

- Türkiye Ulusal Ortofoto Bilgi Sistemi ve Gerçekleştirilen Çalışmalar
- Tuzla Fayı ve Civarında Yerkabuğu Hareketlerinin Jeodezik Yöntemler ile İncelenmesi
- Portal Teknolojisi ve Ulusal Konumsal Veri Altyapısı
- Uydu Görüntülerinde Mekansal Çözünürlüğün Tarım Alanlarının ve Ürün Tiplerinin Belirlenmesine Etkisinin Araştırılması: Şanlıurfa Örneği
- Çıkış Mülakatı Tekniğinin Geomatik Mühendisliği Programı Eğitim Kalitesini Arttırmak Amacıyla Kullanımı
- Yüzeylerin Pürüzlülük Açılarının Lazer Tarayıcılar Yardımıyla Belirlenmesi
- Çoklu Frekanslı GNSS Ölçüleri İle Anlık Bağlı Konum Belirlemede Stokastik Model Oluşturma
- Alt yapı Şebekeleri Arasındaki Bağımlılıkların Deprem Sonrası Hasar ve Performans Tahmininde Kullanılmak Üzere Tanımlanması
- Dünyada Üç Boyutlu Kadastro Uygulamaları
- Ray Hattı Geometrisinin Belirlenmesine Yönelik Ölçme Sistemi Tasarımı ve Geliştirilmesi
- GNSS Antenlerinin Faz Merkezi ve Değişiminin Araştırılması
- Türkiye İçin Yeni Bir Arazi İdare Sistemi
- İzmir Coğrafi İmar Bilgi Sistemi
- Sıklaştırma Ağlarının Yer Kabuğu Hareketlerine Karşı Duyarlılıkları ve Olası Algılayabilirlik Düzeyleri
- LİDAR ve Hava Fotoğrafları ile Otomatik Bina Çıkarımı
- Ulaşım Ağları Veri Altyapısı
- Hassas Nokta Konumlama Tekniğinin Hidrografik Ölçmelerde Kullanılabilirliği
- Çok Ölçütlü Karar Destek Sistemleri ile Taşınmaz Değerleme ve Oran Çalışması
- Terkos Havzası Sulak Alanları ve Civarının Hyperion EO-1 Görüntüsü ile Sınıflandırılması
- Kartografik Genelleştirmede Kullanılan Kapsamlı Modelleme Teknikleri ve Yazı Genelleştirmesi Uygulaması
- GNSS Verisinin Gerçek Zamanlı İletimi İçin Uluslararası Standartlar ve Gelişmeler
- TUSAGA-AKTİF(CORS-TR) Sisteminin Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğüne Katkıları
- İnternet Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemi Uygulamalarında GeoServer, ArcGIS Server, Google Maps API ve OpenLayers Entegrasyonu
- Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ) Davutpaşa Kampüsü ÖSYM Salon Bilgi Sistemi
- Etkinlikler Takvimi



# hkm Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi

## Hakemli Dergi

2011/2 Özel Sayı ■ 6 ayda bir yayımlanır. Yaygın süreli yayın ■ Ücretsizdir

### Sahibi

A. Fahri ÖZTEN

### Genel Yayın Yönetmeni

Timur Biliç BATUR

### Yazı İşleri Müdürü

Ertuğrul CANDAŞ

### Editör

Prof. Dr. Fatmagül BATUK

### Yayın Kurulu

Prof. Dr. Çetin CÖMERT

Doç. Dr. Hülya DEMİR

Nihal ERDOĞAN

Prof. Dr. Mahmut Onur KARSLIOĞLU

Prof. Dr. Haluk KONAK

Yrd. Doç. Dr. Çetin MEKİK

Saadet ÖZTEN

### Bu Sayıdaki Hakemler

Yrd. Doç. Dr. Hakan AKÇIN

Prof. Dr. Reha Metin ALKAN

Doç. Dr. Bülent BAYRAM

Prof. Dr. Sebahattin BEKTAŞ

Prof. Dr. Cemal BIYIK

Prof. Dr. Öztuğ BİLDİRİCİ

Prof. Dr. Çetin CÖMERT

Yrd. Doç. Dr. Volkan ÇAĞDAŞ

Yrd. Doç. Dr. Kemal ÇELİK

Prof. Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK

Yrd. Doç. Dr. Murat Selim ÇEPNİ

Doç. Dr. Hülya DEMİR

Yrd. Doç. Dr. Ahmet Özgür DOĞRU

Dr. Aslı DOĞRU

Doç. Dr. Saffet ERDOĞAN

Prof. Dr. Hüseyin ERKAN

Prof. Dr. Halil ERKAYA

Yrd. Doç. Dr. Çiğdem GÖKSEL

Doç. Dr. Engin GÜLAL

Yrd. Doç. Dr. Ümit GÜMÜŞAY

Prof. Dr. Cengizhan İPBÜKER

Yrd. Doç. Dr. Himmet KARAMAN

Yrd. Doç. Dr. İsmail Rakıp KARAŞ

Yrd. Doç. Dr. Şinasi KAYA

Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU

Yrd. Doç. Dr. Tevfik ÖZLÜDEMİR

Yrd. Doç. Dr. Derya ÖZTÜRK

Doç. Dr. Halis SAKA

Doç. Dr. Elif SERTEL

Yrd. Doç. Dr. Füsün BALIK ŞANLI

Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER

Prof. Dr. Ergin TARI

Prof. Dr. Necla ULUGTEKİN

Doç. Dr. Murat YAKAR

Prof. Dr. Mualla YALÇINKAYA

Doç. Dr. Hacı Murat YILMAZ

### İÇİNDEKİLER

|                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Türkiye Ulusal Ortofoto Bilgi Sistemi ve Gerçekleştirilen Çalışmalar.....                                                                    | 4   |
| Hadi Hakan MARAŞ, Özlem AŞIK, Altan YILMAZ, Akan KISA                                                                                        |     |
| Tuzla Fayı ve Civarında Yerkabuğu Hareketlerinin Jeodezik Yöntemler ile İncelenmesi .....                                                    | 9   |
| Haluk ÖZENER, Aslı DOĞRU, Esen ARPAT, Mustafa ACAR, Bülent TURGUT, Onur YILMAZ, Kerem HALICIOĞLU, Aslı SABUNCU, Emre HAVAZLI                 |     |
| Portal Teknolojisi ve Ulusal Konumsal Veri Altyapısı.....                                                                                    | 14  |
| Muhammet Emre YILDIRIM, Çetin CÖMERT                                                                                                         |     |
| Uydu Görüntülerinde Mekansal Çözünürlüğün Tarım Alanlarının ve Ürün Tiplerinin Belirlenmesine Etkisinin Araştırılması: Şanlıurfa Örneği..... | 21  |
| Uğur ALGANCI, Elif SERTEL, Cankut ÖRMECI, Mutlu ÖZDOĞAN                                                                                      |     |
| Çıkış Mülakatı Tekniğinin Geomatik Mühendisliği Programı Eğitim Kalitesini Arttırmak Amacıyla Kullanımı .....                                | 28  |
| Dursun Zafer ŞEKER, Necla ULUGTEKİN, Çiğdem GÖKSEL, Hande DEMİREL, Ahmet Özgür DOĞRU, Ufuk ÖZERMAN, Cengizhan İPBÜKER, Ergin TARI            |     |
| Yüzeylerin Pürüzlülük Açılarının Lazer Tarayıcılar Yardımıyla Belirlenmesi .....                                                             | 33  |
| Umut AYDAR, Emin Özgür AVŞAR, Şinasi KAYA, Erkan BOZKURTOĞLU, Dursun Zafer ŞEKER                                                             |     |
| Çoklu Frekanslı GNSS Ölçüleri ile Anlık Bağlı Konum Belirlemede Stokastik Model Oluşturma .....                                              | 39  |
| Orhan KURT                                                                                                                                   |     |
| Alt yapı Şebekeleri Arasındaki Bağımlılıkların Deprem Sonrası Hasar ve Performans Tahmininde Kullanılmak Üzere Tanımlanması .....            | 48  |
| Hüseyin Can ÜNEN, Muhammed ŞAHİN                                                                                                             |     |
| Dünyada Üç Boyutlu Kadastro Uygulamaları .....                                                                                               | 53  |
| Fatih DÖNER, Cemal BIYIK, Osman DEMİR                                                                                                        |     |
| Ray Hatlı Geometrisinin Belirlenmesine Yönelik Ölçme Sistemi Tasarımı ve Geliştirilmesi.....                                                 | 60  |
| Burak AKPINAR, Engin GÜLAL                                                                                                                   |     |
| GNSS Antenlerinin Faz Merkezi ve Değişiminin Araştırılması .....                                                                             | 65  |
| Engin GÜLAL, N. Onur AYKUT, Burak AKPINAR, S. Özgür UYGUR                                                                                    |     |
| Türkiye İçin Yeni Bir Arazi İdare Sistemi .....                                                                                              | 70  |
| Mehmet ÇETE, Tahsin YOMRALIOĞLU                                                                                                              |     |
| İzmir Coğrafi İmar Bilgi Sistemi .....                                                                                                       | 77  |
| Lütfi ÜNAL                                                                                                                                   |     |
| Sıklaştırma Ağlarının Yer Kabuğu Hareketlerine Karşı Duyarlılıkları ve Olası Algılayabilirlik Düzeyleri .....                                | 84  |
| Pakize KÜREÇ, Haluk KONAK                                                                                                                    |     |
| LiDAR ve Hava Fotoğrafları ile Otomatik Bina Çıkarmı.....                                                                                    | 91  |
| Melis UZAR, Naci YASTIKLI                                                                                                                    |     |
| Ulaşım Ağları Veri Altyapısı.....                                                                                                            | 96  |
| Murat Güneri, Fatmagül Batuk                                                                                                                 |     |
| Hassas Nokta Konumlama Tekniğinin Hidrografik Ölçmelerde Kullanılabilirliği .....                                                            | 100 |
| Reha Metin ALKAN, Yunus KALKAN                                                                                                               |     |
| Çok Ölçütlü Karar Destek Sistemleri ile Taşınmaz Değerleme ve Oran Çalışması .....                                                           | 107 |
| Ahmet YILMAZ, Hülya DEMİR                                                                                                                    |     |
| Terkos Havzası Sulak Alanları ve Civarının Hyperion EO-1 Görüntüsü ile Sınıflandırılması 113                                                 |     |
| Filiz BEKTAŞ BALÇIK, Çiğdem GÖKSEL                                                                                                           |     |
| Kartografik Genelleştirmede Kullanılan Kapsamlı Modelleme Teknikleri ve Yazı Genelleştirmesi Uygulaması.....                                 | 119 |
| Özlem SİMAV, Serdar ASLAN, O. Nuri ÇOBANKAYA                                                                                                 |     |
| GNSS Verisinin Gerçek Zamanlı İletimi İçin Uluslararası Standartlar ve Gelişmeler .....                                                      | 123 |
| Taylan ÖCALAN, Metin SOYCAN                                                                                                                  |     |
| TUSAGA-AKTİF(CORS-TR) Sisteminin Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğüne Katkıları .134                                                           |     |
| Ömer YILDIRIM, Çetin MEKİK, Sedat BAKICI                                                                                                     |     |
| İnternet Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemi Uygulamalarında GeoServer, ArcGIS Server, Google Maps API ve OpenLayers Entegrasyonu.....             | 140 |
| Fatih SARI, Ali ERDİ, Osman KIRTILOGLU                                                                                                       |     |
| Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ) Davutpaşa Kampüsü ÖSYM Salon Bilgi Sistemi .....                                                            | 146 |
| Tolga BAKIRMAN, M. Ümit GÜMÜŞAY                                                                                                              |     |
| Etkinlikler Takvimi .....                                                                                                                    | 150 |
| Dergi İlkeleri ve Yazım Kuralları .....                                                                                                      | 154 |

### Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Sümer 1 Sokak No: 12/4 06440 Kızılay/ANKARA

Tel: 0312 232 57 77 - Faks: 0312 230 85 74

GSM: 0533 762 28 13

e-posta: [hkmo@hkmo.org.tr](mailto:hkmo@hkmo.org.tr) - Web: [www.hkmo.org.tr](http://www.hkmo.org.tr)

**Mizampaj ve Tasarım**  
TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası  
Yayın Kurulu

**Teknik Hazırlık ve Baskı**  
Hermes Ofset Ltd. Şti.  
Kazım Karabekir Cad. 39/16 İskitler / ANKARA  
Tel: 0312 384 34 32 - 341 01 97 • Faks 0312 341 01 98  
www.hermesofset.com.tr • hermes@hermesofset.com.tr

Ankara - 2011

## ÖNSÖZ

Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultaylarının onüçüncüsü 18-22 nisan 2011 tarihleri arasında Ankara’da gerçekleştirilmiştir. 1987 yılından günümüze 24 yıllık tarihi boyunca Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayları sektörümüzde bir paylaşım yeri olmuştur. Bu paylaşım, temelde; sektörün farklı alanlarında ulusal ve uluslararası düzeyde görev yapmakta olan meslektaşlarımızın deneyim ve birikimlerinin paylaşımıdır. Söz konusu deneyim ve birikimler kimi zaman mevcut yöntemler ile geliştirilen yeni uygulamaları, kimi zaman yeni yöntem ve kavramları, kimi zaman bilim ve teknolojiadaki gelişmeleri, kimi zaman da farklı disiplinlerle yapılan ortak çalışmaları içermiştir. Bununla birlikte her ne olursa olsun kurultayların temel hedefi sektör mensuplarımız arasındaki iletişimi güçlendirmek olmuştur.

Odamız iletişim yoluyla paylaşımı arttırmayı, sadece kurultaylarda değil düzenlediği her etkinlikte en temel amaç ve bir sorumluluk olarak kabul etmiştir. Bu paylaşımın bir başka etkin boyutunu da Odamız ve bileşenlerinin gerçekleştirdiği basılı yayınlardır. Mesleki ve sosyal konulu basılı eserlerin meslektaşlarımıza ulaştırılmasında büyük çaba gösteren Odamız, sürekli yayınları olan Harita Bülteni ve HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi ile de belirli aralıklarla tüm üyelerimize, Odamız tarafından gerçekleştirilen etkinlikler, sosyal, kültürel ve bilimsel/teknolojik gelişmeler ve ülkemizde ya da dünyada yapılan araştırmaların duyurulması amacıyla iletilmektedir.

13’üncü Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı Yürütme Kurulu oy birliğiyle aldığı bir karar ile Kurultayda sunulan çalışmalardan seçilen bildirilerin yer alacağı bir hkm Dergisi Özel Sayısı basılmasını Oda Yönetim Kuruluna önermiş ve bu öneri Odamız Yönetim Kurulu ve hkm Dergisi Yayın Kurulu tarafından olumlu karşılanmıştır. Bu kapsamda teknik konuların yanı sıra ulusal ya da evrensel düzeydeki, sosyal, siyasal, politik, kültürel vb. gelişmeleri meslektaşlarımızın tartışmasına açarak sosyal ve toplumsal bilincin oluşmasına ve bu bilincin yayılmasına katkıda bulunmayı amaçlayan Kurultay’da sunulan 120 bildiri arasından farklı uzmanlık alanlarından jüri üyelerinin bildirilerin sunulması sırasında yaptıkları değerlendirmeleri dikkate alınarak 26 tanesi değerlendirmeye alınmıştır. Bu bildiriler arasında 13’üncü Kurultay’da “En İyi Genç Araştırmacı Teknik Sunumu” ve “En İyi Poster Sunumu” ödüllerini alan bildiriler de yer almıştır. Seçilen bildiriler, hkm Dergisi’nin yayın prensiplerini de göz önünde bulunduran yeni bir hakem sürecinden geçtikten sonra toplam 24 bildiri bu özel sayının içeriğini oluşturmuştur.

Her zaman yeninin simgesi olan mühendislik; gelişimin ve geleceğinde simgesidir. Ancak son zamanlarda ‘yeni’ esas amacından, insandan koparılmıştır. “Yeniden İnsan İçin” sloganı ile gerçekleştirilen 13. Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayın’da, bilimde, teknolojiye, mühendislikte, tarımda, sanayide, örgütlenmede, insanı hatırlatmak amaçlanmıştır. Kurultayda sunulan çalışmaların yayınlandığı bu özel sayının, her mühendisin, çalışmalarında insan faktörünü önemseme bilincini arttırmasını diler ve öncelikle HKMO Genel Merkez Yönetim Kurulu’na, 13. Kurultay’da görev yapan Kurultay Yürütme Kurulu üyesi arkadaşlarıma, bu özel Sayı’da yer alan yazarlara, hakemlere, derginin yayınlanmasında emeği geçen meslektaşlarımıza ve hem Kurultay’a hem de hkm Dergisine gösterdiğiniz ilgi için siz okuyucularımıza en içten duygularıyla teşekkür ederim.

**Prof. Dr. Fatmagül BATUK / İstanbul**



## Türkiye Ulusal Ortofoto Bilgi Sistemi ve Gerçekleştirilen Çalışmalar

Hadi Hakan MARAŞ<sup>1</sup>, Özlem AŞIK<sup>2</sup>, Altan YILMAZ<sup>3</sup>, Akın KISA<sup>4</sup>

### Özet

Sayısal hava kamerası teknolojilerindeki hızlı gelişme ve kolay edilmeye paralel olarak, mekânsal veriye ihtiyaç duyan çok sayıda projede, standart topoğrafik haritalar yerine ortofotoların kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Konunun Ülkemizde de kazandığı ivme sonucunda, günümüz itibarıyla önemli miktarda mevcut olan ve boyutu her geçen gün daha da artacak yoğun görüntü verisinin etkin bir şekilde yönetilmesi önem kazanmıştır. Bu kapsamda, Bakanlıklararası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulu (BHİKPK)'nce 2008 yılında bir çalışma başlatılarak bir fizibilite raporu hazırlanmış ve Devlet Planlama Teşkilatı (DPT)'na sunulmuştur. Bu makalede, konuyla ilgili teknik bilgilendirmenin yapılarak, ülkemiz boyutunda farkındalığın yaratılması hedeflenmektedir.

### Anahtar Sözcükler

Ortofoto, Ortofoto Bilgi Sistemi, Hava Fotoğrafı, Birlikte Çalışılabilirlik

### Abstract

#### Turkish National Orthophoto Information System and Recent Progress

*In parallel to the advances and relatively easy access to the airborne imaging technologies, the use of such images instead of the standard topographic maps has become more popular in numerous projects involving spatial data. Following the growing significance of the topic, it has become important today to manage the available data efficiently, which is increasing day by day in size. A feasibility report was prepared as a result of the ongoing investigations of Commission of Scientific Research and Coordination (BARKOK) within a program initiated in 2008 by Council of Coordination and Planning of Inter-ministerial Map Works (BHİKPK) in order to start a research on the topic. The feasibility report was presented to the State Planning Organization (DPT) in 2010. In this article, providing a nationwide awareness is aimed through a briefing about the technical details.*

### Key Words

Orthophoto, Orthophoto Information System, Aerial Photograph, Interoperability

### 1. Giriş

Günümüz teknolojilerindeki hızlı gelişmeler, yeryüzüne ait renkli görüntülerin elde edilmesi sürecinde dikkat çekecek ölçülerde; sürenin kısalmasını, maliyetin azalmasını ve çözünürlüğün yükselmesini sağlamıştır. Bu sayede, daha önceleri birçok yatırım ve altyapı faaliyetlerinin gerçekleştirilebilmesi için ihtiyaç duyulan haritaların üretilmesinin beklenmesi yerine söz konusu yüksek çözünürlük ve doğrulukta renkli görüntülerden elde edilen ortofotoların kullanımına yönelim hızla artmaya başlamıştır. Bu yönelimler ilk başlarda farklı kurum ve kuruluşların kendi çalışmalarında kullanmak amacıyla uydu görüntüleri temin etmesi şeklinde başlamış, ancak görüntülerin başta lisans ve telif hakkı konularının getirdiği kısıtlar olmak üzere çeşitli nedenlerden dolayı diğer kuruluşlarla paylaşılabilmiştir. Farklı kurumlar tarafından tamamen veya kısmen örtüşen coğrafi alanlarda aynı veya benzer özellikte görüntü teminlerinin yapılmasını gerektiren bu durumun kamu kaynaklarının israf edilmesine neden olacağı değerlendirilmiştir.

Yakın gelecekte daha da artacağı değerlendirilen renkli görüntü taleplerinin, daha ekonomik bir şekilde sağlanabilmesi için kamu ve özel sektör imkânları kullanılarak; görüntü çekimi işleminin uçaklara takılı sayısal renkli hava kameraları ile yapılması, bu görüntülerden ortofotoların üretilmesi ve bu ortofotoların ülkemizdeki çalışmalarda oluşturulacak prensipler dâhilinde kullanılabilecek şekilde ortak olarak sunulabilmesi amacıyla değerlendirmeler yapılmaktadır.

Bu olgunun gerçekleştirilebilmesi amacıyla, Bakanlıklararası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulu (BHİKPK) 2008 yılı Olağan Genel Toplantısında;

- Ülkemizde birçok kurumun değişik uygulamalar için uydu görüntüsü veya hava fotoğrafı ihtiyacı olduğu,
- Söz konusu ihtiyaçların, kurumların birbirleri ile yeterli koordinasyonun olmaması nedeniyle genellikle mükerrer olacak şekilde Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığına bildirildiği,
- Mükerrer taleplerin fazla olması sebebiyle ülke kaynaklarının israfının söz konusu olduğunun düşünüldüğü,
- Harita Genel Komutanlığı (HGK)'nce sayısal hava kamerası temin edildiği ve Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM)'nce de hava kamerası temin faaliyetlerinin yürütüldüğü,
- Kurumlarca yapılan uydu görüntüsü taleplerinin karşılanma maliyetinin yüksek olduğu, ancak bu taleplerin, güncel olmak kaydıyla, hava fotoğrafları ile karşılanabilirliğinin, maliyet etkinliğinin, ilgili tüm kamu kurum ve

<sup>1,3</sup> Dr. Harita Genel Komutanlığı, Fotogrametri Dairesi Başkanlığı, 06590, Dikimevi, Ankara

<sup>2</sup> Uzm. Devlet Planlama Teşkilatı, Bilgi Toplumu Dairesi, 06100, Yücetepe, Ankara

<sup>4</sup> Yük. Müh. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Harita Dairesi Başkanlığı, 06100, Oran, Ankara

kuruluşları ile koordine edilerek incelenip araştırılmasına ihtiyaç olduğu,

- Ülke kaynaklarının harcanmasında oluşacak olası israf-  
ların önlenmesi ve mükerrer taleplerin koordine edilmesi  
amacıyla; envanterinde sayısal hava kamerası ve uçak  
bulunan kurumların, Devlet Planlama Teşkilatı Müste-  
şarlığınca sağlanacak mali kaynak ile yeni uçak ve sa-  
yısal kamera da alınması suretiyle, ihtiyaç duyulan hava  
fotoğraflarını düzenli aralıklarla çekip, tüm kurumların  
yetkisi dâhilinde ulaşabileceği bir sisteme aktarmalarının  
yararlı olacağı ifade edilmiştir.

Bakanlıklararası Harita İşlerini Koordinasyon ve  
Planlama Kurulu (BHİKPK)'nın, 2008 yılı Olağan Genel  
Toplantısında, bünyesindeki Bilimsel Araştırma ve Koor-  
dinasyon Komisyonu (BARKOK)'na Ulusal Ortofoto Bilgi  
Sistemi kurulması için kamu kurum ve kuruluşlarının orto-  
foto ihtiyacı ve imkânlarının tespit edilip sistemin kurulma-  
sının maliyet etkin olup olmayacağını araştırılması, sonu-  
cun olumlu bulunması durumunda kurumların görevlerinin  
belirlenerek proje oluşturulması" üzerine çalışma yapması  
görevinin verilmesi kararı alınmıştır.

## 2. Ön İnceleme

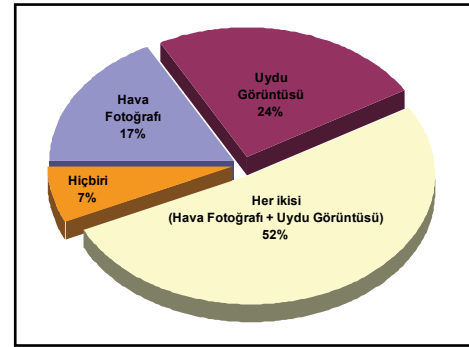
Bilimsel Araştırma ve Koordinasyon Komisyonu, ilk olarak  
kurulması düşünülen "Ulusal Ortofoto Bilgi Sistemi"nden  
beklenen yetenekleri (AYHAN vd., 2009);

- Hava fotoğrafı ve uydu görüntüsü temininde ülke kay-  
naklarının etkin kullanılması,
- Tekrarlı alımların engellenerek kaynak israfının önlen-  
mesi,
- Görüntülere kolay erişim,
- Görüntülerde standardizasyon,
- Hava fotoğrafı ve uydu görüntülerinin belirli zaman ara-  
lıkları ile güncelleştirilmesi, şeklinde özetlemiştir.

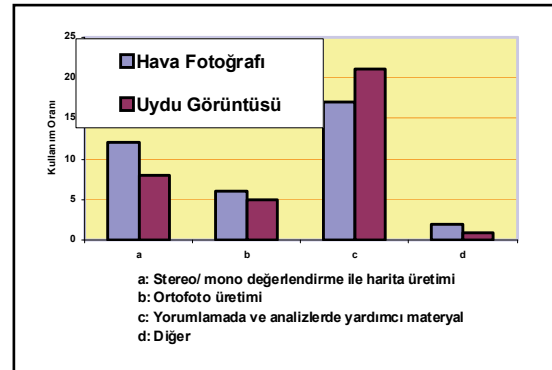
Komisyon tarafından, ilerdeki çalışmalarına yön verebil-  
mek amacıyla kurumlardan bilgi toplanması kararlaştırılmış,  
toplanması gereken bilgiler tespit edilmiş, bu bilgilerin top-  
lanabilmesi için kurumlara bir form gönderilmesi kararlaştırı-  
larak, formun içerisinde yer alacak sorular belirlenmiştir.  
Kamu kurum ve kuruluşları ile belediye ve üniversitelere  
gönderilerek aşağıdaki sorulara yanıt bulmak amacıyla, Bil-  
gi Toplama Formu hazırlanmıştır:

- Kamu ihtiyacı var mıdır?
- Kamu ihtiyacı var ise, oluşturulması planlanan Ortofoto  
Bilgi Sistemi söz konusu ihtiyacı karşılayabilecek nite-  
likte midir?
- Kamu kurum ve kuruluşlarınca kullanılan fotoğraf ve  
uydu görüntüleri diğer kamu kurumlarınca da kullanıla-  
bilir durumda mıdır?
- Ortofoto Bilgi Sistemi kurulabilmesi için nelere ihtiyaç  
vardır?
- Ortofoto Bilgi Sistemi Kurulması maliyeti nedir ve mali-  
yet/etkin olacak mıdır?
- Bu Sistemin kurulmasında görevlendirilebilecek/talip  
kurumlar hangileridir?
- Ulusal Ortofoto Bilgi Sisteminin kurulması için yeni  
mevzuat oluşturma ya da mevcut mevzuatı değiştirme  
gereksinimi var mıdır?

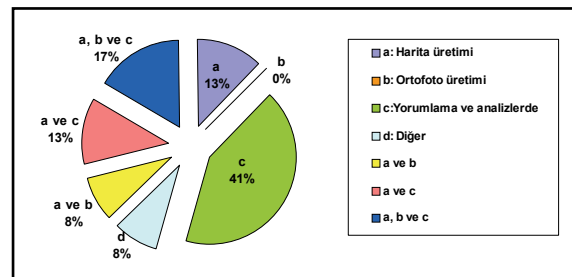
Bilgi Toplama Formları, Harita Genel Komutanlığınca  
BHİKPK üyesi 19 kurum ve kuruluş ile üye olmayan; 16  
kurum ve kuruluşa, 8 üniversiteye ve 3 büyük şehir bele-  
diyesine gönderilerek bilgi talebinde bulunulmuştur. Bilgi  
Toplama Formlarına cevaben 29 kamu kurum ve kuruluşu  
ile 2 üniversite ve 2 büyükşehir belediyesinden gelen mev-  
cut bilgiler ışığında değerlendirmeler yapılmıştır. Değerlen-  
dirmeler ışığında; mekânsal veriye dayalı üretim ve karar  
destek faaliyetlerinde görüntü araçlarının kullanım oranları  
Şekil 1'de, hava fotoğrafı ve uydu görüntülerinin kullanım  
alanları Şekil 2'de verilmiştir. Kamu kurum ve kuruluşları  
ile belediye ve üniversitelerce; hava fotoğraflarının kullanım  
alanlarının ayrıntılı gösterimi Şekil 3'te, uydu görüntülerinin  
kullanım alanlarının ayrıntılı gösterimi Şekil 4'te verilmiş-  
tir.



