Correlation and calibration Standart for Measurements. Technical World Bank, 45p, Washington, D.C.
- Sezer, B., 2011. İvme Sensör Tabanlı Laboratuvar Acil Destek Uyarı Sistemi. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 85s, Kocaeli.
- Silahtaroglu, G., 2008. Kavram ve Algoritmalarıyla Temel Veri Madenciliği. Papatya Yayıncılık Eğitim, 172s, İstanbul.
- Svennerberg, G., 2010. Begining Google Maps API 3. Springer Science & Business Media, LLC, 310p, New York.
- Tekbir, M., 2009. Aykırı Değer Tespitinde Yoğunluk Tabanlı Kümeleme Yöntemleri. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 60s, İstanbul.
- Terzi , S., 2004. Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Karayolu Üstyapı Bakım Yönetim Modeli Geliştirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 174s, Isparta.
- Yeşilirmak, M., 2009. Taşıtlarda İvme Analizi ve Matematiksel Modellemesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisan Tezi, 60s, Afyon.

Yılmaz, T. (2011). Karayolu Üstyapı Yönetim Sistemi ve Kocaeli İli Başiskele İlçesi Uygulaması. Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi. Yüksek Lisans Tezi, 58s, İstanbul.

Youngbusiness, 2013. Erişim tarihi :20.09.2013<http://www.youngbusiness.com.tr/sayi9/files/assets/downloads/page0085.pdf> 20.09.2013.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mehmet Zahit UZUN

Doğum Yeri ve Yılı : Konya, 1985

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : mzahituzun@gmail.com



## Eğitim Durumu

Lise : Selçuklu Anadolu Lisesi, 2000

Lisans : SDÜ, Teknik Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Kontrol Öğrt.

## Mesleki Deneyim

KMÜ Ermenek MYO Öğretim Görevlisi

20011... (halen)