Şekil 1: Mekânsal Veri Üretim ve Kullanım Araçları



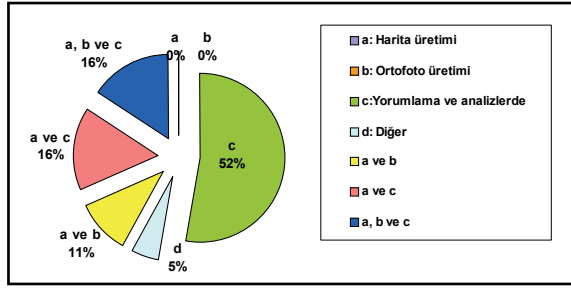
Şekil 2: Hava Fotoğrafı ve Uydu Görüntülerinin Kullanım Alanları



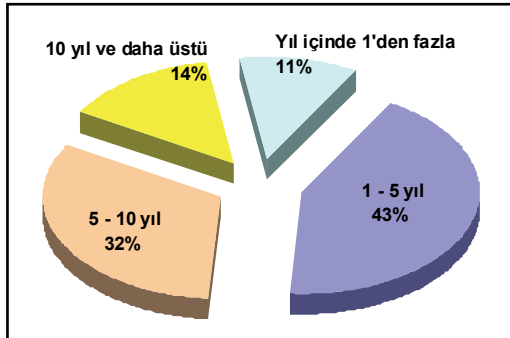
Şekil 3: Hava Fotoğrafı Kullanım Alanları

Kamu kurum ve kuruluşları ile belediye ve üniversitelerce  
aynı bölgenin hava fotoğrafı ve uydu görüntüsü ihtiyacının  
oluşma zaman aralığı Şekil 5'te verilmiştir. Ortofoto görü-  
ntüler ve uydu görüntülerinde tercih edilen mekânsal çözün-

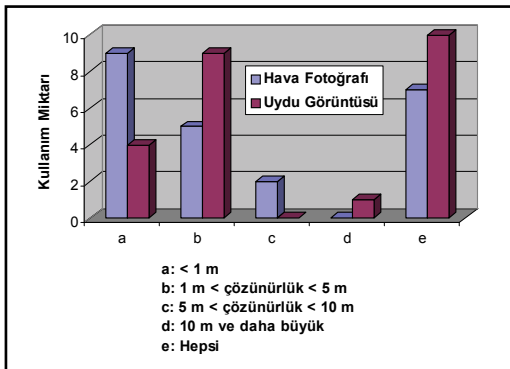
nürlükler ise Şekil 6’da verilmiştir. Hava fotoğrafı ve uydu görüntüsü temininde geometrik düzeltme tercihleri Şekil 7’de verilmiştir.



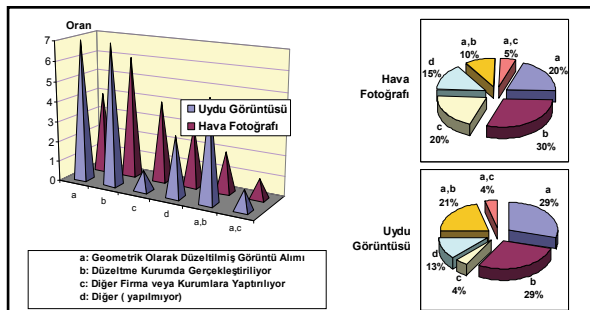
Şekil 4: Uydu Görüntülerinin Kullanım Alanları



Şekil 5: Görüntü İhtiyacının Oluşma Zaman Aralığı



Şekil 6: Ortofotolarda Tercih Edilen Mekânsal Çözünürlükler Gö-rüntü İhtiyacının Oluşma Zaman Aralığı

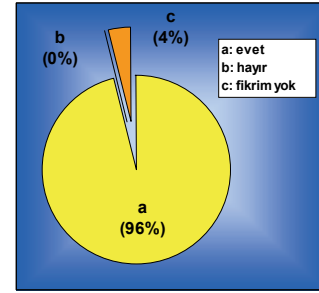


Şekil 7: Hava Fotoğrafı ve Uydu Görüntüsü Temininde Geometrik Düzeltme Tercihleri

Bilgi Toplama Formunda, “Yurdumuzun tamamının fotoğrafının çekilerek, ortofotosunun üretilmesi, düzenli aralıklarla güncellemesi de yapılabilecek isteyen kurum ve ku-

ruluşlara verilmesini sağlayacak şekilde bir Ulusal Ortofoto Sistemi kurulmasının kurumunuz çalışmalarında kullanılabileceğini düşünüyor musunuz?” sorusuna kamu kurum ve kuruluşları ile belediye ve üniversitelerden alınan yanıtların değerlendirilmesi Şekil 8’de verilmiştir.

Elde edilen bu çıkarımlar (MARAS, 2009), BHİKPK’nın 2009 yılı Olağan Genel Toplantısında, sunulmuş Kurul 2009 yılında Ulusal Ortofoto Bilgi Sistemi kurulması için, eksik kaldığı değerlendirilen hususların tespiti ve sistemin kurulması için gerekli projelendirilme” konusunda çalışma yapılması kararı almıştır.



Şekil 8: Ulusal Ortofoto Bilgi Sistemi Kurulum İsteği Görüntü İhtiyacının Oluşma Zaman Aralığı

### 3. Fizibilite Raporu Çalışması

Komisyonca verilen görev kapsamında;

- 2009 yılında BARKOK tarafından yapılan çalışmada ana kullanıcı olabilecek kurumlarla yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiş,
- İlave anket formu düzenlenerek eksik kalan bilgilerin toplanmasına çalışılmış,
- Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Genel Müdürlüğü ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü yetkililerinin katılımlarıyla bir toplantı yapılarak, görüntü ihtiyaçları ve projeleri hakkında bilgi toplanmış,
- Yoğun görüntü ihtiyacı bulunan belediyelerin ihtiyaçlarını belirleyebilmek amacıyla, İstanbul, Ankara, Bursa ve Konya Belediyesi yetkilileriyle de bir araya gelinerek bilgi alınmış,
- Çeşitli belge ve çalışmalardan faydalanılarak sistemin diğer muhtemel faydalanıcıları ve kullanım amaçları belirlenmeye çalışılmıştır.

Gerek bilgi formuna verilen cevaplardan gerekse toplantılarda dile getirilen taleplerden belediyeler ve kamu kurum ile kuruluşlarının 1:5.000 ölçekli topografik harita doğruluğunda ve 20-30 cm çözünürlüğünde sayısal ortofotolara ve söz konusu haritaların üretilebileceği stereo hava fotoğraflarına ihtiyaçları olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu taleplerin 30 cm çözünürlüğe sahip, %70 ileri ve %30 yan bindirmeli stereo hava fotoğraflarının çekilmesi ile karşılanabileceği değerlendirilmiştir. Bir uçak ve bir adet büyük formatlı Sayısal Hava Kamerası ile söz konusu özelliklere sahip hava fotoğrafı çekimine ilişkin bilgiler Tablo 1’de verilmiştir. Bir yıllık kapasite belirlenirken yıllık ortalama 90 günün istenilen özelliklerde uçuşa uygun olacağı öngörülmektedir. Baş-

ka bir kamera ve uçak kullanılması durumunda yıllık kapasitenin değişebileceği göz önüne alınmalıdır. 1 adet uçak ve 1 adet sayısal hava kamerası ile tüm Türkiye'yi kapsayan, söz konusu özelliklerde hava fotoğrafının çekilmesi, 8 yıllık bir süre içerisinde gerçekleştirilebilecektir. Görüntülerin 4 yıllık dönemde güncel tutulabilmesi için 2 uçak ve 2 kamera sistemine daha ihtiyaç olduğu tespit edilmiştir. 4 yıl süreli bir çalışma için yaklaşık maliyetin 68.600.000 TL olacağı belirlenmiştir.

Tablo 1: Hava Fotoğrafı Çekimi ve Üretime Dair Birim Değerler

| BÖLGE<br>(ARAZİ ENGENBESİ)                   | KAPSAM          |                |
|----------------------------------------------|-----------------|----------------|
|                                              | BİR YIL<br>İÇİN | TÜM<br>TÜRKİYE |
| ALAN ( km <sup>2</sup> )                     | 98.000          | 800.000        |
| GSD (Yer Örnekleme Aralığı) (±%10)<br>(cm)   | 30              | 30             |
| İLERİ BINDİRME (%)                           | 70              | 70             |
| YAN BINDİRME (%)                             | 30              | 30             |
| KOLON SAYISI                                 | 2.560           | 20.898         |
| FOTOĞRAF SAYISI                              | 62.800          | 512.653        |
| NİRENGİ (YKN- Yer Kontrol<br>Noktası) SAYISI | 400             | 3.265          |
| YKN İNŞAAT VE ÖLÇÜ SÜRESİ<br>(Gün)           | 400             | 3.265          |
| UÇUŞ SÜRESİ (Saat)                           | 360             | 2.939          |
| İNTİKAL SÜRESİ (Saat)                        | 80              | 653            |
| VERİ HACMİ (GB)                              | 25.600          | 208.980        |
| UÇUŞ PLANLAMASI (Saat)                       | 140             | 1.143          |
| HAM VERİLERİN İŞLENMESİ<br>(Saat)            | 10.480          | 85.551         |
| GPS/IMU VERİ İŞLEME (Saat)                   | 160             | 1306           |
| FOTOGRAMETRİK NİRENGİ<br>(Saat)              | 6.400           | 52.245         |
| SYM ÜRETİMİ (Saat)                           | 15.700          | 128.163        |
| SYM DÜZELTME (Saat)                          | 130.667         | 1.066.667      |
| ORTOFOTO ÜRETİMİ (Saat)                      | 15.700          | 128.163        |

Ayrıca, bu tür merkezi ve oluşturulacak prensipler dâhilinde ürünlerini birçok kurumun kullanımına sunulabilecek sistem sayesinde kurumlarımızın fotoğraf çekim kapasiteleri ve görüntü arşivlerinden optimum düzeyde faydalanabilmeleri göz önünde bulundurulmuştur. Diğer taraftan, bu proje ile ülkedeki kurumların tüm uydu görüntüsü, hava fotoğrafı ve ortofoto ihtiyaçlarını bir merkezden karşılamak ve bu tür verilerin kullanımını yönetmek hedeflenmeyip, kurumların çalışma amaçlarına göre proje kapsamı dışında kalan fotoğraf/görüntü ihtiyaçlarını da ayrıca temin edebilmelerinin önüne geçilmesine dikkat edilmiştir.

Mevcut çalışmalar göz önüne alındığında, söz konusu projenin yeni bir üretim projesi olmaktan ziyade bir tasarruf projesi niteliğinde olacağı açıktır. Projenin başlangıcında ve gerçekleştirilme aşamasında bazı alımlara ihtiyaç duyulmakla birlikte, bu alımlar proje hazırlığı sırasında kurumlarla yapılan görüşmelerde dile getirilen mevcut ve planlanan çalışmalardaki harcamaları azaltacak veya harcanan yatırımın karşılığında elde edilen faydanın daha üst düzeye çıkarılmasını sağlayacak alımlardır.

Sistem sayesinde elde edilecek ürünlerden birisi ülkenin tamamını kapsayan ve ihtiyaç duyulacak aralıklarla güncellenecek olan ortofoto katmanıdır. Bu katman, Avrupa'da herhangi bir alana ait coğrafi/mekânsal veriye gerçek zamanlı erişimi hedefleyen, AB üyesi ülkelerin ulusal mekânsal veri altyapılarından daha üstte ve genel düzeyde INSPIRE kapsamında belirlenmiş coğrafi verilerinin üretimini ve paylaşımını içeren, 2007/2/AT Direktifi ile temel esasları ortaya konan ve ülkemizde coğrafi bilgi altyapısı kurulum çalışması için de referans çalışmalardan biri olan INSPIRE projesinde belirlenen tematik katmanlar arasında yer almaktadır. Buna göre, Direktif ekinde yer alan katmanlardan biri ülkemiz ihtiyaçlarına uygun olarak, coğrafi projelerde temel altlık olacak şekilde kullanılmak üzere bu proje kapsamında üretilmiş olacaktır.

2009 yılı içerisinde yapılan çalışmalardan elde edilen bilgiler ışığında, gerçekleştirilmesi düşünülen Ulusal Ortofoto Bilgi Sisteminin amacının;

- Yüksek çözünürlüklü (25 cm - 5 m) uydu görüntüsü, hava fotoğrafı veya ortofotoya ihtiyaç duyan kurumların kullanımına yönelik ürün havuzu ve ülke düzeyinde 1/5.000 ölçekli temel görüntü veri setini oluşturmak,
- Ülke çapında ortofoto üretimini kurumların ihtiyaçları doğrultusunda planlayarak kaynakların etkin kullanımını sağlamak,
- Veri mevcudiyeti ve kurumlar arası paylaşımı kolaylaştırmak yoluyla bu kapsama girebilecek ürünlerin mükerrer alımını önlemek ve kamuda tasarruf sağlamak,
- Ülke çapında ortofoto kullanımını teşvik etmek,
- Ortofotoların daha fazla ve yaygın kullanımı ile işlemlere hız ve doğruluk kazandırmak, standart sağlamak şeklinde olması hedeflenmiştir.

Fizibilite çalışması sırasında tüm kurum temsilcilerinin de uygun bulacağı çeşitli alternatifler üzerinde çalışılmış ve hedefi sağlayacak şekilde temelde üç ana alternatif değerlendirilmiştir. Bu alternatifler;

**I. Alternatif:** Kurumların mevcut durumlarının (yeni uçak ve sayısal kamera alınmadan) korunmasına ek olarak veri depolama, yedekleme ve sunma donanım ve yazılımlarına katkı sağlanması, arazi çalışmaları ve ortofoto üretim aşamalarının hizmet alımı yoluyla özel sektörden karşılanması.

**II. Alternatif:** İlgili kurumlara uçak ve sayısal kamera alınması ile birlikte görüntü alma işlemlerinin bu kurumlarca gerçekleştirilmesi, arazi çalışmaları ve ortofoto üretimlerinin kurumların kendi imkânları veya özel sektörden hizmet alımı yoluyla gerçekleştirilmesi, veri depolama, yedekleme ve sunma işlemlerini üretici kurumların imkânları genişletilerek, ihtiyaç sahibi kurumlarla web servisleri ya da taşınabilir medya ile paylaşılması.



**III. Alternatif:** İlgili kurumlara uçak ve sayısal kamera alımı ile birlikte görüntü alma işlemlerinin bu kurumlarca gerçekleştirilmesi, kurumların mevcut yapısına ek olarak personel, ortofoto üretim yazılım ve donanım alımı, veri depolama, yedekleme ve sunma donanım ve yazılımlarının temini.

Alternatifler çeşitli yönleri ile incelenmiş, ikinci alternatfin kısa zamanda kaliteli bir üretimin yapılmasına imkân vereceği düşünülmüştür.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Tasarruf projesi niteliğindeki Ulusal Ortofoto Bilgi Sistemi Projesi yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafı ve uydu görüntüsüne ihtiyaç duyan, önemli ve büyük çaplı kamu projelerinden yola çıkarak olabildiğince çok kurumun faydalana-bileceği bir veri havuzunun tesisini öngörmektedir. Ulusal Ortofoto Sisteminin, klasik haritalara göre daha kısa sürede elde edilebilen ve güncellenebilen sayısal ortofotolar içermesi nedeniyle, mekânsal veriye ihtiyaç duyan önemli kamu projelerinin sürdürülebilirliğine önemli katkı sağlayacağı, aynı zamanda yeni uygulamaların da önünü açacağı değerlendirilmektedir.

Kamu kurum ve kuruluşlarının teknik ve idari personeline, Ortofoto Bilgi Sistemi için kamu ihtiyacının kesin olduğuna dair ortak görüşün olduğu belirlenmiştir.

Birlikte çalışılabilirliğin önem kazandığı bilgi çağında başarıya ulaşabilmek için kurumların bu kavramı ilke edinmesi gerekmektedir. Bu nedenle, planlamadan gerçekleştirme ve sürdürme aşamalarına kadar birlikte çalışılabilirlik ön planda tutulmaya özen gösterilmiştir. Mevcut mevzuat birlikte çalışılabilirlik konusunda bazı kısıtlamalar içermesine rağmen, çözüm alternatifleri ve tasarımlar birlikte çalışılabilirliğin önünü açacak şekilde düzenlenmiştir.

Her geçen gününün, uygulanmaya çalışılan çözüm önerisinin güncelliğinin bir gün daha gerilemesine hizmet ediyor olması nedeniyle zaman kaybına meydan verilmeden projenin hayata geçirilmesi ve kamunun hizmetine sunulmasının faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

#### Teşekkür

Çalışmaların yürütülmesi sırasında BARKOK üyesi ya da gözlemci olarak katkı sağlayan; Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünden Bilal Erkek ve Levent Özmüş'e, Harita Genel Komutanlığından Tayfun Ünlü, Bahadır Aktuğ ve Oktay Eker'e, Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğünden Eminnur Ayhan, Aslı Ölmez ve Süleyman Salih Birhan'a, İller Bankası A.Ş.'den Necati Evren ve Kürşat Çetiner'e, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğünden Engin Ö. Sümer, Gonca Gürler ve Bekir Taner San'a, Çevre ve Orman Bakanlığından Ethem Akgündüz'e, Orman Genel Müdürlüğünden Cemil Ün ve Sibel Cengiz'e, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden İlkay Kocaman'a, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünden N. Gülşah Ayhan ve Kemal Seyrek'e, Tarım Reformu Genel Müdürlüğünden Ahmet Türkal ve Hayati Kayaoğlu'na, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığından Kaan Özener ve Raziye Büyükdemir'e, Millî Emlak Genel Müdürlüğünden Hüseyin Kılıç'a ve İstanbul Teknik Üniversitesinden Tahsin Yomralıoğlu'na teşekkür ederiz.

#### Kaynaklar

AYHAN E., MARAŞ, H.H., KURT, M., ERKEK B.: **Ortofoto Görüntüler, Türkiye'deki Kullanımı ve Ortofoto Bilgi Sistemi Gereklerini**, Bakanlıklararası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulu (BHİKPK) I. Sempozyumu, 23-25 Şubat, ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi, Ankara, 2009.

MARAŞ, H.H.: **Bilimsel Araştırma ve Koordinasyon Komisyonu (BARKOK) Raporu**, erişim:

[http://www.hgk.msb.gov.tr/uyekurulus/bhikpk/komisyonlar/bilim\\_aras\\_kor\\_kom\\_2009.pdf](http://www.hgk.msb.gov.tr/uyekurulus/bhikpk/komisyonlar/bilim_aras_kor_kom_2009.pdf), 2009.

## Tuzla Fayı ve Civarında Yerkabuğu Hareketlerinin Jeodezik Yöntemler ile İncelenmesi

Haluk ÖZENER<sup>1</sup>, Aşlı DOĞRU<sup>1</sup>, Esen ARPAT<sup>1</sup>, Mustafa ACAR<sup>2</sup>, Bülent TURGUT<sup>1</sup>, Onur YILMAZ<sup>1</sup>, Kerem HALICIOĞLU<sup>1</sup>, Aşlı SABUNCU<sup>1</sup>, Emre HAVAZLI<sup>1</sup>

### Özet

Türkiye'nin batısı, Yunanistan ve Helenik Yayı içine alan Ege Bölgesi, Alp Himalaya deprem kuşağının sismolojik ve jeodinamik bakımından en aktif bölümüdür. Bu çalışmanın amacı, Ege Bölgesi içinde yer alan Tuzla Fayı ve yakın çevresinde meydana gelen kabuk deformasyonlarının jeodezik yöntemlerle belirlenmesidir. Çalışma bölgesinde, 16 yeni nokta tesis edilmiştir. 2009 ve 2010 yıllarında GPS gözlemleri ve hassas nivelman ölçmeleri gerçekleştirilmiştir. 2011 yılı başında 3. hassas nivelman kampanyası gerçekleştirilmiş olup 3. GPS kampanyası bahar ayları içinde gerçekleştirilecektir. GPS gözlemlerinden elde edilen veriler ışığında yerdeğiştirme vektörleri elde edilmiştir. Hassas nivelman ölçmelerinden elde edilen sonuçlarda bölgede düşey yerdeğiştirmeler olduğu gözlemlenmiştir.

### Anahtar Sözcükler

Jeodezik Ağlar, Deformasyon Analizi, GPS/GNSS, Prezisyonlu Nivelman, Tuzla Fayı-İzmir

### Abstract

#### Investigation of Crustal Movements Along Tuzla Fault and Its Vicinity by Geodetic Techniques

The Aegean Region including Western part of Turkey, mainland of Greece, the Hellenic Arc is the most active domain and deforming part in terms of seismological and geodynamical which is placed in the Alpine Himalayan Belt. The objective of this study is to monitor crustal deformation along Tuzla fault in Aegean region and its vicinity by geodetic techniques. 16 new points were established in the study area. GPS campaigns and precise leveling measurements were performed in 2009 and 2010. Third precise leveling measurement was performed in the beginning of 2011 and 3rd GPS campaign will be held in the following spring season. Displacement vectors were obtained. Precise leveling measurement results indicate that there is a vertical displacement in the study area.

### Keywords

Geodetic Networks, Deformation Analysis, GPS/GNSS, Precise Leveling, Tuzla Fault-Izmir

### 1. Giriş

Tektonik levha hareketleri sonucu oluşan depremler nedeniyle yerkabuğu sürekli deformasyona uğramaktadır. Uzun jeodezi teknikleri ile (Çok Uzun Bazlı İnterferometre/VLBI, Uydu Lazer Uzunluk Ölçmeleri/ SLR) ve (Küresel Konum Belirleme Sistemi/GPS) ulaşılan yüksek konum doğruluğu, levha hareketlerinin izlenmesi ve klasik levha hareket modellerinin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Ülkemizde istatistiki verilere göre her 14 ayda, aletsel büyüklüğü 6 ve üzerinde bir deprem meydana gelmektedir. Türkiye'nin batısı, Yunanistan ve Helenik Yayı içine alan Ege Bölgesi, Alp-Himalaya deprem kuşağının sismolojik ve jeodinamik bakımından en aktif ve en fazla deformasyona uğrayan bölümüdür (MC KENZIE 1972, 1978, JACKSON vd. 1982, ARMIJO vd. 1996). Bu bölge, temel olarak, Anadolu levhasının Avrasya levhasına göre saat yönünün tersine olan bağıl hareketi nedeniyle deformasyona uğramaktadır. Ege Bölgesi, gerek bu karmaşık hareketliliği ile gerekse bölgede bulunan gelişmiş normal ve yanal atımlı faylar nedeniyle tüm dünyadaki yerbilimciler için ilgi çekici bir çalışma alanı olarak öne çıkmıştır.

Çalışmanın amacı, Tuzla Fayı ve yakın çevresinin farklı jeodezik yöntemlerle kabuk deformasyonlarını belirlemektir. Tuzla Fayının önemi, bulunduğu konum ve depremselliği açısından değerlendirildiğinde, Türkiye'nin 3. büyük şehri olan İzmir'e yakınlığıdır. Tuzla Fayı, İzmir'in güneybatısında Doğanbey burnu ve Gazimur arasında yeralan KD-GB doğrultulu bir faydır (EMRE ve BARKA 2000). Aynı fay farklı bilimsel çalışmalarda farklı isimlerle anılmaktadır. Örneğin "Türkiye Diri Fay Haritası"nda Cumanova çizgiselliği olarak yer almaktadır (ŞAROĞLU vd. 1987, 1992). Diğer bilimsel çalışmalarda, Cumalı ters fayı (EŞDER 1988) ve Orhanlı fayı (GENÇ vd. 2001) olarak da adlandırılmıştır. Tuzla Fayının karadaki uzunluğu 42 km'dir. Ayrıca Doğanbey körfezinde MTA Sismik-1 araştırma gemisiyle yapılan sismik çalışmalar, Tuzla fayının GB doğrultusunda, Ege Denizi tabanında devam ettiğini göstermiştir. Deniz altında devam eden kısmıyla birlikte değerlendirildiğinde, fayın uzunluğu 50 km'yi geçmektedir. (OCAKOĞLU vd. 2004, 2005).

Çalışma bölgesinde, 16 noktalı bir mikrojeodezik ağ 2009 yılında tesis edilmiştir. Bu noktalardan 15 tanesi GPS ölçmelerinde kullanılmış, kalan 1 nokta ise sadece hassas nivelman ölçmelerinde kullanılmıştır. 2009 ve 2010 yıllarında yaklaşık 1 yıl aralıkla GPS gözlemleri ve hassas nivelman

<sup>1</sup> Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Çengelköy, 34680 İstanbul

<sup>2</sup> Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray

ölçmeleri gerçekleştirilmiştir. 2011 yılı başında 3. hassas nivelman kampanyası gerçekleştirilmiş olup, 3. GPS kampanyası bahar ayları içinde gerçekleştirilecektir.

## 2. Çalışma Bölgesinde Kullanılan Yöntemler

Çalışma alanı olarak seçilen bölge, 26° 15' – 28° 20' doğu boylamları ile 37° 45' - 39° 15' kuzey enlemlerini kapsamaktadır. Çalışma bölgesinde kurulmuş olan mikrojeodezik ağda, bölgedeki yerkabuğu hareketlerini belirlemek amacıyla iki farklı jeodezik ölçme metodu ile gözlemler yapılmıştır. Bu yöntemler, hassas nivelman tekniği ve GPS tekniğidir.

### 2.1. Hassas Nivelman Tekniği

Kurulmuş olan mikrojeodezik ağdaki faya paralel ve fayı dik kesen 3 ana noktada hassas nivelman tekniği ile ölçmeler yapılmıştır. Bu noktalar Kaplıca, Huzur sitesi ve Doğanbey'dir. Belirlenmiş olan hassas nivelman noktalarının isimleri, 4 karakterli kısaltmaları ve koordinatları Tablo 1'de yer almaktadır. Kaplıca ve Huzur Sitesi noktaları aynı zamanda GPS gözlemlerinde de kullanılmıştır; ancak Doğanbey noktası, konumu yüzünden GPS gözlemlerinde kullanılmamaktadır. Hassas nivelman ölçmeleri gidiş-dönüş şeklinde gerçekleştirilmiş olup, kullanılan güzergâh yaklaşık 15 km'dir. Hassas nivelman ölçmeleri, istikşaf çalışmasından sonra 2009 ve 2010 yıllarında yaklaşık 1 yıl aralıkla gerçekleştirilmiştir.

2011 yılı başında 3. kampanya ölçmeleri ile gözlemlere devam edilmiştir.

Tablo 1: Hassas nivelman noktaları ve koordinatları

| İstasyon     | İstasyon ID | Enlem (°) | Boylam (°) |
|--------------|-------------|-----------|------------|
| Kaplıca      | KPLC        | 38,085    | 26,907     |
| Huzur Sitesi | HZUR        | 38,068    | 26,900     |
| Doğanbey     | DBEY        | 38,077    | 26,872     |

2009 ve 2010 yıllarında gerçekleştirilen hassas nivelman ölçmelerinde Topcon DL-101C nivo ile 3 metrelik invar mira kullanılmıştır. 2011 yılında gerçekleşen hassas nivelman ölçmelerinde ek olarak Trimble DiNi sayısal nivosu ile de ölçmeler yapılmıştır. Bu nivoların hassasiyetleri sırasıyla 0,4mm/km ve 0,3mm/km dir.

### 2.2. GPS Gözlemleri

Mikrojeodezik ağda yer alan GPS noktalarının isimleri, 4 karakterli kısaltmaları ve koordinatları Tablo 2'de görülmektedir. İlk GPS kampanyası 2009 yılında gerçekleşmiş olup, Trimble 4000 SSI, Trimble 4000 SSE ve Trimble 5700 alıcıları kullanılmıştır (ÖZENER vd. 2010). 2010 yılında gerçekleşen 2. GPS kampanyası ise, Trimble 4000 SSI ve Trimble 4000 SSE alıcıları ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 1'de 2010 yılına ait 2. GPS kampanya ölçmelerinde PTKV noktasının görüntüsü yer almaktadır. Her bir noktada 15 saniyede bir kayıt almak koşulu ile tekrarlı ve en az 10 saatlik gözlemler yapılmıştır.

Tablo 2. GPS noktalarının kısaltmaları ve koordinatları

| İstasyon     | İstasyon ID | Enlem (°) | Boylam (°) |
|--------------|-------------|-----------|------------|
| Askeriye     | ASKE        | 38,174    | 26,867     |
| Çatalca      | CTAL        | 38,257    | 27,041     |
| Esenli       | ESEN        | 38,156    | 27,084     |
| Gaziemir     | GEMR        | 38,319    | 27,186     |
| Görece       | GORC        | 38,296    | 27,117     |
| Huzur Sitesi | HZUR        | 38,068    | 26,900     |
| Kokar        | KOKR        | 38,183    | 26,599     |
| Kaplıca      | KPLC        | 38,085    | 26,907     |
| Petek Vadisi | PTKV        | 38,209    | 27,012     |
| Seferihisar  | SFRH        | 38,215    | 26,797     |
| Tirazlı      | TRAZ        | 38,267    | 26,996     |
| Turgutlu     | TURG        | 38,265    | 26,781     |
| Ürkmez       | URKM        | 38,092    | 26,949     |
| Yağcılar     | YACI        | 38,229    | 26,658     |
| Yeniköy      | YKOY        | 38,216    | 27,036     |



Şekil 1. PTKV noktasından bir görüntü

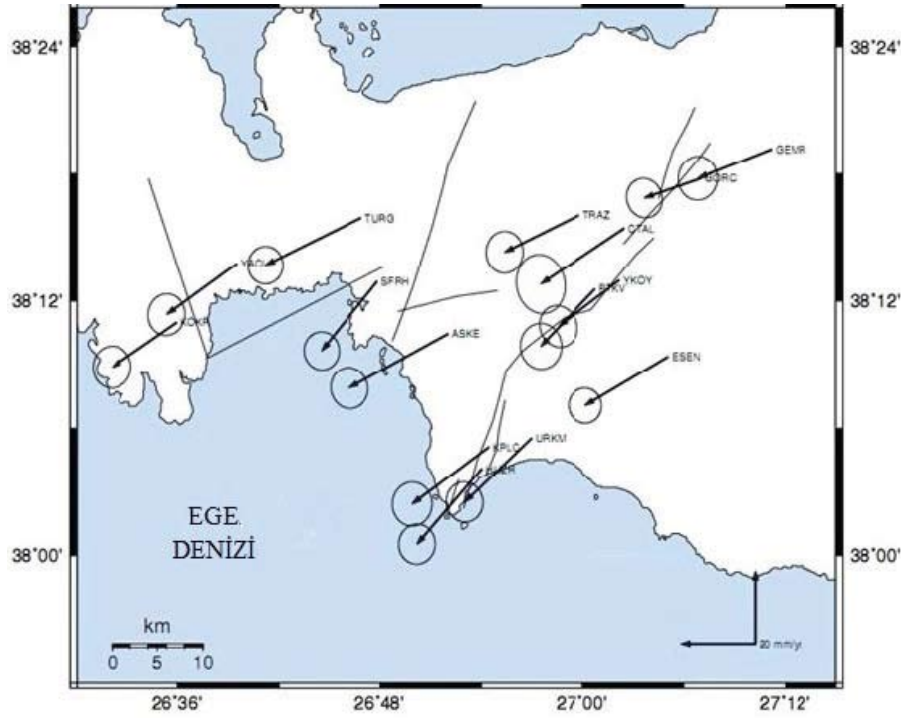
Jeodezik veri, 2009 ve 2010 yıllarında gerçekleştirilen GPS kampanyalarından elde edilmiştir ve GAMIT/GLOBK (HERRING vd. 2010) bilimsel yazılımı kullanılarak 15 adet istasyona ait yerdeğiştirme vektörleri elde edilmiştir (Şekil 2). Değerlendirme işleminde aşağıdaki sıra izlenmiştir:

- Hassas yörünge bilgisi, Uluslararası GPS Servisi (IGS) tarafından SP3 formatında, SOPAC adresinden alınmıştır.
- Yer dönme parametreleri, USNO\_bull\_b değerlerinden alınarak kullanılmıştır.
- Değerlendirmeye IGS global izleme ağından 16 istasyon dahil edilmiştir.
- Referans sistemi tanımlamada ITRF2005 koordinat çözümü kullanılmıştır.
- Radyasyon basınç etkileri için SOPAC tarafından da standart olarak kullanılan 9 parametrelili Berne modeli kullanılmıştır.
- Okyanus yüklemesi etkisi için Scherneck modeli ile çalışılmıştır.
- Zenit gecikme bilinmeyenleri, Saastamoinen öncül standart troposfer modeline dayalı olarak 2 saatlik aralıklarla hesaplanmıştır.

- Değerlendirmede, L1 ve L2 taşıyıcı dalga fazlarının iyonosferden bağımsız LC (L3) doğrusal kombinasyonu kullanılmıştır.
- Anten faz merkezleri için yüksekliğe bağlı model tercih edilmiştir.
- GAMIT çözümleri sonrasında elde edilen gevşek ve zorlamalı günlük çözümler, ITRF\_2005 referans sisteminde, 16 global IGS noktasından yararlanarak 7 parametrelili (3 öteleme, 3 dönüklük ve 1 ölçek) dönüşüm ile tanımlanmıştır.
- Günlük hassas koordinatlar Kalman analizi ile birleştirilerek, oluşturulan zaman serilerinden yapılan trend analizi ile istasyonların yerdeğiştirme değerleri elde edilmiştir.

GAMIT/GLOBK yazılımı kullanılarak ve yukarıdaki işlem sırası izlenerek yapılan hesaplama sonuçları ile istasyonlara ait elde edilen yerdeğiştirme vektörleri ve hata elipsleri Şekil 2’de görülmektedir. (SABUNCU 2010, SABUNCU ve OZENER 2010).





Şekil 2. Çalışma bölgesi yerdeğiştirme vektörleri (2009-2010, Avrasya sabit)

### 3. Bulgular ve Sonuçlar

Ülkemizin bir deprem ülkesi olduğu gerçeği göz önüne alınırsa, bölgede uzun süreli verilerin elde edilmesi ve işlenmesi önemlidir. Bölgede jeodezik, jeofizik ve jeolojik olarak birçok çalışmalar yapılmış, ancak çalışmalar küçük ölçekli kalmıştır. Tuzla Fayı ve yakın çevresinin jeodezik yöntemlerle kabuk deformasyonlarının belirlenmesi çalışması yüksek hassasiyeti, büyük ölçekli olması ve yoğun nokta sıklığı olan bir jeodezik ağa sahip olması ile önceki çalışmalardan farklıdır (ÖZENER 2010). Bu amaç doğrultusunda çalışma bölgesinde 2009, 2010 ve 2011 yıllarında hassas nivelman tekniği ile ölçmeler yapılmıştır. KPLC noktasının yüksekliği 100 m ve sabit alınarak diğer noktaların yükseklikleri hesaplanmıştır. Tablo 4’de nivelman noktalarının 2009, 2010 ve 2011 yıllarına ait yükseklikleri ve yükseklik farkları verilmiştir. 2009 ve 2010 yılları arasında incelendiğinde KPLC ve HZUR noktaları arasında 6,6 mm’lik düşey yerdeğiştirme gözlemlenmiştir.

Bununla birlikte HZUR ve DBEY arasında da 0,8 mm’lik düşey yönde bir yerdeğiştirme gözlemlenmiştir. Bölgede, 2011 yılının başında 3. hassas nivelman kampanyası gerçekleştirilmiştir. 2010 ve 2011 yıllarına ait veriler incelendiğinde KPLC ve HZUR istasyonları arasında 3,2 mm’lik bir düşey yerdeğiştirme olduğu gözlemlenmiştir.

Ayrıca HZUR ve DBEY istasyonlarının 2010 ve 2011 yılları arasında 4,1 mm’lik düşey yönde bir yerdeğiştirme gözlemlenmiştir. Bu değerler bölge için önemli olup, çalışma bölgesinde hassas nivelman tekniği ile gözlemlere devam edilecektir. GPS ölçmeleri ise, 2009 ve 2010 yıllarında gerçekleştirilmiştir. İki GPS kampanyasından elde ettiğimiz veriler, bölge ile ilgili ilk sonuçlar olup yerdeğiştirme vektörleri 21mm/yıl ile 25mm/yıl arasında değişmektedir (SABUNCU 2010, SABUNCU ve ÖZENER 2010). Sonuçların bölgede daha önceden AKTUG ve KILICOĞLU (2006) tarafından gerçekleştirilen çalışma ve bölge tektoniği ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Tablo 4. 2009, 2010 ve 2011 yıllarının yükseklikleri ve yükseklik farkları

| İstasyonlar | Yükseklikler (m) |           |           | Yükseklik Farkları (m) |           |           |
|-------------|------------------|-----------|-----------|------------------------|-----------|-----------|
|             | 2009             | 2010      | 2011      | 2009-2010              | 2010-2011 | 2009-2011 |
| KPLC        | 100,00000        | 100,00000 | 100,00000 | 0,00000                | 0,00000   | 0,00000   |
| HZUR        | 108,26038        | 108,25375 | 108,25051 | -0,00663               | -0,00324  | -0,00987  |
| DBEY        | 198,79536        | 198,78789 | 198,78375 | -0,00747               | -0,00414  | -0,01161  |

## Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK-ÇAYDAG 108Y295 kodlu ve Boğaziçi Üniversitesi BAP 5056 kodlu projeleri ile desteklenmiştir. GPS verilerinin işlenmesinde, MIT, SIO ve Harvard Üniversitesi tarafından geliştirilen GAMIT/GLOBK yazılımları kullanılmıştır. Yazı içerisindeki harita ve şekiller GMT yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü'ne, Topcon DL-101 C sayısal nivosu ile invar miraları projemize tahsis ettikleri için teşekkür ederiz

## Kaynaklar

- AKTUG, B. ve KILICOGLU, A.: **Recent crustal deformation of Izmir, western Anatolia and surrounding regions as deduced from repeated GPS measurements and strain field.** J. of Geody., 41 (2006), 471-484.
- ARMIJO, R., MEYER, B., KING, G.C.P., RIGO, A., PAPANASTASSIOU, D.: **Quaternary Evolution of the Corinth Rift and its Implications for the Later Cenozoic Evolution of the Aegean.** Geophys. J. Int., 126 (1996), 11-53.
- EMRE, O. ve BARKA, A.: **Active Faults between Gediz Graben and Aegean Sea (Izmir Region),** Proceedings of International Symposia on Seismicity of Western Anatolia, (2000), 24-27 May.
- EŞDER, T.: **Gümüldür-Cumaovası (İzmir) alanının jeolojisi ve jeotermal enerji olanaklarının araştırılması.** Doktora Tezi, İstanbul Univ. Fen Bil. Enst. Jeoloji Müh. Böl. Anabilim Dalı, (1988), 401 s. (Yayımlanmamış).
- GENÇ,Ş.C., ALTUNKAYNAK, Ş., KARACIK, Z., YAZMAN, M., YILMAZ, Y.: **The Çubukludağ graben, south of İzmir: tectonic significance in the Neogene geological evolution of the Western Anatolia.** Geodinamica Acta, 14 (2001) 1-12.
- HERRING, T.A., KING, R.W., MCCLUSKY, S.C.: **Introduction To GAMIT/GLOBK, Release 10.4.** Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, ABD (2010).
- JACKSON J.A., GAGNEPAIN J., HOUSEMAN G., KING G.C.P., PAPADIMITRIOU P., SOUFLERIS C., VIRIEUX J.: **Seismicity, Normal Faulting and the Geomorphological Development of the Gulf of Corinth (Greece): the Corinth Earthquakes of February and March 1981.** Earth and Planetary Science Letters, 57 (1982), 377-397.
- MC KENZIE, D. P.: **Active Tectonics of the Mediterranean Region,** Geophysical Journal of Research", Vol. 30 (1972), pp.109-185.
- MC KENZIE, D.: **Active Tectonics of Alpine-Himalayan Belt: The Aegean Region and Surrounding Regions,** Geophysical J. R. Ast. Soc., Vol. 55 (1978), 217-254.
- OCAKOĞLU, N., DEMİRBAĞ, E., KUŞÇU, İ.: **Neotectonic structures in the area offshore of Alaçatı, Doğanbey and Kuşadası (western Turkey): evidence of strike-slip faulting in the Aegean extensional province.** Tectonophysics, 391 (2004), 67-83.
- OCAKOĞLU, N., DEMİRBAĞ, E., KUŞÇU, İ.: **Neotectonic structures in İzmir Gulf and surrounding regions (western Turkey): Evidences of strike-slip faulting with compression in the Aegean extensional regime.** Marine Geology, 219 (2005), 155-171.
- OZENER H.: **The Importance of Tuzla Fault and a Study on Deformation Monitoring in the Aegean Region, Turkey,** FIG Congress, 2010.
- OZENER H., DOGRU A., TURGUT B., TURGUTALPA.: **GPS Observations of Contemporary Deformation and Kinematics of Izmir, Western Anatolia,** EGU General Assembly 2010, 02 – 07 May (2010), Vienna, Austria.
- SABUNCU A. ve OZENER H.: **Determination of the Displacements along the Tuzla Fault (Izmir) and Surroundings by GPS and Precise Leveling Techniques,** WEGENER 2010-15th General Assembly of WEGENER, 14-17 Eylül (2010), İstanbul-Turkey.
- SABUNCU A.: **Investigation of Crustal Movement Along Tuzla Fault-İzmir,** Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, (2010), İstanbul.
- ŞAROĞLU, F., EMRE, Ö., BORAY, A.: **Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremsellikleri.** Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdleri Dairesi Başkanlığı, Ankara, 394 (1987), s.11.
- ŞAROĞLU, F., EMRE, Ö., KUŞÇU, İ.: **Türkiye Diri Fay Haritası, 1:2,000,000 ölçekli,** Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, (1992), Ankara.

## Portal Teknolojisi ve Ulusal Konumsal Veri Altyapısı

Muhammet Emre YILDIRIM<sup>1</sup>, Çetin CÖMERT<sup>2</sup>

### Özet

*Bu çalışmada amaç, Ulusal Konumsal Veri Altyapıları (UKVA) nın gerçekleştirilmelerinde, halen önemli rol üstlenmiş olan Geoportallar bağlamında, Portal Teknolojisi (PT) nin sunduğu olanakların belirlenmesidir. Bu olanaklardan biri, UKVA'nın gerçekleştirilmesi sürecinde geliştirilecek geoportalların hızla geliştirilebilmesi bakımından önemli olan "portlet yeniden kullanılabilirliği" dir. Bu amaca yönelik olarak bu çalışmada, farklı portal geliştiricilerinin yeniden kullanabilecekleri bazı portletler geliştirilmiştir. Söz konusu diğer olanak, henüz tatmin edici bir çözüme kavuşturulamamış olan Web Servisleri Kompozisyonu (WSK) bağlamında olabilir. Bu açıdan, UKVA ortamında WSK tarzında birlikte kullanılacak, farklı kurumlar tarafından sunulabilecek portletler geliştirilmiş ve bir örnek uygulamada birlikte kullanılmışlardır. Sonuç olarak, PT nin her iki açıdan da çok değerli bir katkı sunduğu belirlenmiştir.*

### Anahtar Sözcükler

Ulusal Konumsal Veri Altyapısı (UKVA), Geoportal, Servis Yönelimli Mimari, Web Servisleri Kompozisyonu, Portlet yeniden kullanılabilirliği.

### Abstract

#### Portal Technology And National Spatial Data Infrastructure

*The aim of this work is to determine the potentials of Portal Technology (PT) concerning the development of geoportals which currently play an important role in the implementation of National Spatial Data Infrastructures (NSDI). One of the potentials is "portlet reusability" which is needed for the rapid development of geoportals within NSDI. A number of reusable portlets have been developed for this purpose. Another contribution of PT would be in the context of Web Services Composition (WSC) for which a full-fledged treatment is still lacking. For this aim, a number of reusable portlets have been developed and combined in the WSC mode under a use case scenario. As the result, it has been found that PT offers valuable contributions from both respects.*

### Key Words

National Spatial Data Infrastructure (NSDI), Geoportal, Service Oriented Architecture, Web Services Composition, Portlet Interoperability.

### 1. Giriş

Konumsal Veri Altyapıları (KVA), günümüzde önem kazanmış ve gerçekleştirilmesi zorunlu hale gelmiştir. KVA'lar, konumsal veri yönetimine yönelik birlikte işlerlik altyapılarıdır (CÖMERT2004). Diğer yandan, günümüzde artık verinin değil, servislerin kullanıcılara sunulması, servis sağlayıcılar tarafından sunulan pek çok servisin bir arada kullanılarak, kullanıcıların ihtiyacına göre hizmet sunmanın önemi artmaktadır. Bu şekilde, servislerin bir arada kullanılarak, kullanıcıya hızlı ekonomik ve kaliteli hizmetin sunulması, ancak Servis Yönelimli Mimari ile mümkün olacaktır. SYM'nin gerçekleştirilmesinde önemli bir role sahip olan portallar, KVA'ların gerçekleştirilmesinde de önemli bir rol oynayacaktır. Bu bakımdan, kamu kurumları, yerel yönetimler, özel sektör ve konumsal veri ile iş yapan kesimler arasındaki birlikte işlerliği gerçekleştirmek isteyen ülkeler, konumsal portallarını hızla geliştirmişlerdir.

INSPIRE konumsal portalı, INSPIRE direktifleri çerçevesinde hazırlanan AB'ye üye ülkelerin konumsal veri setlerine, konumsal veri servislerine ulaşmayı sağlayan, konumsal veri setleri ve servisleri üzerinde ihtiyaca göre arama yapma imkânını sağlayan web uygulaması olarak tanımlanmaktadır (INSPIRE2005). OGC (Open Geospatial Consortium) konumsal portalı, "veri setleri ve servisler içeren bir çevrimiçi konumsal bilgi kaynakları topluluğu için bir kullanıcı arayüzü" olarak tanımlanmaktadır (OGC 2004).

KVA'ların gerçekleştirilmesinde önemli role sahip olan portalların, hızla geliştirilebilmesi önem arz etmektedir. Sadece KVA'ların gerçekleştirilmesindeki rolü gereği değil, Web2.0 uygulamalarının dünyada önem kazanmasıyla portal teknolojisinde hızlı bir gelişim meydana gelmiştir. Konumsal portalların son kullanıcıya sunduğu, ihtiyaç duyduğu konumsal veri için arama, izleme ve indirme özelliklerinin yanısıra, kişiselleştirme özelliğiyle KVA'ların gerçekleştirilmesinde büyük kolaylıklar sağlayacaktır. INSPIRE direktifleri çerçevesinde, pek çok Avrupa birliği üyesi ülkeler, INSPIRE konumsal portalında olduğu gibi kendi konumsal portallarını geliştirmişlerdir.

Dünya genelinde KVA çalışmaları incelendiğinde, KVA çalışmalarında önde olan ülkelerin konumsal portal geliştirimini tamamladıkları ve süreç içerisinde sürekli geliştirmeler yaptıkları gözlemlenmektedir. Geliştirilen portallar incelendiğinde önemli bir kısmı, merkezi metaveri kataloğuna sahip katalog portalları olduğu gözlemlenmektedir.

Katalog konumsal portalları genellikle merkezi bir meta veri kataloğuna sahiptirler. Konumsal bilgi sağlayıcıları, sahip oldukları bilgi kaynaklarını portal kataloğu üzerinden yayımlarlar. İstemciler de portal kataloğunda arama yaparak uygula-

<sup>1</sup> Arş. Gör., <sup>2</sup> Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon

ma gereksinimlerini karşılayan veri ve/veya servisleri bulurlar ve onları ilgili sağlayıcılardan isteyerek uygulamalarını gerçekleştirirler (AKINCI vd.2007).

Bu çalışma da, ülkelerin kendi UKVA'larını gerçekleştirmesi çalışmaları kapsamında geliştirilmiş portalların bir kısmı incelenmiştir.<sup>3</sup>

Bu çalışma kapsamında ayrıca, bir literatür taraması yapılarak, portal teknolojisi alanındaki son durum ve portal teknolojisinin Servis Yönelimli Mimari (SYM) açısından nasıl bir katkı sunabileceği belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kaynaklardan bazıları (AKRAM vd. 2005), (RAO 2009), (NORTH 2006), (MAGUIRE vd. 2005), (DIAZ vd. 2004) ve (YANG 2007)'dir. Bu inceleme sonucunda oluşan görüşümüze göre, portal teknolojisi alanında bugün en önemli sorunun portlet birlikte işlerliğidir. Çözüme yönelik çeşitli öneriler mevcuttur. Bunlardan biri (DIAZ vd. 2005) nin önerisidir. Portlet birlikte işlerliği hem portletlerin yeniden kullanılabilirliği ve dolayısıyla hızlı portal geliştirimi ve hem de SYM de hala tatmin edici bir çözüme kavuşturulamamış olan Servis kompozisyonu ya da servis zincirleme bakımından çok önemli bir konudur.

Konumsal portallarda geliştirilen web uygulamalarının yeniden kullanılabilir olmaması, her ülkenin ve bu ülkeler içerisinde portal geliştirimi yapan her kurumun, aynı uygulamaları tekrar geliştirmelerini gerektirmektedir. Örneğin, INSPIRE kapsamında geliştirilen portallar için benzer veya aynı uygulamalar tekrar tekrar geliştirilmiştir. Çünkü geliştirilen web uygulamaları yeniden kullanılabilir özellikte değildir. Türkiye gibi dünyadaki UKVA çalışmalarından geri kalan ülkeler, konumsal portallarını kısa sürede gerçekleştirmeye ihtiyaç duymaktadırlar. Dolayısıyla hızlı portal geliştiriminin sağlanması için geliştirilecek uygulamaların yeniden kullanılabilir özellikte ve kolayca portal çalışma ortamına entegre edilebilir olması gerekmektedir. Dünya genelinde geliştirilen konumsal portallar incelendiğinde çoğu konumsal portalın, arama, izleme, indirme ve kişiselleştirilme gibi temel düzeydeki servisleri kullanıcıya sunduğu görülmektedir. Örneğin; INSPIRE kapsamında geliştirilen Inspire Konumsal Portalında, "Metadata Editor", "Viewer", "Metadata Validator", "Discovery" gibi servisler sunulmaktadır. Kullanıcı bu portalda ihtiyaç duyduğu konumsal veri, veriseti veya konumsal servisleri için "Discovery" bölümünden arama yapabilmekte ve "Viewer" servisiyle bulduğu sonuçları görüntüleyebilmektedir. Konumsal veriseti, veriseti serileri ve konumsal servislerini yayınlamak isteyen kullanıcılar için "Metadata Editor" ve "Metadata Validator" servisleri sunulmaktadır.

Bu çalışmada amaç, UKVA gerçekleştirilmelerinde, halen önemli rol üstlenmiş olan konumsal portalların geliştirilmesinde, Portal Teknolojisi (PT) nin sunduğu olanakların belirlenmesidir. Bu bakımdan PT'nin sunabileceği olanaklardan biri "portlet yeniden kullanılabilirliği" dir. UKVA'nın

gerçekleştirilmesi sürecinde geliştirilecek geoportalların hızla geliştirilebilmesi bakımından önemlidir. Bu amaca yönelik olarak bu çalışmada, farklı portal geliştiricilerinin yeniden kullanabilecekleri bazı portletler geliştirilmiştir. Bu portletler, JSR 286 ve WSRP 2,0 standartlarına uygun portletlerdir. PT nin SYM de hala tatmin edici bir çözüme kavuşturulamamış olan Web Servisleri Kompozisyonu (WSK) bakımından sunabileceği katkının belirlenmesi, bu çalışmanın diğer amacıdır. Bunun için, UKVA ortamında uygulama geliştirecek olan kullanıcıların kullanımına yönelik konumsal analiz portletleri geliştirilmiş ve bir örnek uygulama ile bu portletlerin birlikte işleyebileceği gösterilmiştir. Örnek uygulama, katı atık depolama alanı için yer seçimi uygulamasıdır. Bu uygulamanın kullanıcısı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nda ilgili birimdeki bir kullanıcı olabilir. Uygulamanın gerek duyduğu verilerin, ilgili kurumlardan Web servisleri ile "anlık" olarak sağlanması öngörülmüştür. Bunun mümkün olmayacağı kurumlar için ise bu yapı uyarlanmıştır.

## 2. Portal Teknolojisi

### 2.1. Java Portlet Belirtimi (JSR-168,JSR-286)

Portal teknolojisinin önem kazanmasıyla, Bea, IBM, Oracle gibi birçok şirket, portlet teknolojisiyle kendi portal bileşenlerini ve ürünlerini geliştirmişlerdir. Her şirket kendi portal çözümü için, API (Application Programming Interface) yayınlamıştır. Bu yaklaşım, "portlet birlikte işlerliği" sorununu ortaya çıkarmıştır.

"The Java Community Process (JCP)", 2003 yılında farklı portal ve portletler arasındaki "yeniden kullanılabilirlik" sorununu çözmek için Java Portlet Belirtimini (JSR 168) yayınlamıştır (ABDELNUR vd.2003).Portlet geliştirimininbelli standartlara göre yapılması, geliştirilen portletlerin yeniden kullanılabilmesini ve standardı sağlayan, herhangi bir portal sunucusunda çalışabilmesini sağlamaktadır. JSR 286 standardı, portletler için "Portlet API v2.0" tanımlayarak, portletler ve portallar arasındaki "yeniden kullanılabilirliği" sağlamayı amaçlamaktadır.

JSR 286 standardını sağlayan bütün portletler, bu standartları sağlayan, tüm portal sunucularda çalışabilmektedir. Bu sayede, Servis Yönelimli Mimaride olduğu gibi farklı platformlarda çalışabilme imkânı, portal mimarisinde kullanıcılara sunulabilmektedir.

#### 2.1.1. Portal

Portal, Java Portlet Belirtiminde, genellikle kişiselleştirmeyi, tek bir oturum açmayı, "farklı kaynaklardan" elde edilen içerikleri birleştirmeyi sağlayan ve bilgi sistemlerinin sunum katmanlarına ev sahipliği yapan, web tabanlı bir uygulama olarak tanımlanmaktadır (HEPPER 2008).İçeriklerin birleştirilmesinden kasıt, farklı kaynaklardan elde edilen bilgilerin, aynı web sayfasında gösterilmesidir.

Portal, kişiselleştirilebilme özelliği sayesinde, tanımlanmış kullanıcı gruplarına özel tanımlanmış içerik sunabilmektedir. Portal, portletler, portlet container ve portal sunucusundan oluşmaktadır.

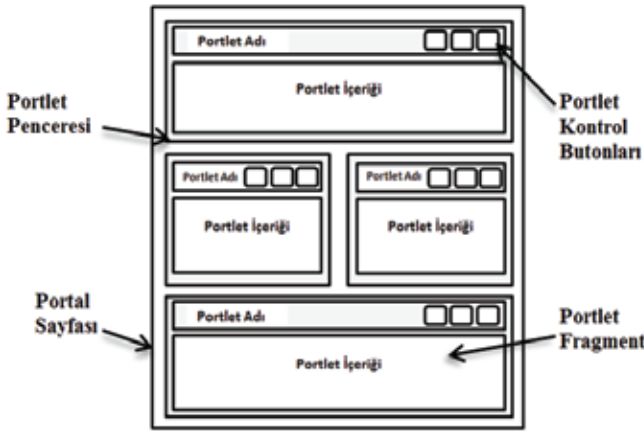
<sup>3</sup> INSPIRE Geoportal,

İDEE portal, Go-Geo! Portal, Portale Cartografico Nazionale, Geospatial Data Service Centre Portal, GNII geoportal,Snig Portal, Geo. Admin. Ch  
Geoportal Dgu, Geoportal.Gov. Pl,  
GOS Portal



### 2.1.2. Portlet

Portlet, bir portalda sunulmak üzere, bilgi ya da servis niteliğinde belirli bir içerik sunan bir uygulamadır. Portletler, portallar tarafından, bilgi sistemlerine sunum katmanı sağlayan takılıp çıkarılabilen, kullanıcı arayüzü olarak kullanılmaktadır. Portletler tarafından üretilen içerik, “fragment” olarak ta adlandırılmaktadır. Yaşam döngüsü, Portlet Container tarafından yönetilmektedir. JSR 286 standardını sağlayan bütün portletler bu standartları sağlayan tüm portal sunucularında çalışabilmektedir. Bu sayede, Servis Yönelimli Mimaride olduğu gibi “farklı platformlar”da çalışabilme imkânı, portal mimarisinde kullanıcılara sunulabilmektedir.



Şekil 1: Portal Sayfasının Bileşenleri ((Hepper 2008) den uyarlanmıştır)

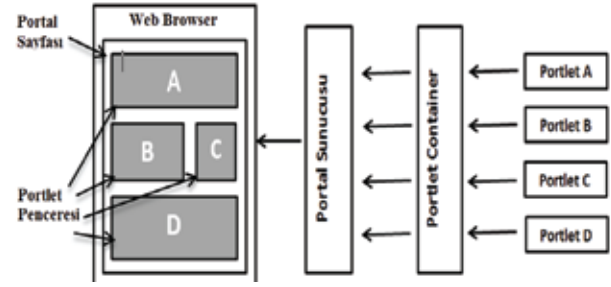
Portletler, portal sayfasında gösterilirken portlet penceresi içerisinde gösterilmektedir. Portlet penceresi, Portlet Adı, portlet kontrol butonları ve portlet tarafından üretilen içerikten oluşmaktadır (Şekil 1).

### 2.1.3. Portlet Container

Portlet Container, portletlerin yaşam döngüsünü yönetmekte ve portletler için “runtime environment” sağlamaktadır. Portlet Container, portal üzerinden kullanıcıların yaptığı istekleri alır ve bu istek sonucunda portletlerin ürettikleri içerikleri portal sunucusuna aktarmaktadır. Portletlerin ürettikleri içeriklerin birleştirilip portal sayfasının üretilmesi portal sunucusunun görevidir.

### 2.1.4. Portal Sayfası

Portal Sayfası, portletlerin ürettikleri içeriklerin gösterildiği portlet pencerelerinden oluşmaktadır. Portal sunucusu da, portletler tarafından üretilen içeriği derleyerek portal sayfası üretir ve kullanıcının web tarayıcısına gönderir. Portal sayfasında birden fazla portlet bulunabilmektedir. Portal sayfasını, kolonlara ve sütunlara bölerek sayfa yapısını ayarlanabilmekte ve portletler bu sayfa yapısına göre yerleştirilmektedir.



Şekil 2: Portal Sayfasının Oluşturulması ((Hepper 2008) den uyarlanmıştır)

## 2.2. WSRP (Web Services for Remote Portlets)

Web Services for Remote Portlets belirtimi, OASIS (*Organization for the Advancement of Structured Information Standards*)’in WSRP Teknik kurulu tarafından tanımlanmıştır. Bu komite tarafından, 2003 yılı eylül ayında WSRP v1.0 standardı yayınlanmış ve 2008 yılı Nisan ayında WSRP v1.0 standardı güncellenmiş ve bu güncellenmiş standart, WSRP v2.0 olarak adlandırılmıştır. OASIS WSRP v2.0 standardı, farklı portal sunucularındaki uygulamaların ve içeriklerin başka bir portal sunucu içerisinde kullanılmasını, programlama bilgisi ve eforu gerektirmeden gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır. Bu standart sayesinde farklı portal sunucularındaki portletlerin uzaktan kullanılabilmesi sağlanmakta, Servis Yönelimli Mimaride olduğu gibi dağıtık sistemler arasındaki “birlikte işlerliği” desteklemektedir.

WSRP, sağlayıcı (producer) ve istemci (consumer) olmak üzere iki temel bileşenden oluşmaktadır. Sağlayıcı (Producer), portletleri geliştirip WSRP olarak yayınlar. “Sağlayıcı” geliştirdiği portletlerle iletişim kurulabilmesi için Web servisi arayüzleri sunmaktadır. Servis Tanımı (Service Description), Markup, Kayıt (Registration), Portlet Yönetimi (Portlet Management), “Sağlayıcı” tarafından sunulan Web servisi arayüzleridir.

Sağlayıcı tarafından geliştirilen portletler, WSRP portleti olarak yayınlanır. WSDL tanımları kullanılarak UDDI ya kaydedilir. İstemci taraf ise ihtiyaç duyduğu portlet için sağlayıcının ve portletlerin metadatasını kullanarak arama yapar ve ihtiyaç duyduğu portlete uzaktan erişim sağlar. (OASIS2008). WSRP standardıyla. NET portalındaki bir portlet, Java portalında uzaktan erişimle kullanılabilir.

## 3. UKVA Ortamında Hızlı Portal Geliştirimi

### 3.1. Yeniden Kullanılabilir Portlet Tabanlı Prototip Portal Geliştirimi

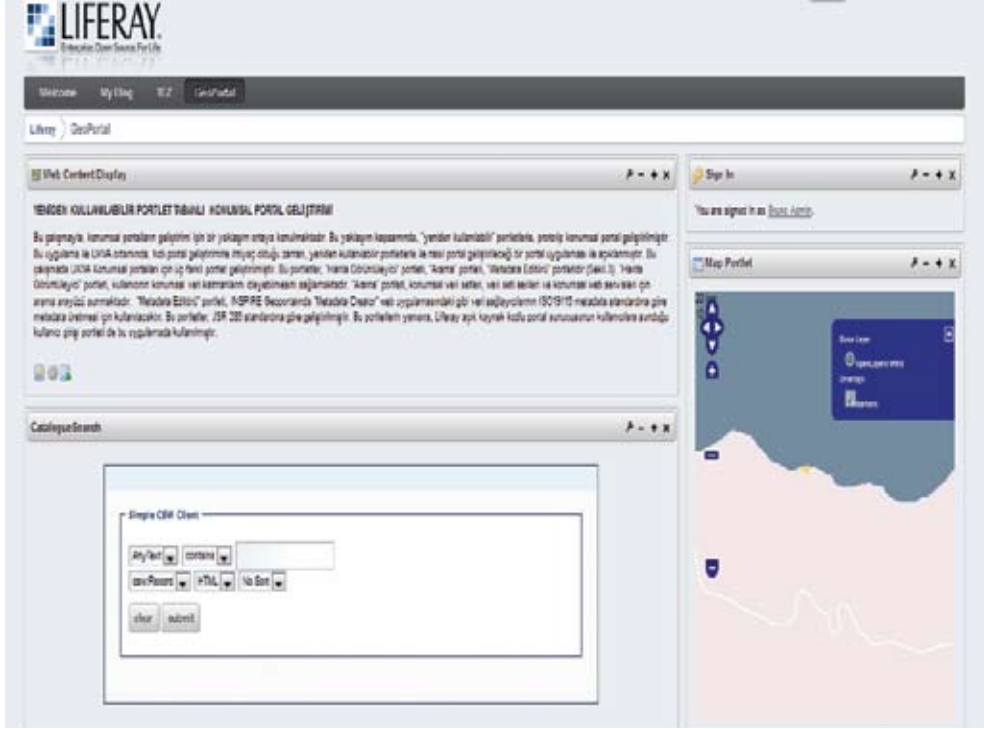
Bu çalışmayla, konumsal portalların geliştirimi için bir yaklaşım ortaya konulmaktadır. Bu yaklaşım kapsamında, “yeniden kullanılabilir” portletlerle, prototip konumsal portal geliştirilmiştir.

UKVA ortamında, hızlı portal geliştirimine ihtiyaç olduğu zaman, yeniden kullanılabilir portletlerle nasıl portal geliştirileceği, bu uygulama ile gösterilmiştir. Bu çalışmada, UKVA konumsal portalları için üç farklı portlet gelişt-



tilirilmiştir. Bu portletler, “*Harita Görüntüleyici*” portleti, “*Arama*” portleti, “*Metadata Editörü*” portletidir (Şekil3). “*Harita Görüntüleyici*” portleti, kullanıcının konumsal veri katmanlarını izleyebilmesini sağlamaktadır. Bu portlette, harita arayüzü olarak “OpenLayers”i kullanılmıştır. “*Arama*” portleti, konumsal veri setleri, veri seti serileri ve konumsal web servisleri için arama arayüzü sunmaktadır. Bu portlette, metadatalar üzerinde arama yapmak için Excat CSW sunucusu kullanılmıştır.

“*Metadata Editörü*” portleti, INSPIRE Geoportalında “*Metadata Creator*” web uygulamasındaki gibi, veri sağlayıcılarının ISO19115 metadata standardına göre metadata üretmesi için kullanılacaktır. Bu portletler, JSR-286 standardına göre geliştirilmiştir. Bu portletlerin yanısıra, Liferay açık kaynak kodlu portal sunucusunun kullanıcılara sunduğu, kullanıcı girişi portleti de bu uygulamada kullanılmıştır.

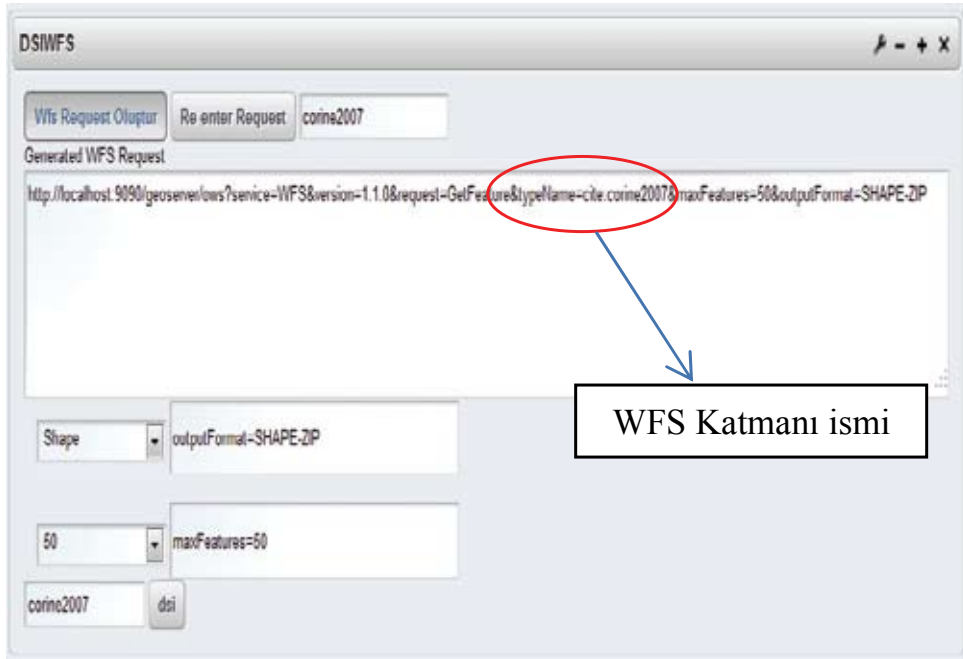


Şekil 3: Çalışma Kapsamında Geliştirilmiş prototip Konumsal Portalı

Geliştirilen bu portletler, katalog konumsal portallar için geliştirilmiştir. Konumsal portalların işlevselliğini artırmak için, uygulama odaklı portalların geliştirilmesi gerekmektedir. Konumsal portallar, veri sağlayıcısı ve istemcisi arasında aracı olmaktan çıkıp daha işlevsel hale getirilmesi için, konumsal analiz gerçekleştiren portletler geliştirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, uygulama odaklı prototip konumsal portal geliştirilmiştir. Bu portal, katı atık depolama alanı için yer seçimi uygulamasını gerçekleştirmek için kullanılacak, konumsal analiz gerçekleştirebilen, operasyonel portletler içermektedir. Bu portletler, “*The Easy WFS Request*” portleti, “*Intersect*” portleti, “*Eğim Haritası*” portleti, “*Harita Görüntüleyici*” portleti ve “*Arama*” portletleridir. “*The Easy WFS Request*,” “*Intersect*” ve “*Eğim Haritası*” portletleri, JSR-286 standardına göre geliştirilmiş ve yerel (local) portletlerdir. “*Harita Görüntüleyici*” ve “*Arama*” portletleri ise UKVA konumsal portalında WSRP olarak yayınlanan uzak (remote) portletlerdir.

“*Arama*” portleti sayesinde, son kullanıcı ihtiyaç duyduğu konumsal web servislerine ulaşmak için UKVA portalında

arama yapmak yerine, bu portaldan UKVA konumsal portalında, arama yapıyormuş gibi arama yapabilecektir. “*Harita Görüntüleyici*” portleti de UKVA portalındaki harita görüntüleme arayüzünü kullanarak, ön izleme yapmak istediği verileri, görüntüleyebilmektedir. Eğer kullanıcı ihtiyaç duyduğu konumsal web servisini ya da servislerini bulursa, “*The Easy WFS Request*” portleti kullanıcının bulduğu konumsal web servisleri için “*GetCapabilities*” isteği üretecektir. Bu aşamada sadece Web Feature Service (WFS) için kullanılacaktır. Kullanıcının seçtiği WFS servisinin “*Capabilities*” dökümanı portlet tarafından incelendikten sonra, WFS servisinin sunduğu katmanlar, sunulan katmanların koordinat sistemleri gibi bilgileri, ilgili portlet penceresinde gösterilecektir. Kullanıcı, bu seçeneklerden ihtiyacı olanları seçerek “*WFS Request Oluştur*” butonuna tıkladığında, portlet seçilen seçeneklere göre WFS isteği üretmektedir. Bu portletin geliştirilerek, tüm OGC web servisleri için kullanılmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir.



Şekil 4: “Easy WFS Request” portleti ile üretilmiş WFS isteği

“Intersect” portleti ise oluşturulan WFS isteklerini kullanarak konumsal veriyi indirerek bu veriler arasında temel CBS analizlerinden “intersect” analizi yapacaktır. “Eğim Haritası” portleti, Katı Atık Depolama Tesisi için yer seçimi yapılacak bölgede HGK kurumundan sağlanması öngörülen yükseklik paftalarından eğim haritası üretecektir.

“Intersect” portleti, bu analizi gerçekleştirmek için OGC tarafından 2007 yılında yayınlanmış olan, Web Processing Service v1.0 (WPS) standardını sağlayan, Deegree WPS<sup>4</sup> su-

nucunun kullanılmaktadır. WPS sunucusu, konumsal analizleri gerçekleştirmek için işlemleri (process) kullanmaktadır. WPS işlemlerinden kasıt, konumsal veri üzerinde çalışan herhangi bir algoritma, hesaplama ya da modeldir (OGC 2007). Çalışma da, intersect analizini gerçekleştiren WPS işlemi geliştirilmiştir. Geliştirilen “Intersect” portleti, bu WPS işlemi kullanarak intersect analizini gerçekleştirmektedir (Şekil 5). Bu portlet, bir WFS servisi tarafından sunulan konumsal verilere, intersect analizini gerçekleştirmektedir.



Şekil 5: Geliştirilen Intersect Portleti

<sup>4</sup> Deegree WPS, Açık kaynak kodlu WPS sunucusu

Ayrıca, WFS tarafından sunulan yükseklik paftalarından eğitim haritası üreten WPS işlemi de geliştirilmiştir. *Eğim Haritası* portleti, bu WPS işlemi kullanarak eğitim haritasını üretecektir. WFS sunucusu olarak, Geoserver sunucusu kullanılmıştır.

Katı Atık Depolama Tesisi için Yer seçimi uygulamasının portal kullanıcısı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan ilgili birimdeki bir kullanıcı ya da belediyedeki ilgili birimde bir kullanıcı olabilir. Bu yer seçimi uygulamasında, birçok veri katmanı ve CBS konumsal analiz fonksiyonları kullanılması gerekmektedir. Uygulama kapsamında, bu analizin bir kısmı gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen tüm portletler yeniden kullanılabilir portletlerdir.

### 3.2. Portletlerin Yayınlanması

UKVA ortamında birçok kurumda hızlı portal geliştirme ihtiyacı ortaya çıkacaktır. Bir kurumun portal geliştirme aşamasında geliştirdiği uygulamalara, bir başka kurumda portal geliştirimi aşamasında ihtiyaç duyabilecektir. Dolayısıyla, geliştirilen portlet tabanlı web uygulamalarına portal geliştiricilerinin ulaşabilmesi için yayınlanması gerekmektedir. Geliştirilen portletlerin yayınlanması için iki yaklaşım söz konusudur. Bu yaklaşımlardan ilki; portletlerin, portlet kataloglarından paylaşılması, diğeri ise portletlerin WSRP olarak yayınlanması, WSRP portletlerinin Web Servisi Tanımlama Dili (WSDL-Web Service Description Language) tanımları ile Evrensel Tanımlama Bulma ve Birleştirme (UDDI - Universal Description Discovery and Integration) kataloglarına kaydedilmesi ve ihtiyaç duyan kullanıcının UDDI katalogundan arama yaparak portletleri bulmasıdır. Birinci yaklaşım için açık kaynak kodlu ve ticari portal yazılımlarının kendi portlet katalogları mevcuttur<sup>5</sup>.

Portal geliştiriciler bu kataloglardan ihtiyaç duydukları portletlerin dosyalarını indirerek portlet yükleme arayüzünden portal sunucusuna yükleyebilmektedir.

UKVA ortamında kurumlar bazında geliştirilen portlet tabanlı web uygulamalarının paylaşımı için portlet katalogları oluşturulabilir. Bu yapıda ilgili kurumların portal üretme aşamaları şu şekilde olacaktır. İlgili birimdeki kullanıcı portlet kataloglarından arama yapar. İhtiyacını karşılayacak portletleri bulduğunda katalogdan dosyasını indirir. Portalın portlet yükleme arayüzünden portletleri portala yükler. Portleti portal sayfasında uygun bir yere yerleştirerek portal sayfasını kaydederve portal sayfasını oluşturur. Çevre ve Şehircilik Bakanlığındaki ilgili birim, portal geliştirimini gerçekleştirmiş ve portlet katalogunda harita görüntüleyici portletini yayınlamışsa, Bayındırlık ve İskân Bakanlığında ilgili birimdeki kullanıcı, bu katalogdan harita görüntüleyici portletini indirebilecek ve portalına ekleyebilecektir. Bu şekilde UKVA ortamında hızlı portal geliştirimi sağlanacaktır.

Bu yaklaşımda, istemci taraf portlet sağlayıcılarının oluşturdukları portlet kataloglarından arama yapacaktır. Bu portlet katalogları herhangi bir standarda göre tasarlanmamıştır. Bu kataloglardaki portletler, Java Portlet Belirtimine göre hazırlanmış yerel portletlerdir. Kullanıcı ihtiyaç duyduğu

portleti bulana kadar, oluşturulmuş portlet kataloglarını inceleyecektir. Bu yaklaşım ihtiyaç duyulan portletin bulunması-nı zorlaştırmaktadır.

Portletlerin yayınlanmasında ikinci yaklaşım ise WSRP portletlerinin WSDL dokümanlarının UDDI kataloguna kaydedilmesi ve kullanıcılarının UDDI katalogundan arama yaparak portletleri bulmasıdır. WSRP portletlerin sağlayıcısının (producer) metadatasıyla UDDI'ya kaydedilmektedir. Bu metadata da Sağlayıcının adı, tanımı, sağlayıcı hakkında anahtar kelimeler, sağlayıcının WSDL linki gibi bilgiler içermektedir. UDDI katalogunda arama yaparken portlet sağlayıcısının değil portlet için arama yapılabilmesi için portlet metadatasının yayınlanması gerekmektedir. Kullanıcı bu yaklaşımda, UDDI katalogundan arama yapacak ihtiyaç duyduğu portleti yayınlanan metadatası sayesinde bulabilecektir (ORACLE 2008). Bu yaklaşım portlet aramalarını standartlaştırılmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla, portlet aramaları daha hızlı ve kolay olacaktır.

Çalışma kapsamında geliştirilmiş olan yerel portletlerinin (*"The Easy WFS Request"*, *"Intersect"* ve *"Eğim Haritası"* portletleri) yayınlanması için ilk yaklaşımdaki gibi portlet katalogu üretilmiştir. Geliştirilmiş WSRP portletlerinin (*"Harita Görüntüleyici"* ve *"Arama"* portletleri) yayınlanması için ikinci yaklaşımdaki gibi WSDL tanımları ile UDDI'ya kaydedilmiştir.

Geliştirilen uygulama tabanlı portalda, portletler arasındaki iletişim için "Portlet Eventing" mekanizması kullanılmıştır (HEPPER2008). Portal geliştiriminde açık kaynak kodlu yazılımlar kullanılmıştır. Bunlar; *OpenLayers*, *Liferay*, *Geoserver*, *Netbeans IDE*, *ExcataCSW sunucusu*, *Jboss Portal* bu çalışma kapsamında kullanılan açık kaynak kodlu yazılımlardır.

### 4. Sonuç

Konumsal portallar, KVA'ların gerçekleştirilmesi için önemli bir bileşendir. Bu nedenle dünya genelinde ülkeler çok sayıda konumsal portal geliştirilmişlerdir.

Geliştirilen portallar incelendiğinde, her portal için benzer veya aynı uygulamalar tekrardan geliştirilmiştir. Bu nedenle, portal geliştiriminde zaman ve kaynak kaybı ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışma kapsamında konumsal portal geliştiriminde "yeniden kullanılabilirlik" ve "birlikte işlerlik" sorunlarına çözüm getiren bir yaklaşım dile getirilmiştir. Konumsal portallar için geliştirilen web uygulamalarının yeniden kullanılabilirliği ve birlikte işlerliği sorununa, ancak geliştirilen uygulamaların belli standartlara göre düzenlenmesiyle çözüm getirilebilecektir. Bu da ancak portlet mimarisi ile mümkündür.

Ülkemizde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı gibi kurumlar portal çalışmaları içerisinde bulunmaktadır. Bu portal çalışmalarında hızlı portal geliştirimini destekleyecek teknolojilere gerek duyulmaktadır. Geliştirilecek konumsal portallar, portlet teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilmesi, bu aşamadan sonra UKVA ortamında geliştirilecek portalların hızlı geliştirilmesine büyük destek sağlayacaktır.

<sup>5</sup> Liferay Portlet Katalogu, Jboss Portlet Katalogu, IBM Lotus and WebSphere Portal Business SolutionsCatalog, Jetspeed Portlet Katalogu, SyncEX Portlet Katalogu

Portletler için Java Portlet Belirtimi (JSR 286) ve WSRP standartları mevcuttur. Bu standartlara göre hazırlanan herhangi bir portlet, bu standartları sağlayan herhangi bir portal sunucusunda çalışacaktır. Böylelikle konumsal portallar için “konumsal portletler” geliştirilerek, konumsal portallarda geliştirilen web uygulamalarının “yeniden kullanılabilirliği” sağlanabilecektir. KVA uygulamalarının gerisinde kalmış ülkelerin portallarını “hızlı” ve “kaliteli” bir şekilde geliştirilmesi için mutlaka yeniden kullanılabilir portletlerin kullanılması gerekmektedir. Belli standartlara göre hazırlanmış konumsal portallar ve portletler, hızlı ve kaliteli bir portal geliştirimi için gereklidir. Ülkemizde henüz konumsal portal geliştirimi yeterli düzeyde gerçekleşmemiştir. Dolayısıyla hızlı portal geliştirimine ihtiyaç duyulmaktadır. UKVA ortamında, konumsal portalları gerçekleştirmekte sorumlu kurum ve kuruluşlar portal oluşturulması sürecinde bu gereklilikleri göz önünde bulundurmalarıdır.

Sonuç olarak, ilgili standartların kullanılması ile yeniden kullanılabilir portletler üretilebilir ve bunlar hızlı portal geliştirmeyi gerektiren ortamlarda kullanılabilir. Diğer yandan, Portal Teknolojisi WSK açısından da bu andaki en pragmatik çözümü sunduğu söylenebilir. Her ne kadar bu tarzdaki geliştirilecek uygulamalar, iş mantığı bağlamında “sıkı-bağlı” (tightly coupled) olsa da, bu durum, UKVA gibi, servis sağlayıcıların genel amaçlı Web ortamına kıyasla çok daha kısıtlı olduğu ortamlar açısından çok büyük bir dezavantaj oluşturmayacaktır.

## Kaynaklar

- ABDELNUR, A., HEPPER, S.: **Java Portlet Specification Version 1.0**, Status: FCS Specification, Specification Lead: Sun Microsystems, Inc., Release: August 29, 2003.
- AKINCI, H., CÖMERT Ç.: **Ukva İçin Portal Teknolojisinin Değerlendirilmesi**, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 30 Ekim –02 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon, 2007.
- AKRAM A., CHOCHAN D., WANG X.D., YANG X., ALLAN R.: **A Service Oriented Architecture For Portals Using Portlets**, CCLRC e-Science Centre, CCLRC Daresbury Laboratory, Warrington WA4 4AD, UK, 2005.
- CÖMERT, Ç.: **Web Services And National Spatial Data Infrastructures, International Society Of Photogrammetry And Remote Sensing**, XXth Congress, Commission IV, WG IV/4, Spatial Data Infrastructure, 12-23 July 2004, Istanbul, Turkey, 2004.
- DEEGREE WPS: **Açık kaynak kodlu WPS sunucusu**, <http://wiki.deegree.org/deegreeWiki/deegree3/ProcessingService>, 2011.
- DIAZ O., RODRIGUEZ J.J.: **Portlets As Web Components: An Introduction**, Journal of Universal Computer Science, vol. 10, no. 4, 2004.
- DIAZ O., ITURRIOZ J., IRASTORZA A.: **Improving Portlet Interoperability Through Deep Annotation**, International worldwide Web Conference Committee (IW3C2), Chiba, Japan, s.372-381, 2005.
- EXCAT CSW SUNUCUSU: **Konumsal Veri İçin Katalog Servisi** [http://www.gdsc.nl/gdsc/en/tools/excat\\_opengis\\_csw\\_server\\_and\\_clients](http://www.gdsc.nl/gdsc/en/tools/excat_opengis_csw_server_and_clients), 2011
- GEOSPATIAL DATA SERVICE CENTRE PORTAL: **Hollanda Ulusal Konumsal Portalı**, <http://gdsc.nlr.nl/gdsc/en>, 2011
- GEO.ADMIN.CH: **İsviçre Ulusal Konumsal Portalı**, <http://www.geo.admin.ch/>, 2011
- GEOPORTAL.GOV.PL: **Polonya Ulusal Konumsal Portalı**, <http://www.geoportal.gov.pl/en/>, 2011
- GEOSERVER: **Konumsal Verinin Sunulması ve İşlenmesini Sağlayan Sunucu**, <http://geoserver.org/-display/GEOS/Welcome>, 2011
- GNII GEOPORTAL: **Litvanya Ulusal Konumsal Portalı**, <http://www.geoportal.lt>, 2011
- GO-GEO! PORTAL: **Birleşik Krallık Ulusal Konumsal Portalı**, <http://www.gogeo.ac.uk/cgi-bin/index.cgi>, 2011
- GOS PORTAL: **A.B.D. Ulusal Konumsal Portalı**, <http://gos2.geodata.gov/wps/portal/gos>, 2011
- HEPPER, S.: **Java Portlet Specification**, Version 2.0, Status: FCS Specification, Specification Lead: Sun Microsystems, Inc., Release: January 25, 2008.
- IDEA PORTAL: **İspanya Ulusal Konumsal Portalı**, [http://www.idea.es/show.do?to=pideep\\_pidee](http://www.idea.es/show.do?to=pideep_pidee), 2011
- INSPIRE,: **Inspire, Infrastructure for Spatial Information in Europe**, <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/>, 2005.
- INSPIRE GEOPORTAL: **INSPIRE kapsamında geliştirilen prototip konumsal portal**, <http://www.inspire-geoportal.eu/>, 2011
- JBOS PORTAL: **Açık Kaynak Kodlu Portal Sunucusu**, <http://www.jboss.org/jbossportal>, 2011
- LIFERAY: **Açık Kaynak Kodlu Portal Sunucusu**, <http://www.liferay.com/>, 2011
- MAGUIRE D. J., LONGLEY P. A.: **The Emergence of Geoportals and Their Role In Spatial Data Infrastructure**, Comput., Environ. and Urban Systems 29 (2005) 3–14, 2005.
- NETBEANS IDE: **Portlet Geliştirimi Ortamı**, <http://netbeans.org/>, 2011
- NORTH C.: **ESRI's Approach to Metadata and Portals**, 2006.
- OASIS WSRP: **(Web Services For Remote Portlets)**, OASIS Web Services for Remote Portlets TC Committee Specification 2.0., 2008.
- OGC: **Geospatial Portal Reference Architecture**, A Community Guide to Implementing Standards-Based Geospatial Portals, Version: 0.2, OGC 04-039, OGC Discussion Paper, 2004.
- OGC: **OpenGIS Web Processing Service, Version: 1.0.0, OGC 05-007r7**, OGC Standard, 2007.
- OPENLAYERS: **Web Haritacılık Uygulamaları İçin Açık Kaynak Kodlu Javascript Kütüphanesi**, <http://openlayers.org/>, 2011
- ORACLE,: **Oracle® WebLogic Portal Federated Portals Guide 10g Release 3 (10.3)**, 2008.
- PORTALE CARTOGRAFICO NAZIONALE: **İtalya Ulusal Konumsal Portalı**, <http://www.pcn.minambiente.it/PCN/>, 2011
- RAO R.: **Portal Server Development**, Create dynamic, feature-rich, and robust enterprise portal applications, 2009.
- SNIG PORTAL: **Portekiz Ulusal Konumsal Portalı**, <http://snig.igeo.pt/Portal/index.php>, 2011.
- YANG P., EVANS J, COLE M., MARLEY S., ALAMEH N, BAMBACUS M.: **The Emerging Concepts and Applications of the Spatial Web Portal**, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Vol. 73, No. 6, June 2007, pp. 691–698, 2007.



# Uydu Görüntülerinde Mekansal Çözünürlüğün Tarım Alanlarının ve Ürün Tiplerinin Belirlenmesine Etkisinin Araştırılması: Şanlıurfa Örneği

Uğur ALGANCI<sup>1</sup>, Elif SERTEL<sup>2</sup>, Cankut ÖRMECİ<sup>3</sup>, Mutlu ÖZDOĞAN<sup>4</sup>

## Özet

Bu araştırmada, farklı mekansal çözünürlükteki uydu görüntüleri kullanılarak tarım alanlarının ve ürün tiplerinin belirlenmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, farklı uydulardan farklı mekansal çözünürlüklerde algılanmış olan uydu görüntülerinin, Şanlıurfa ili Akçakale ilçesindeki tarım alanlarını ürün ve alan bazında ayırt etme doğruluklarını incelemektir. Kullanılan uydu görüntülerinin mekansal çözünürlükleri 2.5 m ile 30 m arasında değişmektedir. Farklı uydu verileri kontrolsüz sınıflandırma yöntemi ile sınıflandırılmış ve sınıflandırma sonucunda üretilen tarım alanlarına ait ürün tipi ve bu ürünlerin mekansal dağılımına yönelik doğruluk analizleri yer gerçeği verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma doğruluk analizleri noktasal olarak ürün bazında ve alansal olarak parsel bazında gerçekleştirilmiştir. Alansal olarak yapılan analizlerde, parsellerin geometrisi ve kapladıkları alan değerleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda ücretsiz olarak sağlanan Landsat 5 TM verisi ile aralarında önemli fiyat farkı bulunan SPOT 5 MS – SPOT 5 MS+PAN verileri arasında ekonomik fizibilite anlamında bir gereklilik – yeterlilik ilişkisinde kurulmuştur

## Anahtar Sözcükler

Uzaktan Algılama, Tarım, Sınıflandırma, Ürün Tipi, Doğruluk Analizi

## Abstract

### A Research on Effects of Spatial Resolution for Detecting Crop Areas and Crop Type with Satellite Imagery: Şanlıurfa Case Study

In this research, a study was conducted to determine the types and areas of crops using satellite images having different spatial resolution. The main purpose of the study is to determine the efficiency and accuracy of multi source satellite images, obtained over Şanlıurfa, Akçakale with different spatial resolutions, in detecting crop lands in terms of crop type and area. The spatial resolution range of used satellite images varies from 2.5 m to 30 m. Satellite images were classified using unsupervised classification technique and accuracy assessments were performed for crop type classes and their spatial distribution based on ground truth information. The accuracy assesment of crop types was done in point basis and parcel accuracy assesment was performed in areal basis. Geometric structures and coverages of the parcels were identified in areal analysis. The results of the study also established a sufficiency-necessity analysis between free of charge Landsat 5 TM images and SPOT

5 MS – SPOT 5 MS+PAN imageries that have considerable price difference.

## Key Words

Remote Sensing, Agriculture, Classification, Crop Type, Accuracy Assesment

## 1. Giriş

Küresel nüfus artışı ve buna bağlı olarak besin ihtiyacındaki artış; tarıma elverişli alanların azalması, var olan tarım alanlarında verimliliğin azalması gibi sorunlar ile birlikte değerlendirildiğinde; tarım alanlarının belirlenmesine ve ürünlerin bölgesel dağılımına ilişkin doğru ve zamanında elde edilen bilgi ekonomik, çevresel ve yönetsel anlamda büyük önem taşımaktadır.

Bu noktada uzaktan algılama sistemlerinin sağladığı sinoptik görüş ve çeşitli mekansal ve zamansal çözünürlükteki görüntü verileri, tarımsal bilginin elde edilmesinde önemli veri kaynaklarıdır. Uydu görüntüleri ile gerçekleştirilecek tarımsal çalışmalarda, farklı bitki türleri için farklı spektral yansıtım özellikleri, bitki türlerine göre değişkenlik gösteren şekil ve doku farklılıkları uzaktan algılama analizleri için kullanılabilecek önemli parametrelerdir (HARRIS, 2003). Bu parametreler göz önünde bulundurularak gerçekleştirilen analizler sonucunda uydu görüntüleri kullanılarak, ürün tipi, ürün yoğunluğu ve ürün geometrisine ilişkin bilgiler üretilebilmektedir. Bitki türlerinin ayrımının gerçekleştirilmesinde uydu verileri çözünürlük özelliklerine bağlı olarak hem makro hem de mikro ölçeklerde kullanılabilmektedir (ORMECİ vd. 2010).

Tarım alanlarının ve barındırdıkları türün belirlenmesinde uydu görüntülerinin kullanılması iki temel işlem ile tarif edilebilir. Bunlar, ürünün mekansal dağılımının ve alansal bilgisinin belirlenmesi ve bitki büyümesinin izlenmesidir. Birbiri ile ilişkili ve iç içe olarak düşünülebilecek bu iki işlem, uydu görüntülerinin mekansal ve zamansal çözünürlükleri ile doğrudan ilişkilendirilebilir (DUVEILLER vd. 2010). Özellikle benzer yansıtım özelliklerine sahip ürünlerin bir arada bulunduğu alanların incelenmesinde bitki büyüme hızlarının farklılıklarından yararlanarak tür ayrışmasının en uygun olduğu dönemin belirlenmesi ve bu dönemde analizi gerçekleştirecek uydu veri setinin temini yüksek zamansal çözünürlüklü bir uydu sistemi gerektirmektedir

Bu noktada, uygun dönemde elde edilmiş görüntülerin başta sınıflandırma olmak üzere çeşitli yöntemlerle analizi ile

<sup>1</sup> Arş. Gör., İTÜ, Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Merkezi, Maslak İstanbul

<sup>2</sup> Doç. Dr., <sup>3</sup> Prof. Dr., İTÜ, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Maslak İstanbul

<sup>4</sup> Yrd. Doç. Dr., WU, Center for Sustainability and the Global Environment, Madison USA



tarım alanların ve bitki türlerinin alansal analizinde başarımın diğer bir parametresi olarak mekansal çözünürlük karşımıza çıkmaktadır. Türlerin mekansal ve alansal analizinde, türün kapladığı tarım alanlarının büyüklüğü ve türün gösterdiği yansıtımın çevresindeki objelerin yansıtım özellikleri ile kontrastı önemli olmakla beraber algılayıcının yüzeyde ayırt edemediği yansıtım farklılıklarının yani tanımlayabildiği piksellerin alansal büyüklüğü (mekansal çözünürlüğü) önemli bir faktördür (OMKAR vd., 2008). Özellikle parsel bazında mikro ölçekli çalışmalarda düşük mekansal çözünürlüğün getirdiği heterojenlik problemi bitki türünün kapladığı alanın ve mekansal konumunun belirlenmesinde hatalarıda beraberinde getirmektedir. Düşük mekansal çözünürlüklü verilerde heterojenlik probleminin optimizasyonu için literatürde çeşitli çalışmalar mevcut olup (OZDOĞAN 2010), bir kısım araştırmacılar ise yüksek çözünürlüklü veriler ile analiz yoluna gitmektedir (GONZALEZ vd. 2009; PAN vd. 2009).

Çalışmanın temel amacı fenolojik sürece uygun olarak elde edilen aynı tarihli farklı mekansal çözünürlüklü verileri kullanarak pilot bölgede tarım alanlarının ve ürün tiplerinin belirlenmesi ve mekansal çözünürlüğün bu analizin doğruluğuna etkilerinin araştırılmasıdır. Çalışmada Şanlıurfa ili için pamuk ve mısır ürünlerinin fenolojik gelişim süreçlerine bağlı olarak uydu görüntüleri ile tesbit edilebilecekleri uygun dönemlerden birisi olan Ağustos 2010 dönemine ait uydu görüntüleri kullanılmıştır. Görüntüler sırası ile 21.08.2010 tarihli, 30 m mekansal çözünürlüklü Landsat 5 TM, 22.08.2010 tarihli, 10 m mekansal çözünürlüklü SPOT 5 MS, ve yine aynı tarihli 2,5 m ve 5 m mekansal çözünürlüklü SPOT 5 MS+PAN şeklindedir.

Çalışmada standart görüntülere ek olarak bitki varlığının ve yoğunluğunun tesbit edilmesinde sıkça kullanılan NDVI verisi üretilmiş ve görüntülere kanal olarak eklenerek analiz sürecine katılmıştır. Ayrıca mavi dalga boyunda algılama yapmayan SPOT uydusuna ait görüntüler için yapay mavi kanal üretilerek görüntülere eklenmiş ve analizin başarımı bu veri seti içinde değerlendirilmiştir.

## 2. Çalışma Alanı

Bu araştırmada, Türkiye tarımsal üretiminde önemli bir paya sahip illerinden biri olan ve Güneydoğu Anadolu bölgesinin en önemli ve en büyük tarım arazilerinin bulunduğu Şanlıurfa iline ait Akçakale ilçesi, çalışma alanı olarak seçilmiştir. Şanlıurfa ili, 18584 kilometrekare yüzölçümü ile Türkiye'nin yedinci büyük ilidir. Türkiye pamuk üretiminin %35'i, buğday üretiminin %8'i, fıstık üretiminin %55'i Şanlıurfa'da gerçekleşmektedir. Bunların yanı sıra, sıralı ekim çerçevesinde mısır, mercimek, arpa, elma ve nohut ülke ölçeğinde önemli miktarlarda Şanlıurfa'da yetiştirilmektedir.

Akçakale ilçesi, Şanlıurfa ilinin güneybatı bölümünde yer almakta olup, Harran ovasının bir kısmını da sınırları içinde barındırmaktadır. İlçenin temel gelir kaynağı tarımdır. Pamuk ve buğday en çok yetiştirilen ürünler arasındadır. Ayrıca, önemli ölçüde mısır tarımı da yapılmaktadır. Güney Suriye ile sınır olan ilçe, Ceylanpınar ve Koruklu ilçeleri ile beraber Tarım Bakanlığı'na bağlı Türkiye'nin en geniş tarım alanlarını barındırmaktadır.

## 3. Uygulama

### 3.1. Uydu Verilerinin Ortorektifikasyonu ve Ön işleme

Orijinal uydu görüntüleri, genelde sistematik veya sistematik olmayan geometrik distorsiyonları içerdiğinden harita amaçlı kullanılmazlar. Bu distorsiyonlar yükseklikteki, konumdaki ve algılayıcı platformun hızındaki değişimlerden, yeryüzü eğriliği ve atmosferik kırılma gibi birçok etkenden kaynaklanmaktadır. Ortorektifikasyonun amacı, bu faktörlerle oluşan distorsiyonları gidererek, düzeltilmiş dijital görüntünün yeryüzünün geometrik yapısına ve tanımlanmış koordinat sistemine uygun 2 boyutlu düzlemle ilişkilendirilmesini sağlamaktır.

Bu çalışmada kullanılan uydu görüntülerinin ortorektifikasyon işleminde ASTER GDEM verisi yükseklik referansı olarak, 2006 tarihli 1 metre mekansal çözünürlüklü ortorektifiye IKONOS görüntüsü ise yer kontrol noktası referansı olarak kullanılmıştır. ASTER GDEM verisi coğrafi projeksiyon sisteminde olup, referans elipsoidi ve datumu WGS 84; IKONOS verisi ise UTM projeksiyon sisteminde olup, referans elipsoidi ve datumu yine WGS 84'tür. Çalışma alanı için 26 adet yer kontrol noktası kullanılarak gerçekleştirilen ortorektifikasyon işlemi, SPOT 5 2.5 m çözünürlüklü kaynaştırılmış veri için  $\pm 1.20$  m, SPOT 5 5 m çözünürlüklü kaynaştırılmış veri için  $\pm 3.10$  m, SPOT 5 10m çözünürlüklü veri için  $\pm 4.19$  m, Landsat 5 TM verisi için  $\pm 8.50$  m karesel ortalama hata ile gerçekleştirilmiş olup, bu değerler 0.5 piksel hata sınırı içinde kalmaktadır.

Ortorektifikasyon işlemi tamamlandıktan sonra SPOT 5 verisi için iki çerçevenin mozaiklenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem esnasında örtüşüm alanlarında histogram eşleştirme gerçekleştirilmiş ve sonuç görüntüsü örtüşüm alanlarında renk geçişleri kontrol edilerek tamamlanmıştır.

Sonraki adımda görüntüler ilçe sınırından kesilerek çalışma alanı görüntüleri oluşturulmuştur. Sınıflandırmada yansıtım kanalları kullanılacağı için Landsat 5 verisinin sahip olduğu ıslık kanal görüntüden çıkarılmıştır. SPOT 5 verisi mavi dalga boyunda algılanmış bir kanala sahip olmadığı için sentetik mavi kanal oluşturmak amacı ile ERDAS yazılımının SPOT 4 verisi için var olan "Natural Color" modelinde değişiklik yapılarak model SPOT 5 verisine uyarlanmış ve bu aşamada model, üç kanallı standart çıktı verisi yerine, sentetik mavi band ve tüm orijinal veri bandlarını içerecek çıktı verisi üretecek şekilde değiştirilmiştir. Çıktı sonuç verisi Şekil 1'de verilmiştir.

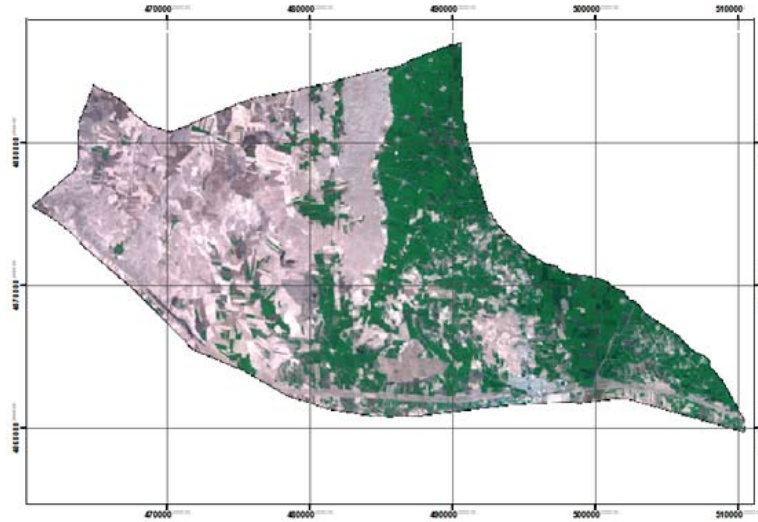
Daha sonra görüntüler kullanılarak Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI) üretilmiştir. Landsat görüntüsü için model hazır olmakla beraber, Spot 5 verisi için yine ERDAS yazılımında işlemi gerçekleştirecek model "model maker" ara yüzünde hazırlanmıştır. Orijinal multispektral görüntülerden üretilen NDVI görüntüleri, sınıflandırmaya dahil edilmek üzere görüntülerle katman birleştirme işlemine tabi tutulmadan önce yeniden örneklendirilerek ilgili görüntünün mekansal çözünürlüğüne getirilmiştir. NDVI verisinin katman olarak katıldığı 2,5 m çözünürlüklü SPOT 5 görüntüsü Şekil 2'de gösterilmektedir.

### 3.2. Uydu Verilerinin Sınıflandırılması ve Doğruluk Analizi

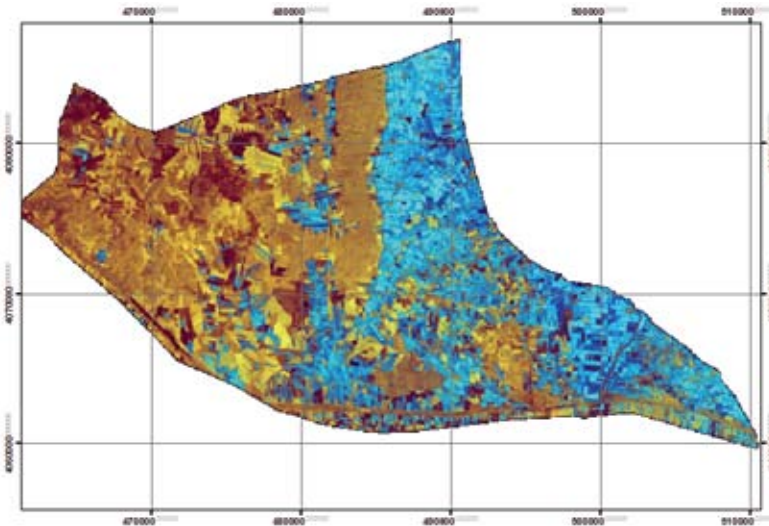
Çalışmada, verilerin mekansal çözünürlüklerinin başarıma etkisi temel araştırma konusunu oluşturduğundan, spektral kümelerin oluşturulmasında kullanıcıdan bağımsız bir yapıya sahip olan kontrolsüz sınıflandırma yönteminin kullanılması uygun görülmüştür. Bu piksel tabanlı sınıflandırma yaklaşımı, görüntüdeki pikselleri, boyutu görüntüdeki kanal sayısı ile aynı olan spektral uzayda tanımlayarak sınıflandırır. İşlemin sonucu algoritma tarafından otomatik olarak oluşturulmuş spektral kümelerdir (FOODY 2002). Sınıflandırma işlemi, ortorektifikasyonu gerçekleştirilmiş veri setleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma, ISODATA

kontrolsüz sınıflandırma algoritması kullanılarak 30 küme oluşturacak şekilde gerçekleştirilmiş olup iterasyon sayısı 50, her piksel için sınıf aitliği yakınsama değeri 0.99 olacak şekilde işlem tamamlanmıştır. Her iki veri için sınıflandırma işlemi 50 iterasyona ulaşmadan istenilen yakınsaklık değeri elde edilmiştir.

Oluşturulan kümeler, yer doğruluklu veri ve görsel pattern tanımlama kullanılarak dönem için var olan temel 5 sınıfı oluşturmak için birleştirme işlemine tabi tutulmuştur. Şekil 3’de örnek olarak 2.5 m çözünürlüklü SPOT 5 görüntüsünün sınıflandırma sonucu gösterilmektedir. Oluşan sınıfların alansal büyüklükleri tüm veri setleri için karşılaştırmalı olarak Tablo 1’de verilmiştir.



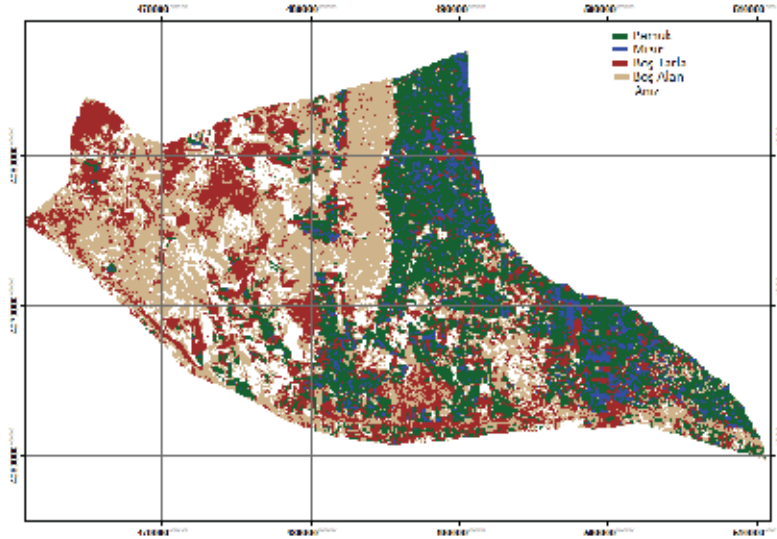
Şekil 1: 21.10.2010 tarihli SPOT 5 2,5 m doğal renkli ortorektifiye uydu görüntü mozaïği (Kırmızı/Yeşil/Sentetik Mavi)



Şekil 2: 21.10.2010 tarihli SPOT 5 2,5 m NDVI ekli uydu görüntü mozaïği (Kırmızı/NIR/NDVI)

Uzaktan algılanmış verilerin sınıflandırma doğruluğunun belirlenmesine yönelik literatürde birçok çalışma mevcuttur (CONGALTON ve GREEN 1999; KOUKOULAS ve BLACKBURN 2001). Bunların arasında en geniş kullanıma yer bulan yöntem, hata matrisi ve bu matristen üretilen doğruluk metrikleridir. Hata matrisinden üretilen bu metrikler

temel olarak, üretici doğruluğu, kullanıcı doğruluğu, toplam doğruluk, koşullu kappa katsayısı ve toplam kappa katsayısı şeklindedir (FOODY 2002). Doğruluk analizinde hata matrisi, tanımlanmış noktasal konumlar için, görüntü sınıf etiketi ve karşılık geldiği referans sınıf etiketinin çapraz tablolama ile tanımlanmasıdır.



Şekil 3: 21.10.2010 tarihli SPOT 5 2,5 m çözünürlüklü görüntü sınıflandırma sonucu

Tablo 1: Arazi kullanım sınıflarının hektar bazında alansal analizi

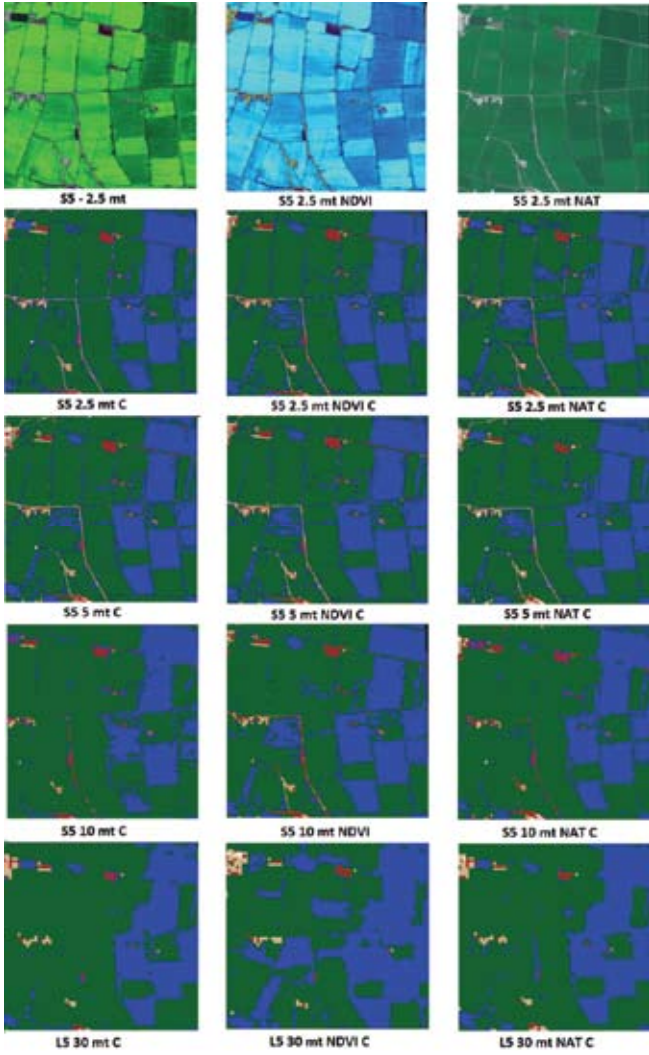
| Sınıf     | Alan (ha) |              |             |         |             |            |
|-----------|-----------|--------------|-------------|---------|-------------|------------|
|           | S5 2.5m   | S5 2.5m NDVI | S5 2.5m NAT | S5 5m   | S5 5m NDVI  | S5 5m NAT  |
| Pamuk     | 17963,2   | 18333,6      | 18374,9     | 18261,4 | 18361,0     | 18596,4    |
| Mısır     | 3973,7    | 3841,6       | 4448,6      | 3890,9  | 3806,0      | 4010,8     |
| Boş Tarla | 16048,5   | 16303,4      | 15283,4     | 15873,4 | 16143,9     | 14551,0    |
| Boş Alan  | 22221,2   | 21921,9      | 20195,1     | 22185,2 | 21933,1     | 20170,4    |
| Anız      | 8818,2    | 8624,3       | 10722,8     | 8825,1  | 8792,0      | 11707,5    |
| TOP.      | 69024,8   | 69024,8      | 69024,8     | 69036,1 | 69036,1     | 69036,1    |
|           | S5 10m    | S5 10m NDVI  | S5 10m NAT  | L5 30m  | L5 30m NDVI | L5 30m NAT |
| Pamuk     | 18456,3   | 18204,2      | 18481,5     | 18566,7 | 18420,7     | 18780,7    |
| Mısır     | 4012,0    | 3822,2       | 4030,1      | 4051,7  | 4127,9      | 4327,9     |
| Boş Tarla | 16677,9   | 16797,6      | 14244,9     | 16160,9 | 16298,8     | 16698,8    |
| Boş Alan  | 21567,0   | 21698,6      | 20187,5     | 22054,3 | 21471,7     | 20011,6    |
| Anız      | 8363,6    | 8554,2       | 12132,7     | 8370,1  | 8884,6      | 9384,7     |
| TOP.      | 69076,6   | 69076,6      | 69076,6     | 69203,6 | 69203,6     | 69203,6    |

Bu çalışmada gerçekleştirilen doğruluk analizi için SPOT 5 2,5 m çözünürlüklü görüntüsü üzerinde 150 adet rastlantısal kontrol noktası oluşturulmuş, bu noktalar ve noktalara iliş-

kin referans sınıf etiketleri tüm sınıflandırılmış görüntülerin doğruluk analizinde kullanılmak üzere kaydedilmiştir. Nokta dağılımı sınıfların alansal dağılımı ile orantılı olarak seçilmiştir. Analiz sonucunda Hata matrisi tablosu, Doğruluk tablosu ve Kappa istatistikleri oluşturulmuştur (Tablo 2).

Ürün bazında noktasal olarak gerçekleştirilen doğruluk analizinden sonra, parsellerin geometrik şekil korunumlarının ve kapladıkları alan büyüklüklerinin incelendiği alansal doğruluk analizi gerçekleştirilmiştir. Şekil 4'te bu analizin bir parçası olan sınıflandırma sonuçlarının yakın görünümünün örnekleri mevcuttur. Yakın görünüm örnekleri içerisinde sınıflandırılmış görüntüler üzerinde tarım parsellerinin sayısallaştırılması ile elde edilen vektör veri, aynı bölgenin IKONOS görüntüsünün sayısallaştırılması ile elde edilen vektör veri ile geometrik şekil ve alan yönünden karşılaştırılmıştır. Şekil 5'te IKONOS görüntüsünden elde edilen vektör veri ile parsellerin büyük oranda tanımlanabildiği en düşük çözünürlüklü veri olan 10 m çözünürlüklü SPOT 5 sınıflandırılmış görüntüsünden elde edilen vektör verinin birlikte gösterimi mevcuttur. Tablo 3 'te ise farklı mekansal çözünürlüklü sınıflandırılmış görüntülerin sayısallaştırma sonuçlarının alansal analizi oransal hata değerleri ile birlikte verilmektedir. Beklenildiği gibi en düşük hata değerleri 2.5m çözünürlüklü SPOT 5 görüntülerinden elde edilmiştir. 1,7365 ha büyüklüğündeki bir parselin ise sadece 2,5 m çözünürlükte ayırt edilebildiği tespit edilmiştir. 5m çözünürlüklü uydu görüntüsünden elde edilebilecek minimum tarla büyüklüğü hakkında yorum yapabilmek için bu bilgi önemlidir. Ayrıca, tüm çalışma alanı için gerçekleştirilen sınıflandırma sonuçlarının alansal büyüklüklerinin karşılaştırılması da (Tablo 1) alansal analizin bir parçası olarak değerlendirilebilir.





Şekil 4: Farklı mekansal çözünürlüklere sahip görüntü setlerinin sınıflandırma sonuçlarına ait yakın görünüm örnekleri.



Şekil 5: Tarım parsellerinin sayısalılaştırma ile oluşturulan vektör verilerinin karşılaştırılması (IKONOS – SPOT 5 10m).

#### 4. Bulgular

Bu çalışmada farklı mekansal çözünürlükteki uydu görüntüleri kullanarak, mekansal çözünürlüğün tarım alanlarının tespiti ve ürün tiplerinin belirlenmesine yönelik etkisi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında İTÜ-UHUZAM bünyesindeki uydu görüntülerinden yararlanıldığı için en yüksek mekansal çözünürlük olarak 2,5 m SPOT-5 verisi kullanılmıştır. Araştırma sonuçları, 2,5 m-30 m aralığında değişen farklı mekansal çözünürlükteki uydu görüntülerinden elde edilmiştir. Çalışmanın esas hedefi mekansal çözünürlükteki değişimin tarım parsellerini ayırt etmedeki etkisini incelemek olduğu için radyometrik ve spektral çözünürlük etkisini minimize etmek amacıyla, 8 bitlik radyometrik çözünürlükteki Landsat 5 TM ve SPOT 5 görüntüleri kullanılmış ve her iki uydu sisteminde de spektral olarak benzer olan bantlar çalışmaya dahil edilmiştir.

Çalışma sonuçları değerlendirildiğinde, tarım parsellerinin büyüklüğü, komşu parsellerdeki ürün çeşitliliği ve tarım alanları etrafında farklı arazi örtü tiplerinin olup olmaması (uydu görüntüsünde ilgili tarım alanı ile çevresi arasındaki kontrast farklılıkları) durumunda farklı sonuçlar elde edilmiş olup, değişen mekansal çözünürlükte birlikte tarım alanların ayırt edilebilirliğinde farklılıklar ortaya çıkmıştır. Çalışma kapsamında incelenen Akçakale ilçesi; farklı büyüklükte benzer ya da farklı ürünlerin yakın komşulukta ekildiği araştırmaya konu olabilecek tarım parsellerini içermektedir. Bu amaçla bir parselin etrafında farklı arazi örtüsü türleri olduğunda parsel büyüklüğüne ve mekansal çözünürlüğe bağlı ayırt edilebilirliği ve/veya bir parselin etrafında benzer arazi örtüsü türleri olduğunda parsel büyüklüğüne ve mekansal çözünürlüğe bağlı ayırt edilebilirliği detaylı olarak incelenmiştir. Hata matrisi sonucunda elde edilen doğruluk değerleri incelendiğinde üretici ve kullanıcı doğrulukları ve kappa değerleri mekansal çözünürlük arttıkça yükselmiştir (Tablo 2).

30 m çözünürlüklü Landsat 5 TM verilerinin sınıflandırma sonuçları değerlendirildiğinde, noktasal doğruluk analizinde, üretici, kullanıcı ve genel doğruluk değerlerinin ve kappa katsayılarının diğer veri setlerine göre belirgin bir biçimde düşük çıktığı gözlemlenmektedir. Ayrıca alansal olarak doğruluk irdelendiğinde, Landsat 5 TM görüntüsünde sınıf konumları korunmakla beraber parsel geometrisinde bozulmalar ve alansal korunum problemleri meydana gelmektedir.

5 m mekansal çözünürlüklü SPOT 5 görüntüsü ve 2,5 m mekansal çözünürlüklü SPOT 5 görüntüsü ile elde edilen sınıflandırma sonuç görüntülerinin noktasal doğruluk analizleri karşılaştırıldığında, bu çözünürlüklerdeki tüm veri setleri için efektif bir doğruluk artışına rastlanmamaktadır.

Ürün bazında değerlendirme yapıldığında mısır bitkisi sıralı ekim yapısı nedeni ile daha homojen yapıya sahip pamuk bitkisine oranla daha düşük doğrulukla belirlenebilmektedir. SPOT 5 verileri için durum incelendiğinde bu görüntülere sentetik olarak üretilip eklenen mavi kanal yüzey dokularında homojenliği artırmıştır. Artan homojenlik mısır bitkisi için noktasal temelde doğruluğu artırsa da bu durum görüntüde mısır alanlarının olması gerekenden fazla miktarda ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu görüntülerde alansal artış problemi özellikle anız sınıfında açık bir şekilde görülmektedir.

Tablo 2: Çalışmada sınıflandırılan veriler için doğruluk analizi tablosu

| Sınıf/Veri   | S5 2.5 m (4 band) |             |       | S5 2.5 m NDVI (5band) |             |       | S5 2.5 m NAT (5 band) |             |       |
|--------------|-------------------|-------------|-------|-----------------------|-------------|-------|-----------------------|-------------|-------|
|              | Ür. Doğ.(%)       | Kul. Doğ(%) | Kc    | Ür. Doğ.(%)           | Kul. Doğ(%) | Kc    | Ür. Doğ.(%)           | Kul. Doğ(%) | Kc    |
| Pamuk        | 93,33             | 90,32       | 0,879 | 96,67                 | 85,29       | 0,816 | 96,67                 | 82,86       | 0,786 |
| Mısır        | 78,57             | 91,67       | 0,908 | 64,28                 | 75,00       | 0,724 | 71,42                 | 76,92       | 0,746 |
| Boş Tarla    | 86,11             | 96,88       | 0,959 | 83,33                 | 88,24       | 0,845 | 77,78                 | 93,33       | 0,912 |
| Boş Alan     | 90,91             | 80,00       | 0,717 | 88,64                 | 84,78       | 0,785 | 81,82                 | 80,00       | 0,717 |
| Anız         | 84,62             | 88,00       | 0,855 | 84,62                 | 91,66       | 0,899 | 84,62                 | 81,48       | 0,776 |
| Top. Doğ.(%) |                   | 88,00       | 0,845 |                       | 86,00       | 0,819 |                       | 83,33       | 0,786 |
| Sınıf/Veri   | S5 5 m (4 band)   |             |       | S5 5 m NDVI (5band)   |             |       | S5 5 m NAT (5band)    |             |       |
|              | Ür. Doğ.(%)       | Kul. Doğ(%) | Kc    | Ür. Doğ.(%)           | Kul. Doğ(%) | Kc    | Ür. Doğ.(%)           | Kul. Doğ(%) | Kc    |
| Pamuk        | 90,00             | 90,00       | 0,875 | 96,67                 | 87,88       | 0,849 | 96,67                 | 76,32       | 0,704 |
| Mısır        | 85,71             | 80,00       | 0,779 | 64,29                 | 81,82       | 0,800 | 71,43                 | 90,91       | 0,900 |
| Boş Tarla    | 86,11             | 93,94       | 0,920 | 80,56                 | 85,29       | 0,807 | 66,67                 | 92,31       | 0,899 |
| Boş Alan     | 90,91             | 80,00       | 0,717 | 93,18                 | 80,39       | 0,723 | 75,00                 | 73,33       | 0,623 |
| Anız         | 80,77             | 95,45       | 0,945 | 76,92                 | 95,24       | 0,942 | 80,77                 | 72,41       | 0,666 |
| Top. Doğ.(%) |                   | 87,33       | 0,837 |                       | 85,33       | 0,810 |                       | 78,00       | 0,718 |
| Sınıf/Veri   | S5 10 m (4 band)  |             |       | S5 10 m NDVI (5band)  |             |       | S5 10 m NAT (5band)   |             |       |
|              | Ür. Doğ.(%)       | Kul. Doğ(%) | Kc    | Ür. Doğ.(%)           | Kul. Doğ(%) | Kc    | Ür. Doğ.(%)           | Kul. Doğ(%) | Kc    |
| Pamuk        | 93,33             | 84,85       | 0,811 | 100,00                | 88,24       | 0,853 | 93,33                 | 82,35       | 0,779 |
| Mısır        | 71,43             | 76,92       | 0,746 | 71,43                 | 90,91       | 0,900 | 78,57                 | 78,57       | 0,764 |
| Boş Tarla    | 72,22             | 86,67       | 0,825 | 80,56                 | 80,56       | 0,744 | 61,11                 | 91,67       | 0,890 |
| Boş Alan     | 86,36             | 74,51       | 0,640 | 86,36                 | 79,17       | 0,705 | 77,27                 | 70,83       | 0,587 |
| Anız         | 80,77             | 91,30       | 0,895 | 76,32                 | 95,24       | 0,942 | 80,77                 | 70,00       | 0,637 |
| Top. Doğ.(%) |                   | 82,00       | 0,767 |                       | 84,67       | 0,801 |                       | 77,33       | 0,709 |
| Sınıf/Veri   | L5 30 m (4 band)  |             |       | L5 30 m NDVI (5band)  |             |       | L5 30 m NAT (5band)   |             |       |
|              | Ür. Doğ.(%)       | Kul. Doğ(%) | Kc    | Ür. Doğ.(%)           | Kul. Doğ(%) | Kc    | Ür. Doğ.(%)           | Kul. Doğ(%) | Kc    |
| Pamuk        | 83,33             | 71,43       | 0,643 | 93,33                 | 80,00       | 0,750 | 80,00                 | 68,57       | 0,607 |
| Mısır        | 64,29             | 69,23       | 0,661 | 78,57                 | 84,62       | 0,830 | 57,14                 | 72,73       | 0,699 |
| Boş Tarla    | 66,67             | 70,59       | 0,613 | 75,00                 | 77,14       | 0,699 | 63,89                 | 74,19       | 0,660 |
| Boş Alan     | 84,09             | 77,08       | 0,676 | 77,27                 | 75,55       | 0,654 | 84,09                 | 67,27       | 0,537 |
| Anız         | 61,54             | 80,00       | 0,758 | 69,23                 | 81,82       | 0,780 | 61,54                 | 88,89       | 0,866 |
| Top. Doğ.(%) |                   | 74,00       | 0,664 |                       | 78,66       | 0,725 |                       | 72,00       | 0,636 |

Tablo 3: Sayısallaştırma ile oluşturulan parsel alanları ve oransal hata analizi.

|      | ALAN (ha) |         |                   |                   |                   | ORANSAL HATA |       |        |        |
|------|-----------|---------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|-------|--------|--------|
| NO   | IKONOS    | S5 2,5m | S5 5m             | S5 10m            | L5 30m            | S5 2,5m      | S5 5m | S5 10m | L5 30m |
| 0    | 23,04     | 22      | 22,12             | 22,29             | 0,00 <sup>a</sup> | 0,05         | 0,04  | 0,03   | 1      |
| 1    | 1,41      | 1,43    | 1,46              | 2,4               | 1,76              | -0,01        | -0,04 | -0,7   | -0,25  |
| 2    | 24,2      | 24,58   | 26,01             | 26,2              | 0,00 <sup>a</sup> | -0,02        | -0,07 | -0,08  | 1      |
| 3    | 1,74      | 1,85    | 0,00 <sup>a</sup> | 0,00 <sup>a</sup> | 1,54              | -0,06        | 1     | 1      | 0,11   |
| 4    | 17,91     | 17,87   | 17,62             | 17,81             | 0,00 <sup>a</sup> | 0            | 0,02  | 0,01   | 1      |
| 5    | 3,47      | 3,51    | 3,54              | 4,13              | 4,11              | -0,01        | -0,02 | -0,19  | -0,18  |
| 6    | 11,37     | 11,48   | 11,63             | 11,96             | 11,3              | -0,01        | -0,02 | -0,05  | 0,01   |
| 7    | 17,34     | 17,35   | 17,39             | 17,48             | 15,16             | 0            | 0     | -0,01  | 0,13   |
| 8    | 9,2       | 9,1     | 9,01              | 8,9               | 7,9               | 0,01         | 0,02  | 0,03   | 0,14   |
| 9    | 14,28     | 14,2    | 13,99             | 14,31             | 12,53             | 0,01         | 0,02  | 0      | 0,12   |
| 10   | 16,63     | 16,58   | 16,63             | 13,51             | 17,84             | 0            | 0     | 0,19   | -0,07  |
| 11   | 5,38      | 5,85    | 6,46              | 6,92              | 6,63              | -0,09        | -0,2  | -0,29  | -0,23  |
| 12   | 31,75     | 31,75   | 31,94             | 34,66             | 0,00 <sup>a</sup> | 0            | -0,01 | -0,09  | 1      |
| 13   | 8,21      | 8,56    | 8,78              | 7,02              | 8,56              | -0,04        | -0,07 | 0,14   | -0,04  |
| 14   | 9,65      | 9,72    | 9,79              | 10,27             | 0,00 <sup>a</sup> | -0,01        | -0,01 | -0,06  | 1      |
| 15   | 17,73     | 18,62   | 19,1              | 20,71             | 16,06             | -0,05        | -0,08 | -0,17  | 0,09   |
| 16   | 18,16     | 18,31   | 17,5              | 18,12             | 0,00 <sup>a</sup> | -0,01        | 0,04  | 0      | 1      |
| 17   | 4,26      | 3,76    | 3,54              | 2,8036            | 6,96              | 0,12         | 0,17  | 0,34   | -0,63  |
| Top. | 235,7     | 236,54  | 236,5             | 239,47            | -----             | -----        | ----- | ----   | ----   |



Orjinal multispektral görüntülerden üretilen NDVI verisinin, görüntüye eklenmesi ile oluşturulan veri setlerinin sınıflandırma sonuçları incelendiğinde, orjinal multispektral görüntülerde sınıflandırma doğruluğunun arttığı, veri kaynaştırma yöntemi (pansharpening) ile elde edilen 2,5 m ve 5 m çözünürlüklü SPOT 5 verilerinde ise doğruluğun azaldığı söylenebilir. Bu durumun nedeni, 10 m çözünürlüklü multispektral görüntüden üretilen NDVI verisinin, yüksek çözünürlüklü veriye entegrasyonundan önce çözünürlüklerin eşitlenmesi sırasında uygulanan yeniden örnekleme işleminin görüntü spektral duyarlılığına etkisi ile açıklanabilir.

## 5. Sonuçlar

Sonuç olarak bu çalışma ile analiz algoritması sabit tutularak mekansal çözünürlüğün tarım alanlarının belirlenmesi ve tür ayırımında etkisi ortaya konmuştur. Ayrıca veri setlerine eklenen indeks verisinin ve sentetik kanalın sınıflandırma doğruluğuna etkileri de gözlemlenmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki, mekansal çözünürlük arttıkça tarım parsellerin belirlenebilirliği artmıştır. Fakat büyük ve etrafında farklı arazi örtüsü türleri olan tarım parselleri orta mekansal çözünürlükteki uydu görüntüleri ile de tespit edilebilmektedir. Gerçekleştirilecek olan çalışmanın ölçeği, tanımlanması hedeflenen en küçük parsel boyutu, komşu parseller arasında farklı ürün tiplerinin olup olmaması ve çalışılacak alanın büyüklüğüne göre farklı çalışmalar için farklı mekansal çözünürlükteki veriler kullanılabilir. Çevresi ile farklı özellikler gösteren yaklaşık 1,5 ha büyüklüğündeki bir tarım parseli Landsat 5 TM verisi ile ayırt edilebilirken, çevresi ile benzer özellikler gösteren 32 ha büyüklüğündeki bir tarım parseli aynı veri ile tespit edilememiştir. Genel olarak 2,5 m mekansal çözünürlükteki SPOT-5 verileri ile 1,5 ha ve daha büyük olan tarım parselleri ayırt edilebilmiştir. Parsellerdeki ürünlerin belirlenmesinde de bu veri başarılı sonuç üretmiştir. Ürün çeşitlerinin belirlenmesi için uygun zamanda görüntü alınmış olması da büyük bir etkidir. Daha küçük boyuttaki tarım parsellerinin ayırt edilebilmesi için, çok yüksek mekansal çözünürlüklü verilerin kullanılması gerekebilir. Bu aşamada, çalışılacak alanın büyüklüğü de önem kazanmaktadır, nitekim SPOT-5 ve Landsat 5 TM görüntüleri ile büyük alanların çalışılması mümkün olmaktadır. Landsat 5 TM verisi bölgesel ölçekteki çalışmalar için uygun olacaktır. Parsel bazında gerçekleştirilecek çalışmalarda ise daha yüksek mekansal çözünürlüğe ihtiyaç vardır.

## Teşekkür

Bu çalışma İTÜ –UHUZAM ve TAGEM eş yürütücülüğünde gerçekleştirilen 2000A020010 nolu “Tarımsal Rekolte Tahmin ve Kuraklık İzleme” DPT projesi kapsamında elde edilen veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

## Kaynaklar

- CONGALTON, R. G., and GREEN, K.: **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1999.
- DUVEILLER, G., DEFOURNY, P.: **A conceptual framework to define the spatial resolution requirements for agricultural monitoring using remote sensing**. Remote Sensing of Environment, 114: 2637–2650, 2010.
- FOODY, G.M.: **Status of land cover classification accuracy assessment**. Remote Sensing of Environment, 80:185–201, 2002.
- HARRIS, R.: **Remote sensing of agriculture change in Oman**, International Journal of Remote Sensing, 24(23): 4835–4852, 2003
- GONZÁLEZ, I.L.C, GRANADOS, F.L, FERRER, A.G, BARRAGAN, J. M.P, EXPÓSITO, M.J, ORDEN, M.S., AUDICANA, M.G.: **Object- and pixel-based analysis for mapping crops and their agro-environmental associated measures using QuickBird imagery**. Computers and Electronics in Agriculture, 68:207–215, 2009.
- KOUKOULAS, S., BLACKBURN, G. A.: **Introducing new indices for accuracy evaluation of classified images representing semi-natural woodland environments**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 67: 499– 510, 2001.
- OMKAR, S.N., SENTHILNATH, J., MUDIGERE, D., KUMAR M.M.: **Crop Classification using Biologically-inspired Techniques with High Resolution Satellite Image**. Journal of Indian Society of Remote Sensing, 36:175-182, 2008.
- ÖRMECİ, C., ALGANCI, U., SERTEL, E.: **Identification of Crop Areas Using SPOT-5 Data**, Proceedings of the FIG Congress 2010, 11-16 April 2010, Sydney, Australia, 2010
- OZDOĞAN, M.: **The spatial distribution of crop types from MODIS data: Temporal unmixing using Independent Component Analysis**, Remote Sensing of Environment, 114(6): 1190-1204, 2010.
- PAN, G., SUN, G-J., LI, F-M.: **Using QuickBird imagery and a production efficiency model to improve crop yield estimation in the semi – arid hilly Loess Plateau, China**. Environmental Modelling & Software, 24: 510 – 516, 2009.

## Çıkış Mülakatı Tekniğinin Geomatik Mühendisliği Programı Eğitim Kalitesini Arttırmak Amacıyla Kullanımı

Dursun Zafer ŞEKER<sup>1</sup>, Necla ULUĞTEKİN<sup>1</sup>, Çiğdem GÖKSEL<sup>2</sup>, Hande DEMİREL<sup>3</sup>, Ahmet Özgür DOĞRU<sup>2</sup>, Ufuk ÖZERMAN<sup>4</sup>, Cengizhan İPBÜKER<sup>1</sup>, Ergin TARI<sup>1</sup>

### Özet

*Bu çalışmada, İTÜ Geomatik Mühendisliği Programının kalite güvence sistemi dahilinde değerlendirilmesi için yararlanılan çıkış mülakat teknikleri ele alınmıştır. Doğrudan bir değerlendirme yöntemi olarak çıkış mülakatı, mezun olan öğrencinin bölümü ile yaptığı görüşme olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle bu görüşme bazı platformlarda mezuniyet mülakatı olarak ta isimlendirilmektedir. Çıkış mülakatı mezuniyet sonrasında, 35 yeni mezuna uygulanmıştır. Komisyon, Akademik Değerlendirme ve Kalite Geliştirme Komisyonunun da desteği ile hazırladığı anketi mezunlarla yaklaşık 30 dakika süren yüz yüze görüşme ile gerçekleştirmiştir. Mezunlar tarafından sağlanan bu geri beslemenin değeri çok fazladır. Belirlenmiş, analiz edilmiş ve değerlendirilmiş olan bu görüşmelerin sonuçları bu çalışmada genel olarak ele alınmış ve tartışılmıştır.*

### Anahtar Sözcükler

Eğitim, Geomatik, Akreditasyon, Çıkış mülakatı, Kalite.

### Abstract

#### Using Exit Interview Techniques to Increase the Quality of Education at Geomatics Engineering Program

*Within this study, to assess the quality of Geomatics Engineering Program in ITU, the exit interview techniques are introduced. An exit interview is a direct assessment method conducted by the department of a graduating student. Thus this approach is named as graduation interview in several platforms. Within the department, exit interview was conducted by the Commission organized by three lecturers. The exit interview was applied to 35 recent graduates, after their graduation. The Commission prepared a questionnaire with the commission of Academic Evaluation and Quality Assurance, where interviews are conducted as face-to-face interview lasting 30 minutes. Graduating seniors are requested to complete an Exit Survey and participate in an Exit Interview conducted after the presentation of final graduation thesis. The feedback provided by graduating seniors is invaluable to the Department. The results of these interviews are documented, analyzed and evaluated, and are going to be discussed in detail within this study. The results are very promising. The question "Would you recommend this program?", are being answered positively by all graduates, expect one. With the given answers to the other questions, the exit interview has introduced very valuable input to the efforts of continuous improvement of the Geomatics Engineering Program.*

### Key Words

Education, Geomatics, Accreditation, Exit interview, Quality.

### 1. Giriş

Günlük hayatta karşılaştığımız ve ülkemizde de artık farklı kurum ve kuruluşlarda yoğun olarak gerçekleştirilen Çıkış Mülakatı, genel anlamıyla işten ayrılmak üzere olan bir çalışan ile kurumu (ya da şirketi) temsil eden kişi (genellikle insan kaynakları müdürü) arasında geçen ve çalışanın şirketten ayrılma nedenlerinin tartışıldığı, katılımın zorunlu olmadığı bir görüşmedir (SERRAT 2008, URL-1). Görevinden ayrılmak üzere olan bir çalışandan ayrılma nedeni her ne olursa olsun çıkış mülakatına katılması istenebilir. Çıkış mülakatı için değişik yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden en çok tercih edileni yüz yüze yapılan mülakatlardır. Ayrıca çıkış mülakatı telefonla, anket ya da internet sitesi aracılığıyla da yapılabilir. Her mülakat yönteminin kendi içinde avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Mülakat çeşitleri ve zamanlama açısından birden çok yöntemin değişik kombinasyonlarla bir arada kullanılması daha başarılı sonuçlar verebilir. Yüz yüze gerçekleştirilen mülakatlar sonrasında daha detaylı bilgi sağlanabilir. Buna karşılık yazılı yapılan mülakatlarda çalışanlar daha dürüst ve rahat davranabilirler. Değişik mülakat çeşitlerini birleştirmek hem daha detaylı hem de daha doğru bilgi sağlar (URL-2). Yazılı bir anketten sonra ankette öne çıkan detaylar için yüz yüze görüşme yapılması, alınacak bilgilerin doğruluğu ve güvenilirliği açısından en yararlı yöntem olabilir.

Kurumlar ve kuruluşlar tarafından yukarı belirtilen amaçlar doğrultusunda kullanılan çıkış mülakatı tekniğinden, eğitim alanında da sürdürülen programların performansının hem doğrudan hem de dolaylı yoldan ölçülmesine olanak verdiği için önemli bir değerlendirme ve belgelendirme aracı olarak yararlanılmaktadır (MORTON 2010, URL-2, URL-3). Aynı zamanda birçok uluslararası eğitim kurumunda çıkış mülakatının yanı sıra beklentilerin belirlenmesi amacıyla giriş mülakatları da gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada, 2009-2010 döneminde İTÜ Geomatik Mühendisliği Bölümü'nde eğitim kalitesinin artırılması çabaları kapsamında eğitimle ilgili en doğru ve güvenilir bilgilerin yine bölüm içerisinde yeni mezun olmuş meslektaşlarımızdan alınabileceği fikri ortaya çıkmıştır. Bu görüş üzerine yeni mezunlarla yapılacak çıkış mülakatlarının sürdürülme programı ve dolayısıyla da bölümün gelişimine birçok açıdan yararlı olacağı düşünülmüştür. Mülakatlarda verilecek olan cevaplar, programda eksik olan noktaların değiştirilmesi ve geliştirilmesi amacıyla kullanılacağı için soruların mevcut programın yapısını iyi sorgulayacak şekilde belirlenmesi, cevapların da doğru, objektif, net ve ölçülebilir olması gerekmektedir. Mülakatın zamanlaması da cevapla-

<sup>1</sup> Prof. Dr., <sup>2</sup> Y. Doç. Dr., <sup>3</sup> Doç. Dr., <sup>4</sup> Öğr. Grv. Dr., İTÜ İnşaat Fak. Geomatik Müh. Böl., 34469, Maslak/İstanbul

rın güvenilirliğini etkileyen önemli bir faktördür. Yapılan çalışmalar sonrasında programımızda mülakat zamanı olarak genç mezunların Tasarım Projesi (Bitirme Ödevi) sınavlarından çıktıkları zamanın uygun olduğu belirlenmiştir. Bunun temel nedeni; katılımcıların artık mezun olduklarını hissedebilmeleri ve programı daha eleştirel değerlendirme yapabilecek olmalarıdır. Aynı zamanda akreditasyon çalışmaları sırasında programın performansını ölçme ve değerlendirme anlamında önemli katkılar sağlaması da beklenen çıkış mülakatı, 3 kişilik bir komisyon tarafından mezunlarla yüz yüze görüşme şeklinde yapılmış ve her bir öğrenci ile yapılan görüşmeler fotoğraflanarak belgelendirilmiştir. Programımızda gerçekleştirilen ilk uygulamada 2009 – 2010 yılı Bahar Döneminde mezun olan 25 ve ikinci uygulamada ise 2010-2011 Güz Döneminde mezun olan 10 genç meslektaşımızla çıkış mülakatı gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, mezunlarımıza yapılan bu uygulamaya duyulan gereksinim, anketin tasarım, uygulama ve değerlendirme aşamaları ve sonuçların eğitim kalitesinin arttırmada kullanımı konularına yer verilmiştir.

Bu mülakatta öncelikle mezunlarımızın hangi çalışma alanlarında faaliyet göstermek istedikleri sorulmuştur. Bu soruya verilen cevaplar irdelendiğinde en çok tercih edilen çalışma alanının ölçme ve konum belirleme sistemleri olduğu görülmüştür. Bir sonraki bölümde, genç mezunların bölüm içerisindeki temel alanlarda, iletişim, sosyal konular, laboratuvar çalışmaları, tasarım ve sentez konularında kendilerini ne kadar emin ve bilgili hissettiklerine ilişkin olarak 1-5 arasında not vermesi istenmiştir. Daha sonra, katılımcılardan sırasıyla bölüm, fakülte ve üniversiteden ne kadar memnun oldukları ve beklentilerine ne kadar cevap verdikleri farklı sorularla desteklenerek 1-5 arasında notlandırılarak değerlendirmeleri istenmiştir. Mülakatın son aşamasında, İTÜ Geomatik Mühendisliği Bölümündeki en kuvvetli ve geliştirilmesi gereken kısımların neler oldukları sorulmuş ve eğitimin kalitesini artırıcı önerilerde bulunmaları istenmiştir. Memnuniyeti ölçme amacıyla yeni üniversiteye yeni girecek aday öğrencilere bu bölümü önerir misiniz” sorusuna bir mezunumuz dışında tüm katılımcılar olumlu cevap vermiştir. Mezunlarımızın KPSS gibi sınavlara katılıp katılmayacağı, öğrenim süresince aldığı staj ve eğitim programlarının neler olduğu, mesleğiyle ilgili her hangi bir sivil toplum örgütüne ya da derneğe üyeliklerinin olup olmadığı sorulmuş ve bağımsız olabileceği gibi çok disiplinli bir grupla da çalışıp çalışamayacağına dair sorgulamalar yapılmıştır. Anketin son kısmında ömür boyu öğrenmeye ilişkin sorulara yer verilmiştir. Elde edilen cevaplar listelenmiş, analiz edilmiş ve değerlendirme sonuçları bölüm içerisinde paylaşılmıştır.

## 2. Çıkış Mülakatı

Çıkış mülakatının amacı, çalışmakta olduğu kurumdan kendi isteği ile ayrılacak olan kişinin neden kurumdan ayrılmak istediğini ayrıntılı bir şekilde öğrenmektir. Çıkış Mülakatı verilerinden yola çıkılarak, kurumda halen çalışmakta olan kişilerin yaşadıkları problemleri işten çıkış noktasına gelmeden saptamak amaçlanır. Çıkış Mülakatı Eğitimi ve Atölye Çalışmalarının amacı Çıkış Mülakatı ve Anketi’nin hazırlanması ve uygulanması için etkin bir harita sunmak ve teorik bilgileri rol egzersizleri ile pekiştirmektir (URL-4).

İş hayatında kısaca çıkış mülakatı iş yerini bırakıp gidenlerle, bunun nedenlerini ortaya çıkarmak için yapılan görüşme olarak değerlendirilmektedir. Bu mülakata bazı durumlarda “Ayrılma mülakatı” da denilmektedir. İşe girerken yapılan mülakatlara benzer olarak iş çıkışlarında ve istifalarda da çıkış mülakatı yapılabilmektedir. Çıkış mülakatları, çeşitli sebeplerden dolayı kurumdan ayrılan kişi ile kurum arasında yapılan ve ana konusu ayrılma olan görüşmelerdir. Kurum açısından bakıldığında, ayrılma mülakatlarının hedefi, ayrılan kişiden çalışma şartlarının iyileştirilmesi, mevcut çalışanların işte kalmasının sağlanması, kurumla ilgili genel bir geribildirim alınması ve kurum ile ilgili pozitif bir izlenim bırakılmasıdır. Bütün bu bilgiler örgütsel gelişim için önemli ipuçları temin eder. Bununla birlikte çıkış mülakatları bazen de ayrılma hakkında doğabilecek hukuksal problemler ile ilgili ipuçları almak, eğer kurum adına negatif bir durum ortaya çıkacaksa bununla ilgili olarak harekete geçmektir. Doğru biçimde uygulandığında ayrılma görüşmeleri hem örgüt hem de ayrılan kişi için pozitif sonuçlar doğurabilir. Mülakat süresince ayrılan kişiye açık uçlu sorular sorularak konuşmaktan çok dinlemeye ağırlık verilmektedir. Ayrılma mülakatı öncesi ve mülakat sırasında pozitif, yapıcı ve anlayışlı davranmanın kurumla ilgili doğru bilgileri alma şansını artırdığı unutulmamalıdır (URL-2, URL-1). Çıkış mülakatlarında sorulan sorulara bazı örnekler şu şekilde olabilir;

- Bu kurumdan ayrılmadaki esas sebebiniz nedir?
- İşinizi yaparken yeterli desteği aldığınıza inanıyor musunuz?
- Bu kurumla ilgili genel olarak neler hissediyorsunuz?
- Mevcut çalışma şartlarının iyileştirilebilmesi için yapılması gereken şeyler nelerdir?
- Kurumumuz, kariyer hedeflerinizi gerçekleştirmede size yardımcı oldu mu?
- Çalışma süreniz içinde ayrımcılığa maruz kaldınız mı?
- Ayrılmadan önce, bilgi ve deneyimlerinizden ne biçimde faydalanabiliriz?
- İşinizi yapmanızı zorlaştıran örgüt politikaları veya prosedürleri nelerdir?
- Gelecekte burada tekrar çalışmayı düşünür müsünüz?
- vb....

Çıkış mülakatının başarısını etkileyen diğer bir faktör de çıkış mülakatının kim/kimler tarafından yapılacağıdır. Çıkış mülakatı şirketlerde genellikle insan kaynakları müdürü veya insan kaynakları bölümünden bir kişi ile yapılmaktadır. Mülakatı yapacak olan kişinin şirketi temsil eden ama şirket dışından biri olması mülakatın daha objektif olmasını ve çalışanın düşündüklerini daha rahat olarak ifade etmesini sağlayarak mülakatın başarısını ve şirkete olan yararını artırabilir.

Çıkış mülakatının ne zaman yapılacağı da önem taşımaktadır. Görüşme, kişi halen çalışırken ya da ayrıldıktan sonra yapılabilir. Kişi halen çalışmaktaysa yeterince dürüst olmayabilir. Ayrıca kişilerin ayrılırken ki duygusal halleri cevaplarına da yansıtacaktır ve cevapların objektif olmasını engelleyecektir. Bu sebeplerden dolayı mülakat ikiye bölünerek de yapılabilir. İlk bölümü çalışan ayrılırken, ikinci bölümü ise ayrıldıktan altı ay sonra yapılabilir. Diğer bir yöntem ise aynı soruların hem ayrılırken hem de ayrıldıktan altı ay sonra sorulması ve cevapların karşılaştırılmasıdır. Mülakatlarda verilecek olan cevaplar şirkette eksik olan



noktaların değiştirilmesi ve geliştirilmesi amacıyla kullanılabacağından cevapların doğru, objektif ve net olması büyük önem taşımaktadır. Mülakat sırasında; karşı tarafın kendini savunmasını gerektiren ve kişinin özel hayatı ile ilgili sorular sormamaya dikkat etmek gerekmektedir. Özel sebepler yüzünden ayrılan bir çalışana ayrılma sebeplerini açıklamaları için baskı yapılmamalıdır.

Çıkış mülakatının yapılma amacı çoğu zaman şirketin yararına gibi gözükse de çalışanlar için de önemli yararları vardır. Çıkış mülakatının şirketler tarafından yapılmasındaki en büyük amaç, şirket içindeki eksikliklerin ve yanlış uygulamaların aydınlatılması ve gereken önlemlerin alınmasıdır. Şirket ile ilgili en doğru ve güvenilir bilgiler yine şirket içinde çalışanlardan alınacağı için çıkış mülakatları birçok açıdan şirkete yararlı olur. İşe alım sürecinde nelere dikkat edilmesi ile ilgili bilgiler sağlar. Diğer firmaların aynı pozisyonlar için neler sunduğuna ait bilgiler sağlayarak, başarılı çalışanları kaybetmemek için alınması gereken önlemleri ortaya koyar. Bu sayede şirket, yetenekli çalışanlarını elde tutmak için yeni yöntemler geliştirebilir. Mülakat sırasında çalışanların şirket ile ilgili memnuniyet-sizliklerine değinildiği için çalışan memnuniyetini arttırmayı amaçlayan uygulamaların planlanmasında etkili olur (URL-5, URL-1).

### 3. Mülakatın Hazırlanması ve Gerçekleştirilmesi

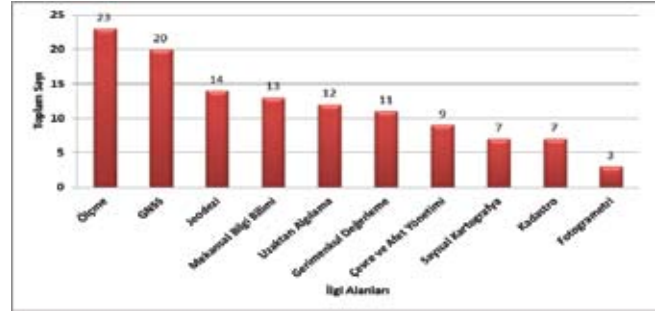
İTÜ Geomatik Mühendisliği Programı'nın Eğitim Kalitesini artırmak için gereksinim duyulan geri beslemelerin sağlanması ve elde edilecek bilgilerin; programın iyileştirilmesi ve olası değişikliklerde göz önüne alınabilmesi amacıyla yeni mezun olan Geomatik Mühendislerine çıkış mülakatı uygulanmıştır.

Gerçekleştirilen mülakatlarda, öncelikle mezunlara gelecekte ilgilenmek istedikleri çalışma alanları sorulmuştur. Daha sonra mezunlardan İTÜ bünyesinde verilen öğretim süresince; temel mühendislik, iletişim, laboratuvar deneyimleri, insan ve toplum bilimleri, tasarım ve sentez konularında kazandıkları yetenekleri, Geomatik mühendisliği lisans programı kapsamında verilen mühendislik eğitiminin kalitesini, Bölüm öğretim üyelerinin; ders planlama, kariyer planlama ve lisans eğitimi anlamında kalitelerini ve Program çıktılarını 1'den (kesinlikle katılmıyorum) 5'e (kesinlikle katılıyorum) kadar dereceli olarak belirlenmiş bir skalaya bağlı olarak değerlendirmeleri istenmiştir. Tüm bunlara ek olarak mezunlarımızdan; eğitim/öğretim programımızın güçlü ve zayıf yanları sorulmuş, Bölüm'e yeni başvuranlara ve devam etmekte olan öğrencilere gelişimlerine yardımcı olacak önerileri istenmiş, mezuniyet sonrası katılmayı planladıkları ulusal ve uluslararası sınavlar, çok disiplinli takımlarda görev alabilme yetenekleri, yaşam boyu öğrenme kültürü ve bu alanlardaki eğilimlerini belirlemek amacıyla çeşitli tamamlayıcı bilgiler farklı sorular ile istenmiştir.

2009-2010 bahar yarıyılı sonunda 25, 2010-2011 güz yarıyılı sonunda ise toplam 10 mezunumuza uygulanan çıkış mülakatları; sonuçları sürekli gelişim modelini benimseyen programımızın mevcut durumunun belirlenmesi ve programın iyileştirilmesi amacıyla diğer ölçme yöntemlerinin sonuçlarıyla birlikte kullanılmak üzere değerlendirilmiştir.

### 4. Değerlendirme

Yapılan değerlendirme sonucunda her iki yarıyıldaki mezun olan toplam 35 mezunumuzun birincil olarak GNSS (Global Navigation Satellite Systems - Global Uydu Navigasyon Sistemleri) sistemleri başta olmak üzere arazi ölçmeleri, ikincil olarak ise Jeodezi, Mekansal Bilgi Bilimi, Uzaktan Algılama ve Gayrimenkul Değerleme konularında çalışmak istedikleri belirlenmiştir. Mezunların gelecekte çalışmak istedikleri alanları gösterir grafik Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1: Mezunların gelecekte çalışmak istedikleri alanların dağılımı

Temel mühendislik eğitiminin değerlendirilmesinin genel sonucu 5 üzerinden 3.9 olmuştur. Özel olarak soru bazında yapılan değerlendirmede mezunlarımızın kendilerini en zayıf hissettikleri alanın kimya olduğu (genel değerlendirme 2.6), mesleki temel mühendislik konularının tamamında 3.7 üzerinde bir değerlendirme yapıldığı görülmüştür. Söz konusu değerlendirmede mezunlarımız kendilerini en zayıf hissettikleri konuları Dengeleme ve Fotogrametri olarak belirlerken, kendilerini en iyi hissettikleri mesleki temel mühendislik konularını ise Ölçme, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve tasarım projesi olarak belirlemişlerdir. Bu değerlendirmeler kapsamında arazi çalışmaları da ölçme ile birlikte en güçlü hissedilen konular arasında yer almıştır (GEOMATİK 2010).

Mezunlarımız iletişim başlığı altında değerlendirilen yazılı ve sözlü iletişim, takım çalışmalarına katılım ve mühendislik çizimi ve spesifikasyonlar konularındaki yeteneklerini 5 üzerinden 4.3 genel ortalaması ile değerlendirmişlerdir. Laboratuvar çalışmaları ile elde ettikleri; veri toplama, analiz, donanım kalibrasyonu, yazılım kullanma ve geliştirme yeteneklerini 3.8 genel ortalaması ile değerlendirmişlerdir. Özel bir değerlendirme yapıldığında bu başlık altında en zayıf olan konunun yazılım geliştirme olduğu açık bir şekilde anlaşılmıştır.

İnsan ve toplum bilimleri başlığı altında değerlendirilen; mühendislik çözümlerinin toplum üzerindeki etkilerin farkında olma, güncel toplumsal gelişmeleri takip etme, bir vatandaş olarak gelişime destek verme sorumluluğu ve mesleki ve etik konular hakkındaki farkındalık konuları 5 üzerinden 4.2 genel ortalaması ile değerlendirilmiştir.

Mezunlarımız kendilerini tasarım ve sentez konularında 3.9 genel değerlendirme ile yeterli görürken, tamamlamış oldukları Geomatik Mühendisliği Programının eğitimini 3.8'lik bir genel ortalama ile değerlendirmişlerdir. Yine bu aşamada yapılan değerlendirmede de daha önceki bölümlerde yapılan değerlendirmeye benzer olarak ölçme en yük-



sek (4.6) değerlendirilen konu olurken Fotogrametri 3.3'lük değerlendirmeye en zayıf olunan konu olarak belirtilmiştir (Tablo 1). Mezunlarımız öğretim üyelerini 3.8'lik genel ortalama ile değerlendirilmiştir.

Tablo 1: Mezunların tasarım ve sentez konusunda kendilerini değerlendirmesi

| Konular                           | Değerlendirme | Genel Ortalama |
|-----------------------------------|---------------|----------------|
| Temel Bilimler                    | 3.7           | 3.8            |
| Mühendislik Hesabı ve Programlama | 3.6           |                |
| Fotogrametri                      | 3.3           |                |
| Uzaktan Algılama                  | 3.8           |                |
| Kartografya                       | 4.0           |                |
| Jeodezi                           | 4.0           |                |
| Ölçme                             | 4.6           |                |
| Coğrafi Bilgi Bilimi              | 4.3           |                |
| Yabancı Dil                       | 3.4           |                |
| İnsan ve Toplum Bilimleri         | 3.8           |                |
| Yönetim ve Organizasyon           | 3.9           |                |
| Ekonomi ve Proje Tasarlama        | 3.8           |                |
| Diğer                             | 3.7           |                |

Çıkış mülakatının farklı aşamalarında elde edilen program çıktılarına yönelik değerlendirmeler sürekli gelişim modelinin uygulanmasında gerçekleştirilen ölçme yöntemleri açısından büyük önem arz etmektedir. Güncel olarak yürütülmekte olan Geomatik Mühendisliği Programı'nın program çıktıları aşağıda belirtilmiştir:

- Matematik, fen ve mühendislik bilgilerini uygulama becerisi,
- Deney tasarlayıp yürütebilme ve sonuçları analiz edip yorumlama becerisi,
- Üretmekle yükümlü olduğu bir sistemi, ürün bileşenini veya süreci, kendisinin ve diğer mühendislik disiplinlerinin gereksinimlerini karşılayacak biçimde tasarlama becerisi,
- Çok disiplinli takım çalışması yürütebilme becerisi,
- Mühendislik problemlerini belirleme, modelleme ve çözme becerisi,
- Mesleki ve etik sorumlulukları kavrama bilinci,
- Etkin yazılı ve sözlü iletişim becerisi,
- Mühendisliğin küresel ve toplumsal boyutlarda etkisini kavrama özelliği,
- Yaşam boyu öğrenme gereğini algılamış ve bu yeteneği kazanmış olma özelliği,
- Güncel konulara ilişkin bilgi sahibi olma özelliği,
- Disipline ilişkin uygulamalar için gerekli teknik beceri ve modern alet ve donanımları kullanabilme becerisi,
- Disipline ilişkin yazılımları kullanabilme becerisi.

Mezunlarımız yukarıda belirtilen çıktıların genel olarak gerçekleştirilmesine yönelik 5 üzerinden 3.9 değerlendirilmesinde bulunmuşlardır. Çıktı bazında yapılan değerlendirmede diğer çıktılara göreli olarak en yetersiz olarak belirlenen çıktı 3.5 puan ile değerlendirilen j çıktısı olmuştur. Çok disiplinli takım çalışması yürütebilme becerisini konu alan d çıktısı ise 4.2'lik değerlendirme ile en yüksek başarı ile yerine getirilen program çıktısı olarak değerlendirilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2: Program çıktılarının değerlendirilmesi

| Program Çıktısı | Değerlendirme | Genel Ortalama |
|-----------------|---------------|----------------|
| a               | 3.8           | 3.9            |
| b               | 4.1           |                |
| c               | 3.8           |                |
| d               | 4.2           |                |
| e               | 4.1           |                |
| f               | 4.1           |                |
| g               | 4.1           |                |
| h               | 3.7           |                |
| i               | 4.0           |                |
| j               | 3.5           |                |
| k               | 4.1           |                |
| l               | 3.7           |                |

## 5. Sonuçlar

Kalite güvence sistemi ve akreditasyon bağlamında yüksek öğretim programlarının performans değerlendirmesinde 2 model uygulanmaktadır. Bunlardan birincisi “doğrudan ölçmeler yöntemi” diğeri ise “dolaylı ölçmeler yöntemidir”. Doğrudan yapılan ölçme ve değerlendirme öğrencilerin ve mezunların bilgi ve becerilerinin yazılı-sözlü sınavlar, gözlemler, mülakatlar yolu ile program çıktılarına ne ölçüde karşıldığını belirlemeye yöneliktir. Dolaylı ölçmeler ise mezun ve öğrencilerin mesleki eğitim deneyimleri hakkındaki kendi yorumlarının anketler, odak gruplar, portfolyo gibi arşiv kayıtları ve benzeri yollardan belirlenmesidir. Çıkış mülakatı bu anlamda performansın hem doğrudan hem de dolaylı yoldan ölçülmesine olanak veren önemli bir değerlendirme ve belgelendirme aracıdır. Mühendislik programlarının akreditasyona yönelik dış değerlendirme analizinde önem kazanan ve tercih edilen bir yöntemdir.

2 yarıyıl sonunda uygulanan çıkış mülakatları ilgili komisyonca değerlendirilerek İTÜ Geomatik Mühendisliği Programı'nın sürekli gelişim modeline dayalı Kalite Güvence Sistemi dahilinde etkin olarak kullanılmıştır. Bu kapsamda mülakatların sonuçları akreditasyon sürecinde hazırlanan Bölüm Öz Değerlendirme Raporu'nda özellikle program çıktılarına gerçekleştirilme derecelerinin ölçülmesi konusunda Ders Değerlendirme, Mezun ve İşveren Anketleri ile birlikte kullanılmıştır.

## Kaynaklar

GEOMATİK: **Geomatik Mühendisliği Lisans Programı ABET Özdeğerlendirme Raporu**, İTÜ Geomatik Mühendisliği Bölümü, 2010.

MORTON J. B.: Student Exit Interview Process, **Alabama Department of Education Prevention and Support Services June 2010**.

<http://www.alsde.edu/html/sections/documents.asp?section=70&sort=&footer=sections>

<https://docs.alsde.edu/documents/70/Exit%20Interview%20Document--KAW--7-15-2010-FINAL.pdf>

SERRAT O.: **Knowledge Solutions: Conducting Exit Interviews**, 2008. Asian Development Bank resmi internet sitesi,

<http://www.adb.org/Documents/Information/Knowledge-Solutions/Conducting-Exit-Interviews.pdf>, Mayıs 2011

URL-1: Conducting Exit Interviews- **How organizations can benefit! by Brown J.**, United Nations Public Administration Network resmi internet sitesi.

<http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/UN/UNPAN021834.pdf>, Mayıs 2011.

URL-2: Dartmouth College resmi internet sitesi, **The Exit Interview Process**,

[www.dartmouth.edu/~hrs/manager/toolkit/employeeleaves/exit\\_interview.pdf](http://www.dartmouth.edu/~hrs/manager/toolkit/employeeleaves/exit_interview.pdf), Mayıs 2011

URL-3: Harvard Üniversitesi resmi internet sitesi, **Student Exit Interview**,

[http://www.fas.harvard.edu/~anthro/graduate\\_materials/Student\\_Exit\\_Interview.pdf](http://www.fas.harvard.edu/~anthro/graduate_materials/Student_Exit_Interview.pdf)

URL-4: Davranış Bilimleri Enstitüsü resmi internet sayfası, **DBE Eğitimleri**,

<http://www.dbe.com.tr/Default.aspx?SectionID=787>, Mayıs 2011.

URL-5: İKADEMİ resmi internet sitesi, **Çıkış Mülakatları**,

<http://www.ikademi.com/insan-kaynaklari-planlama/1265-cikis-mulakatlari.html>, Mayıs 2011.

## Yüzeylerin Pürüzlülük Açılarının Lazer Tarayıcılar Yardımıyla Belirlenmesi

Umur AYDAR<sup>1</sup>, Emin Özgür AVŞAR<sup>1</sup>, Şinasi KAYA<sup>2</sup>, Erkan BOZKURTOĞLU<sup>3</sup>, Dursun Zafer ŞEKER<sup>4</sup>

### Özet

Yersel lazer tarayıcılar 3 boyutlu obje geometrisini, doğrudan, hızlı ve detaylı elde etmeye olanak veren nitelikte ölçme donanımlarıdır. Yersel lazer tarama yönteminin sağlamış olduğu en önemli avantaj, özellikle karmaşık geometrideki objelerin ve yüzeylerin diğer ölçme yöntemlerine kıyasla çok kısa sürede ve yüksek detay zenginliğinde 3 boyutlu olarak elde edilebilmesidir. Bu çalışmada, taş parçalarının kırılma deneyi sonunda yüzeylerinde oluşan pürüzlülüğün ölçülmesi ve matematiksel olarak ifade edilmesi hedeflenmiştir. Kırılma deneyi sonunda oluşan yüzeyler incelendiğinde, en uygun ölçme ve modelleme yönteminin yersel lazer tarama olduğuna karar verilmiştir. Çalışmanın amacı, yüzeylerin kesme dayanımlarını etkileyen faktörlerin en önemlilerinden biri olan pürüzlülük derecelerini belirlemek için kullanılan pürüzlülük açılarının hızlı, doğru ve güvenilir olarak belirlenmesidir.

### Anahtar Sözcükler

Lazer tarayıcı, 3B Model, Sayısal Arazi Modeli, Jeoloji, Yüzey Pürüzlülüğü

### Abstract

#### Determining The Roughness Angles Of Surfaces With The Help Of Laser Scanners

Terrestrial laser scanners are measuring instruments providing the detailed 3D object geometry directly and fastly. The most important advantage that laser scanners provide is the ability of getting the detailed 3D model of the complex objects very quickly with respect to other measuring methods. In this study, it is aimed to measure and define mathematically the roughness degree of the surfaces of rock pieces that are obtained as the result of breaking experiment. After the visual inspection of the surfaces, it was decided that the most convenient measuring method is scanning the surfaces in terms of complexity.

### Key Words

Laser Scanner, 3D Model, DEM, Geology, Surface Roughness

## 1. Giriş

Yersel lazer tarayıcılar 3 boyutlu obje geometrisini, doğrudan, hızlı ve detaylı elde etmeye olanak veren nitelikte ölçme donanımlarıdır (RESHETYUK 2005). Yersel lazer tarama başlı başına diğer ölçme yöntemlerinin (Fotogra-

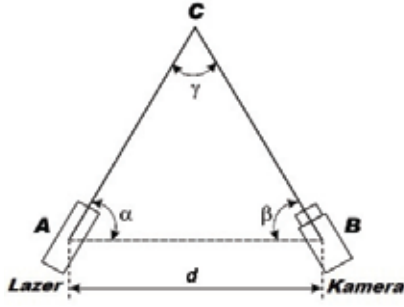
metri ve klasik jeodezik ölçme) yerini alabilecek bir araç olarak değerlendirilmeyip, birçok ölçme ve modelleme uygulamasında tamamlayıcı araç; diğer yöntemlerle entegre olarak kullanıldığında etkili sonuçlar verebilen bir yöntem olarak değerlendirilmelidir. Yersel lazer tarama yönteminin sağlamış olduğu en önemli avantaj, özellikle karmaşık geometrideki objelerin ve yüzeylerin diğer ölçme yöntemlerine kıyasla çok kısa sürede ve yüksek detay zenginliğinde 3 boyutlu olarak elde edilebilmesidir. Yürütülen bu çalışmada, taş parçalarının kırılma deneyi sonunda yüzeylerinde oluşan pürüzlülüğün ölçülmesi ve matematiksel olarak ifade edilmesi hedeflenmiştir. Kırılma deneyi sonunda oluşan yüzeyler incelendiğinde, en uygun ölçme ve modelleme yönteminin yersel lazer tarama olduğuna karar verilmiştir. Çalışmada Nextengine 3D Desktop yersel lazer tarayıcı kullanılmıştır. Nextengine 3D Desktop tarayıcı, düşük bütçeli bir tarayıcı sistemi olup sağlamış olduğu ölçme doğruluğu ve hız bakımından etkili bir tarayıcı sistemdir. Bu çalışma 4 ana başlık altında tasarlanmıştır. Birinci bölüm, yersel lazer tarayıcıların çalışma prensipleri ve çalışmada kullanılan tarayıcı sistemin teknik özelliklerini kapsamaktadır. İkinci bölümde ölçme ve modelleme işlemleri ele alınmıştır. Üçüncü bölüm, üretilen 3 boyutlu model üzerinde yürütülen işlemler sonucu yüzey pürüzlülük açılarının hesaplanması için izlenen yöntem ve sonuçları içermektedir. Son bölümde ise bu tip bir çalışmada elde edilen sonuçlar, karşılaşılan problemler ve çözüm önerileri tartışılmaktadır.

## 2. Optik Lazer Tarayıcılar

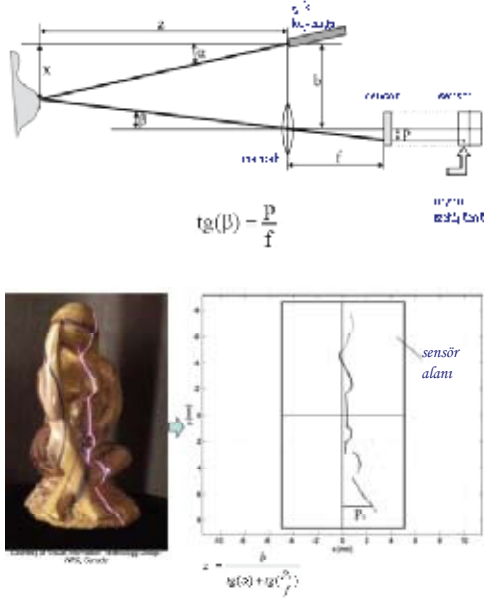
Son yıllarda, bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerle kişisel bilgisayarların grafik işlemcileri güçlenmiş, buna bağlı olarak 3B modellerin gerek bilimsel gerekse son kullanıcıya yönelik kullanımı yaygınlaşmıştır. Artan 3B model talebi ile beraber; nokta bazlı lazer tarayıcıların yüksek maliyetleri ve bu cihazlarla elde edilen verilerin işleme güçlüğü, düşük maliyetli alternatif 3B tarama yöntemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır (AKYOL 2011). Yapılandırılmış ışıktan 3B bilgi elde edilmesi, triangülasyon prensibine dayalı olarak yapılır. Triangülasyon prensibine göre lazer ve kamera arasındaki mesafe (d) ve üçgenin iki açısı ( $\alpha$ ) ve ( $\beta$ ) bilinir ise (c) (Şekil 1: Üçgenleme yöntemi) noktasının koordinatının hesaplanması mümkün olur. ( $\gamma$ ) açısının büyüklüğü ise derinlikteki çözünürlüğe etki eder. ( $\gamma$ ) büyür ise derinlik çözünürlüğü artar, küçülür ise azalır (ZAGORCHEV 2006).

<sup>1</sup> Araş. Gör., <sup>2</sup> Yrd. Doç. Dr., <sup>4</sup> Prof. Dr. İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, İstanbul

<sup>3</sup> Araş. Gör. Dr. İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, İstanbul



Şekil 1: Üçgenleme yöntemi



Şekil 2: Üçgenleme yöntemi ile 3D obje tarama işlemi

Çalışmada Nextengine 3D Desktop (Şekil 3: Nextengine 3D masaüstü tarayıcı) yersel lazer tarayıcı kullanılmıştır. Nextengine 3D Desktop tarayıcı, düşük bütçeli bir tarayıcı sistemi olup sağlamış olduğu ölçme doğruluğu ve hız bakımından etkili bir tarayıcı sistemdir. Sistemin sağlamış olduğu ölçme doğruluğu üretici firma tarafından makro modda  $\pm 0.127$  mm, geniş modda  $\pm 0.328$  mm olarak verilmiştir.

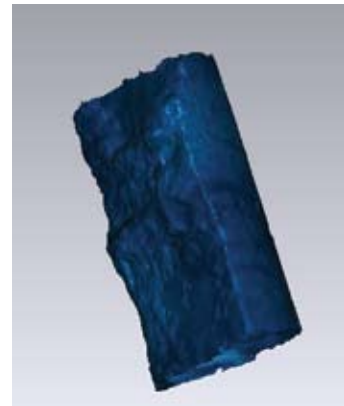


Şekil 3: Nextengine 3D masaüstü tarayıcı

## 2.1. Ölçme ve Modelleme

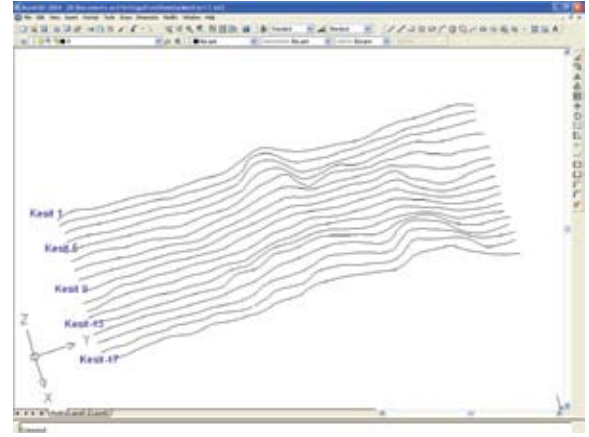
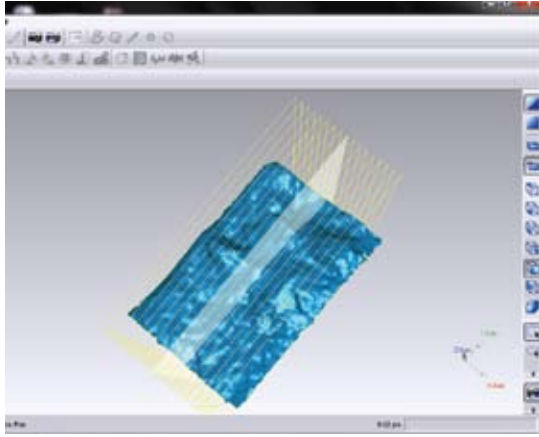
Modellenecek olan obje tarayıcı sistemin yaklaşık 15 cm önünde yer alan ve üzerinde objeyi belirli açılarla otomatik olarak döndüren bir tabla bulunan sisteme yerleştirilmiştir. Objenin tamamının cihazın görüş açısında olmasına dikkat edilmelidir. Tarama cihazını kontrol etmek ve uygulamayı yapabilmek için cihazla birlikte gelen ScanStudio HD yazılımı kullanılmıştır. Objenin üzerine yerleştirildiği tabla 360° dönme kapasitesine sahiptir ve her bir seferde önceden programa girilen dönme sayısına uygun olarak hesaplanan dönme açılarında objeyi döndürerek objenin tümünün taranmasını sağlamaktadır. Tarayıcının kamera sistemi, lazer kaynağı ve obje arasındaki vektör uzayı sabit olduğundan objenin farklı bölgelerine ait taramalar otomatik olarak ScanStudio HD programında birleştirilmektedir. Tarama esnasında tarayıcının ya da objenin üzerinde yer aldığı sistemin konumunun değişmemesine dikkat edilmelidir. Böyle bir durumun ortaya çıkması halinde program birleştirme işlemini otomatik olarak yapamamaktadır. Bu durumda yazılımda bulunan birleştirme (alignment) menüsünden birleştirme işlemi iki farklı taramada yer alan en az üç ortak noktanın işaretlenmesi ile manuel olarak yapılmalıdır. Elde edilen model vrl formatında kaydedilerek Geomagic Studio programına aktarılmıştır. Elde edilen nokta bulutu üzerinde öncelikle düşük seviyeli noise azaltma işlemi uygulanmıştır. İkinci işlem adımı olarak yazılımın curvature sample metodu kullanılarak toplam nokta sayısı 62682'ye indirgenmiştir. Curvature sample metodu, düz yüzeylerdeki nokta sayısını azaltırken kavisli alanlardaki nokta sayısını korumakta, böylelikle detay kaybını önlemektedir. Azaltılan ve filtrelenen nokta bulutundan TIN formatında üçgenleme yapılmıştır. İşlem sonunda toplam 124184 üçgenden oluşan yüzey modeli elde edilmiştir (Şekil 4: 3D Model).

Yüzey modeli elde edildikten sonra pürüzlülük açılarının belirlenebilmesi için yüzey üzerinde 2 mm aralıklarla boyuna kesitler alınmıştır (Şekil 5 ve Şekil 6).

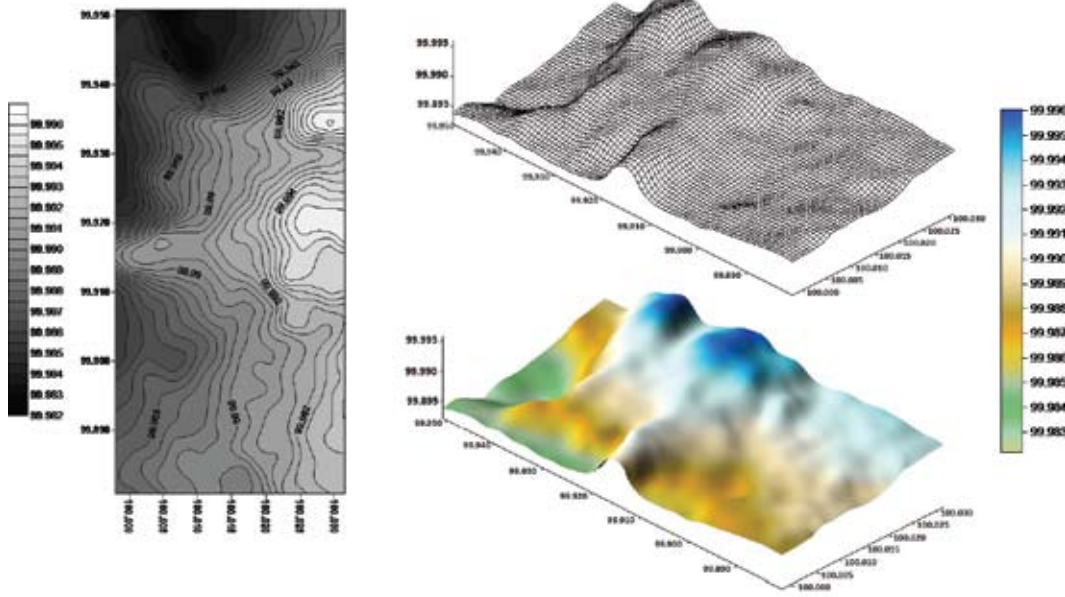


Şekil 4: 3D Model





Şekil 5: Kesit Alma işlemi, Kesitler, Kesitlerin CAD ortamında gösterimi



Şekil 6: Yüzey Modeli

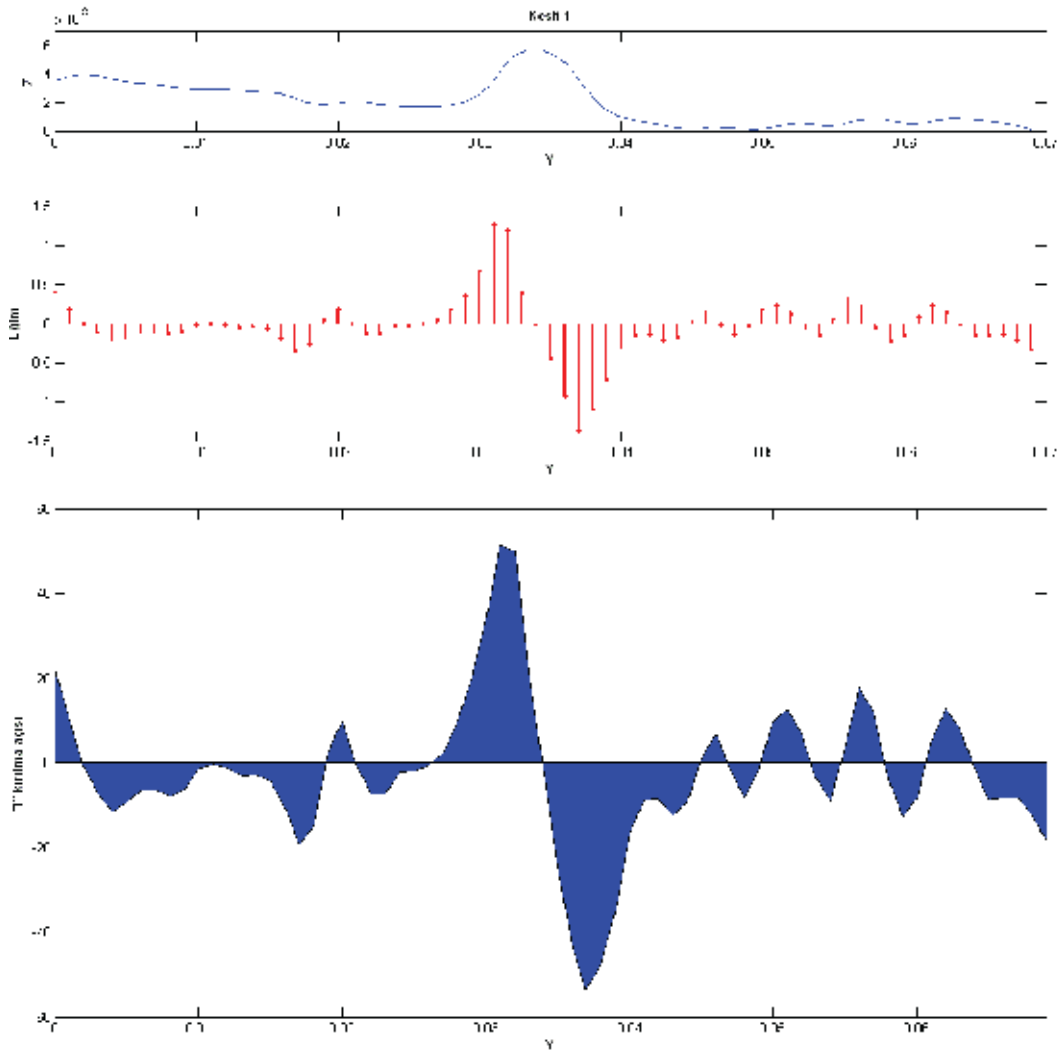
### 3. Yüzey Pürüzlülüğünün Belirlenmesi

Bu bölümde elde edilen kesitler üzerinden belirli nokta aralıkları belirlenerek pürüzlülük açılarının hesaplanması işlemi yürütülmüştür. Bu amaçla, MATLAB yazılım dilinin Curve Fitting toolbox'ı kullanılmıştır. Alınan 17 kesit üzerinden YZ düzleminde yaklaşık 1 mm aralıklarla olmak üzere toplam 1260 nokta verisi noktalar üretilmiştir (Tablo 1). Üretilen noktalar her bir kesit için parçalanmış, sıralanmış ve Matlab

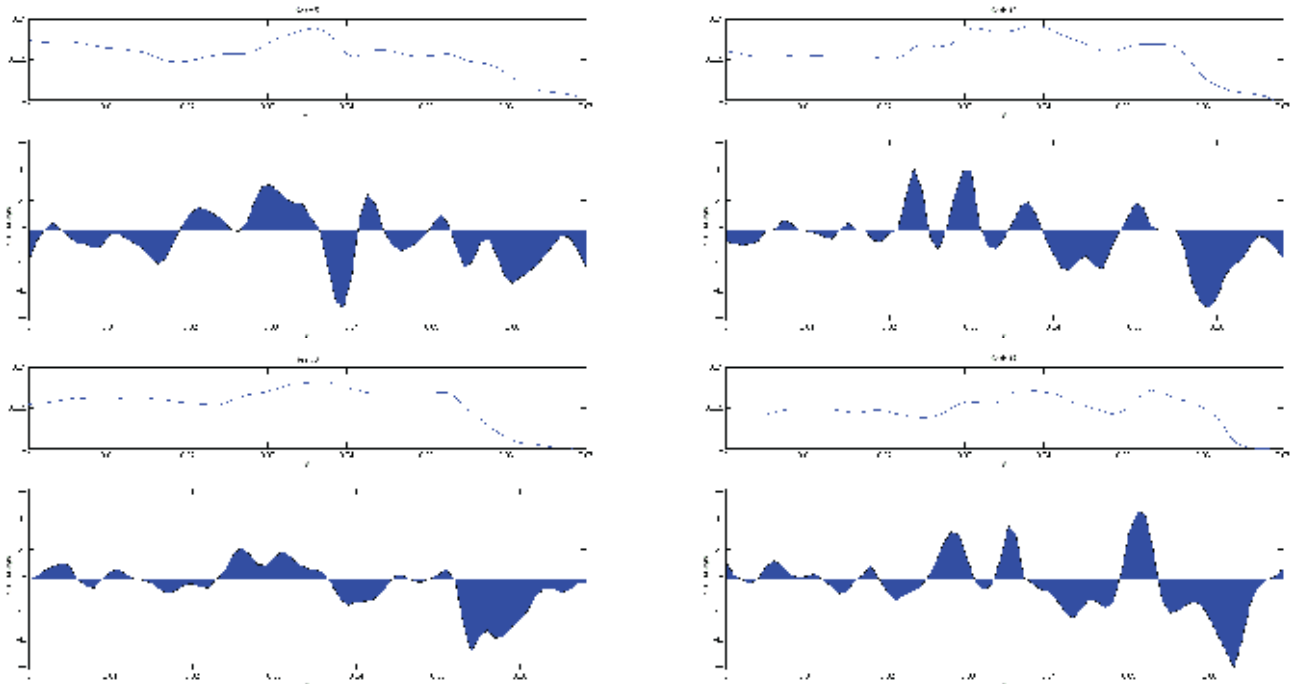
yazılımının Curve Fitting Tool'u kullanılarak şekil koruyan (shape preserving) eğri geçirilerek kesit üzerinde 1 mm aralıklarla 1. türevler alınmıştır. Elde edilen 1. türevler eğrinin o noktadaki eğimini, eğimin tanjantının tersi de o noktadaki "i" pürüzlülük açısını vermektedir. Her bir kesite ait negatif ve pozitif yöndeki en küçük, en büyük ve ortalama değerler ve elde edilen açılarının mutlak değerlerinin ortalamaları hesaplanmıştır (Tablo 2).

Tablo 1: Kesitler ve Nokta sayıları

| Kesit No | Nokta Sayısı | Uzunluğu (mm) | Kesit No | Nokta Sayısı | Uzunluğu (mm) | Kesit No | Nokta Sayısı | Uzunluğu (mm) |
|----------|--------------|---------------|----------|--------------|---------------|----------|--------------|---------------|
| 1        | 74           | 69.3          | 7        | 74           | 69.2          | 13       | 74           | 68.9          |
| 2        | 75           | 69.2          | 8        | 73           | 68.7          | 14       | 76           | 68.2          |
| 3        | 74           | 68.6          | 9        | 72           | 68.6          | 15       | 76           | 68.6          |
| 4        | 76           | 69.9          | 10       | 73           | 69.5          | 16       | 75           | 68.5          |
| 5        | 74           | 69.6          | 11       | 72           | 68.7          | 17       | 75           | 69.0          |
| 6        | 74           | 69.3          | 12       | 73           | 68.8          |          |              |               |



Şekil 8: Kesit-Kesit-Eğim grafiği-Kesit-“i” pürüzlülük açısı grafiği



Şekil 9: Kesit ve Kesit-Eğim grafikleri (Kesit 5-9-13-17)

Tablo 2: Kesitler üzerinde belirlenen pürüzlülük açıları özet tablosu (derece birimindedir)

| Kesit No        | Max Negatif   | Min Negatif  | Negatif Ortalama | Max Pozitif  | Min Pozitif | Pozitif Ortalama | Mutlak Ortalama |
|-----------------|---------------|--------------|------------------|--------------|-------------|------------------|-----------------|
| 1               | -53.68        | -0.34        | -10.44           | 51.76        | 0.82        | 14.93            | 11.85           |
| 2               | -57.58        | -0.15        | -10.92           | 53.85        | 0.01        | 9.93             | 10.51           |
| 3               | -57.11        | -0.25        | -13.39           | 47.05        | 0.02        | 12.26            | 12.89           |
| 4               | -60.78        | -0.58        | -14.42           | 38.10        | 1.32        | 14.08            | 14.28           |
| 5               | -51.23        | -0.38        | -15.21           | 29.96        | 0.46        | 12.47            | 14.23           |
| 6               | -45.82        | -0.47        | -15.26           | 21.25        | 1.82        | 10.50            | 13.22           |
| 7               | -64.67        | 0.00         | -13.50           | 21.50        | 0.06        | 9.95             | 11.83           |
| 8               | -53.57        | -0.08        | -11.64           | 19.28        | 0.06        | 8.47             | 10.44           |
| 9               | -48.30        | -0.10        | -12.81           | 20.88        | 0.09        | 7.47             | 10.49           |
| 10              | -40.34        | -0.25        | -12.72           | 30.33        | 0.00        | 10.13            | 11.69           |
| 11              | -37.26        | -0.05        | -13.50           | 24.90        | 0.06        | 9.71             | 11.91           |
| 12              | -47.57        | -0.27        | -13.26           | 36.14        | 0.04        | 10.32            | 11.72           |
| 13              | -52.10        | 0.00         | -13.70           | 41.52        | 0.00        | 13.08            | 13.48           |
| 14              | -55.32        | -0.12        | -16.91           | 43.77        | 0.17        | 12.62            | 14.83           |
| 15              | -54.05        | -0.02        | -17.53           | 53.91        | 0.02        | 12.48            | 15.08           |
| 16              | -48.31        | -0.02        | -15.39           | 50.89        | 0.01        | 14.06            | 14.85           |
| 17              | -58.92        | -0.39        | -14.82           | 44.67        | 0.00        | 13.57            | 14.29           |
| <b>Ortalama</b> | <b>-52.10</b> | <b>-0.19</b> | <b>-13.86</b>    | <b>40.82</b> | <b>0.33</b> | <b>11.69</b>     | <b>12.85</b>    |

Elde edilen kesitlerin Description of Discontinuities ve JRC standartları ile kıyaslanması için söz konusu standartlarda

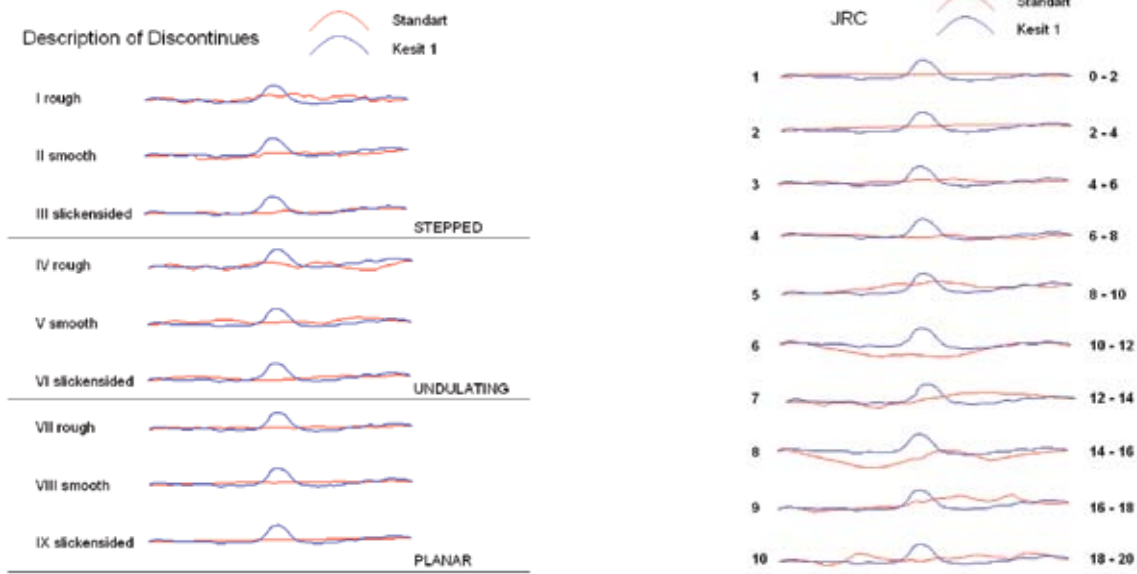
verilen kesitlerde de eğri geçirme, eğim hesabı ve “i” pürüzlülük açılarının hesabı gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3: JRC standartları (derece birimindedir)

| Kesit No | Max Negatif | Min Negatif | Negatif Ortalama | Max Pozitif | Min Pozitif | Pozitif Ortalama | Mutlak Ortalama |
|----------|-------------|-------------|------------------|-------------|-------------|------------------|-----------------|
| 1        | -4.91       | -0.27       | -1.83            | 7.35        | 0.38        | 2.83             | 1.71            |
| 2        | -2.35       | -0.25       | -1.45            | 11.76       | 0.37        | 2.87             | 1.87            |
| 3        | -17.76      | -0.23       | -3.24            | 17.35       | 0.39        | 5.06             | 3.89            |
| 4        | -22.64      | -0.02       | -5.04            | 20.96       | 0.03        | 4.45             | 4.31            |
| 5        | -18.72      | -0.18       | -5.62            | 36.35       | 0.05        | 8.14             | 6.34            |
| 6        | -24.29      | -0.09       | -10.31           | 25.17       | 0.56        | 7.07             | 7.66            |
| 7        | -19.73      | -0.56       | -8.27            | 30.68       | 0.24        | 9.02             | 8.15            |
| 8        | -34.30      | -2.21       | -12.67           | 36.25       | 0.21        | 10.13            | 10.93           |
| 9        | -40.05      | -0.34       | -10.36           | 42.42       | 0.30        | 12.64            | 10.88           |
| 10       | -33.72      | -1.24       | -12.68           | 42.95       | 0.58        | 13.08            | 11.97           |

Tablo 4: DOD standartları (derece birimindedir)

| Kesit No | Max Negatif | Min Negatif | Negatif Ortalama | Max Pozitif | Min Pozitif | Pozitif Ortalama | Mutlak Ortalama |
|----------|-------------|-------------|------------------|-------------|-------------|------------------|-----------------|
| 1        | -55.32      | -1.92       | -13.32           | 52.85       | 0.29        | 10.61            | 11.69           |
| 2        | -43.05      | -0.01       | -6.58            | 48.67       | 0.97        | 6.17             | 6.33            |
| 3        | -19.86      | -0.03       | -7.36            | 31.62       | 0.06        | 2.34             | 2.95            |
| 4        | -23.27      | -0.92       | -9.80            | 35.89       | 0.49        | 11.47            | 10.68           |
| 5        | -14.60      | -0.64       | -5.42            | 17.63       | 0.10        | 6.55             | 6.02            |
| 6        | -7.81       | -0.35       | -2.93            | 8.34        | 0.02        | 3.57             | 3.33            |
| 7        | -9.22       | -0.48       | -3.05            | 10.48       | 0.01        | 3.31             | 3.16            |
| 8        | -3.66       | -0.08       | -1.31            | 6.65        | 0.06        | 1.65             | 1.53            |
| 9        | -0.65       | -0.10       | -0.36            | 1.88        | 0.10        | 0.89             | 0.82            |



Şekil 10: Kesit 1'in standart kesitlerle ilişkisi

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Kayalarda süreksizliklerin sıklığı, doğrultu ve eğimi, açıklığı gibi özellikler; basınç direnci, elastik ve fiziksel özellikler üzerinde etkilidir. Kayacın düz, kayma izli, çoğu zaman pürüzlü ve ondüleli, bazen merdivenimsi olan süreksizlik yüzeyi kesme (kayma) direncini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Patton (1966) yüzey pürüzlülüğünün artması ile şev eğiminin de arttığını göstermiş ve süreksizlik yüzeyindeki ana ondülasyonu 1. derece, küçük girinti ve çıkıntıları 2. derece pürüzlülük olarak tanımlamıştır. Patton'a göre 2. derece pürüzlülüğün eğim açıları 1. dereceye göre daha fazladır. Barton (1973) tabaka yüzeylerine etkiyen normal gerilmenin düşük değerlerinde ikinci derece pürüzlülüğün etkili olduğunu belirtmiştir. Hoek ve Bray (1977) pürüzlülük açısından kaynaklanan kayacın içsel sürtünme açısı değerindeki artışın çok düşük normal gerilmeler altında  $40^{\circ} - 50^{\circ}$  arasında değişebileceğini göstermiştir.

Çalışmada maksimum pürüzlülük açısı (-) kesit yönünde  $64.67^{\circ}$  olarak ölçülmüş ve (-) kesit yönünde maksimum değerlerin ortalama değeri  $52.10^{\circ}$  olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, özellikle normal ve kesme gerilmesi üzerinde önemli derecede etkili olan pürüzlülük açısı değerinin hassas bir şekilde ölçülmesinin gerekliliğini göstermek dışında pürüzlü kayaç yüzeyinde pürüzlülük açısından kaynaklanan kayacın içsel sürtünme açısı değerindeki artışın  $50^{\circ}$  yi aşabileceğini de göstermektedir.

Yapılan çalışma sonucunda klasik jeolojik yöntemlere göre yersel lazer tarama yönteminin doğruluk ve zaman açısından efektif sonuçlar verdiği ortaya konmuştur. Araziden alınan örneklerle hazırlanan karotlarla yapılan çalışmalarda masaüstü tarayıcılar pürüzlülük açısının belirlenmesi için kullanılabilir. Söz konusu çalışmanın doğrudan arazide yapılması durumunda veri elde etme aşamasında klasik yersel tarayıcılar kullanılmalıdır. Verilerin elde edilme aşamasından itibaren kalan aşamaların önerilen metodoloji ile ofis ortamında uygulanması kolay, etkili ve efektif sonuçlar verecektir.

#### Kaynaklar

- AKÇA D., GRÜN A., BREUCKMANN B., LAHANİER C.: **High Definition 3D-Scanning of Arts Objects and Paintings**, Optical 3D Measurement Techniques VIII, Zurich, Switzerland, July 9-12 2007.
- AKYOL O., DURAN Z., AYDAR U.: 2011. **Düşük Maliyetli Optik Tarayıcı Sistem Tasarım Örneği**, Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VI. Teknik Sempozyumu, Antalya, 23-26 Şubat 2011.
- BARTON, N.: **Review of a new shear-strength criterion for rock joints**, Engineering Geology, 7, 287-332. 1973.
- DURAN Z., AYDAR U.: **Nippur Uzunluk Ölçme Aletinin 3b Modellenmesi Ve Görselleştirilmesi**, Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği V. Teknik Sempozyumu, Ankara, 4-5 Şubat 2009.
- GÜMÜŞ K., ERKAYA H.: **Mühendislik Uygulamalarında Kullanılan Yersel Lazer Tarayıcı Sistemler**, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, 2-6 Nisan 2007.
- HOEK, E., BRAY, J. W.: **Rock Slope Engineering**. The Institution of Mining and Metallurgy, London, 1977.
- PATTON, F.D.: **Multiple modes of shear failure in rock**. Proc. 1st. Cong. ISRM (Lizbon), vol.1, pp.509-513., 1966.
- RESHETYUK Y.: **Investigation and calibration of pulsed time-of-flight terrestrial laser scanners**, Royal Institute of Technology Department of Transport and Economics Division of Geodesy Stockholm, 2006.
- ZAGORCHEV, L., GOSHTASBY, A.: **A paint-brush laser range scanner**, Computer Vision and Image Understanding 101, 2006.



# Çoklu Frekanslı GNSS Ölçüleri İle Anlık Bağlı Konum Belirlemede Stokastik Model Oluşturma

Orhan KURT<sup>1</sup>

## Özet

*Başlangıç Faz Belirsizliği (BFB) çözüm aşaması, GNSS gözlemlerinin değerlendirilmesinin en önemli aşamasını oluşturur. BFB çözüm yöntemlerinin doğru BFB değerlerini bulabilmesi kurulan matematik model ile doğrudan ilişkilidir. Bir çok akademik ve ticari yazılımda; matematik modelin fonksiyonel bölümü, BFB bilinmeyenlerinin diğer bilinmeyen parametrelerden kolayca ayrıştırılmasını sağlamak için İkili Fark (İF) gözlemler kullanılarak oluşturulur. Matematik modelin stokastik bölümü, genellikle kullanıcının kendi deneyimlerine bağlı olarak ya da ölçülerin anlık olarak değerlendirilmesi sırasında yapılan gerçel çözüm aşamasında tekrarlamalı olarak belirlenir. Bu çalışmada, GNSS ölçüleri için farklı stokastik model seçimleri ve bu seçimlerin sonuçları nasıl değiştirdiği gerçek sayısal uygulamalar üzerinden tartışılmıştır.*

## Anahtar Sözcükler

Anlık bağlı konum belirleme, ikili fark gözlemler, stokastik model.

## Abstract

### Stochastic Modeling for Instantaneous Relative Positioning with Multiple Frequencies GNSS Observations

*Ambiguity resolution stage constitutes most important part of evaluating GNSS observation. Estimation of correct ambiguities is directly related to mathematical model for all ambiguity resolution methods. The functional part of the mathematical model is established using Double Differences (DD) observables in a lot of academic and commercial software to easily separate the correct ambiguities from the other parameters in the model. The stochastic part of the model is generally composed from own experiences of the users or iteratively generated at the real solution part of the positioning in real time. In this paper, different selections of the stochastic models for GNSS observations are argued on, and it is showed how the results according to the selections are changed on some real numerical examples.*

## Key Words

Instantaneous relative positioning, double differenced observation, stochastic model.

## 1. Giriş

Anlık bağlı konum belirlemede santimetre doğruluğa ulaşmak için her epokta BFB bilinmeyenlerinin doğru olarak kestirilmesi gerekir. BFB bilinmeyenlerinin kestirimi üç

ortam üzerinden gerçekleştirilir. Bunlar; ölçü ortamı, BFB ortamı ve koordinat ortamıdır. En yaygın kullanılan ortam, BFB ortamıdır. BFB ortamını kullanan yöntemlerde baz dengelemesi üç aşamada gerçekleştirilir. Bunlar; gerçel çözüm, BFB çözümü ve baz çözümünün tamamlanmasıdır. BFB ortamını kullanan kestirim yöntemlerinde; gerçel çözüm sonucunda elde edilen BFB bilinmeyenleri ve varyans-kovaryans matrislerinden yararlanılır. Varyans-kovaryans matrisi ile belirlenen ve merkezi gerçel çözümle çakışan hiper elipsoidin sınırları içerisine düşen olası BFB bilinmeyenleri kombinasyonlarının gerçel çözüme uzaklığına bakılır ve en yakın BFB kombinasyonu aranan çözüm olarak belirlenir. Bu tür yöntemlerin başarısı, gerçel çözüm merkezli hiper elipsoidin doğru BFB bilinmeyenlerini kapsayıp kapsamamasına bağlıdır. Doğru BFB bilinmeyenlerinin hiper elipsoid dışında kalması durumunda; BFB kestirim yöntemleri, BFB kestiriminde başarısız olurlar ve baz bileşenleri metre mertebesinde hatalı elde edilir.

Kısa ölçü sürelerinde BFB çözümünün başarısı gerçel çözüme doğrudan bağlıdır. Gerçel çözümün başarısı ise fonksiyonel ve stokastik modelin eksiksiz kurulması ile ilgilidir. Kısa GNSS bazlarında İF fonksiyonel modeli, geometrik ve fiziksel yapıyı yeterince belirlediğinden, çalışmada İF stokastik model üzerinde yoğunlaşmıştır.

GNSS ölçüleri ile İF matematik model oluşturma ile ilgili ayrıntılı bilgi (LEICK 1995, HOFMANN-WELLENHOF 1997, TEUNISSEN ve KLEUSBERG 1998, WANG 2000, ODIJK 2003, KURT 2003, DATCH vd. 2007, KURT 2010a) kaynaklarından, BFB çözümü için (TEUNISSEN 1995, LEICK 1995, JONGE ve TIBERIUS 1996, HAN ve RIZOS 1996; HOFMANN-WELLENHOF 1997, TEUNISSEN ve KLEUSBERG 1998; DATCH vd. 2007; CANG vd., 2005) kaynaklarından, BFB geçerlilik testleri için ise (VERHAGEN 2004, KURT 2005a) kaynaklarından yararlanılabilir. Çalışmada kullanılan anlık bağlı konum belirleme yöntemi için (KURT 2010a) kaynağından yararlanılabilir.

## 2. Matematik Model

Birçok ticari ve akademik yazılım bağlı konum belirleme aşamasında İF matematik modeli kullanır. İF matematik modelin en önemli özellikleri; GNSS ölçülerindeki hataların bir kısmını tamamen ortadan kaldırması, bir kısmının etkilerini oldukça azaltması ve epoklara göre bağımsız olmasıdır. Bu özellikleri, bağımsız epok çözümünü ve BFB bilinmeyenlerini diğer bilinmeyenlerden ayrıştırılmasını kolaylaştırmaktadır.

<sup>1</sup> Yrd. Doç. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü

## 2.1. İF Fonksiyonel Model

İF matematik model genellikle bir uydu sabit alınarak oluşturulur. Sabit uydu genellikle başucu açısı en küçük olan uydu ya da gözlem süresi boyunca en fazla ölçü toplanan uydu olarak seçilir. Uzun bazlarda ise en çok İF ölçüsü oluşturan uydu dizilişi fonksiyonel modeli ve buna bağlı olarak da stokastik modeli belirler. Durağan ya da hareketli bağlı konum belirlemede sabit nokta  $i$  ve bilinmeyen nokta  $j$ 'den, sabit uydu  $k$  ve değişken uydu  $l$ 'ye yapılan eş zamanlı gözlemlerle elde edilen İF kod ve faz ölçüleri için fonksiyonel model;

$$R_{ij,L}^{kl}(t) - I_{ij,L}^{kl}(t) - T_{ij,L}^{kl}(t) = \rho_{ij}^{kl}(t) + M_{ij}^{kl}(t) + e_{ij,L}^{kl}(t) \quad (1a)$$

$$\Phi_{ij,L}^{kl}(t) + I_{ij,L}^{kl}(t) - T_{ij,L}^{kl}(t) = \rho_{ij}^{kl}(t) + \lambda_L N_{ij,L}^{kl} + \mu_{ij,L}^{kl} + \varepsilon_{ij,L}^{kl}(t) \quad (1b)$$

$$N_{ij,L}^{kl} = N_{j,L}^l - N_{i,L}^l - N_{j,L}^k + N_{i,L}^k$$

$$\{N^k = R(\approx C), \Phi, \rho, I, T, M, \mu, N, e, \varepsilon \dots \text{ ve } L=1,2,\dots\}$$

şeklinde sade olarak yazılabilir. (1) eşitliklerinde  $R(\approx C)$  ve  $\Phi$ ; metre birimli kod ve faz ölçülerini,  $\rho$ ; geometrik uzunluğu,  $I$  ve  $T$ ; iyonosferik ve troposferik etkileri,  $M$  ve  $\mu$ ; kod-faz ölçülerindeki yansıma hatalarını (çalışmada  $M=\mu=0$  olarak alınmıştır),  $N$ ; BFB bilinmeyenlerini ve  $e$  ve  $\varepsilon$ ; kod-faz ölçü hatalarını temsil etmektedir. (1) eşitlikleri, ilk kod ve faz ölçülerinin bir İF dönüşüm matrisi ( $F$  ya da  $G$ ) ile çarpılması ile oluşturulur (Tablo 1, Tablo 3). İF ölçülerinin varyans-kovaryans matrisi ( $\Sigma_y$ ) ise, (1) bağıntılarını oluşturan ilk kod-faz ölçülerinin varyans-kovaryans matrislerinden yararlanılarak hata yayılma kuralı ile elde edilir (Tablo 2, Tablo 4).

Tablo 1: Bir uydu sabit matematik modelde İF doğrusal dönüşüm matrisi.

$(u=5: \text{uydu sayısı}, n=u-1=4: \text{İF ölçü sayısı}).$

| Alc.No: | A       |         |         |         |         | B       |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Uy.No:  | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       |
| $q_i^k$ | $q_A^1$ | $q_A^2$ | $q_A^3$ | $q_A^4$ | $q_A^5$ | $q_B^1$ | $q_B^2$ | $q_B^3$ | $q_B^4$ | $q_B^5$ |
| $F =$   | 1       | -1      | 0       | 0       | 0       | -1      | 1       | 0       | 0       | 0       |
|         | 1       | 0       | -1      | 0       | 0       | -1      | 0       | 1       | 0       | 0       |
|         | 1       | 0       | 0       | -1      | 0       | -1      | 0       | 0       | 1       | 0       |
|         | 1       | 0       | 0       | 0       | -1      | -1      | 0       | 0       | 0       | 1       |

Tablo 2: Herhangi bir ağırlıklandırma fonksiyonuna göre belirlenmiş İF kovaryans matrisi

$q_i^k = f(Z_i^k) = 1/\cos^2 Z_i^k, \{i=A,B \text{ ve } k=1,2,\dots,u\}$

| $F Q_i F^T =$ | $q_A^1 + q_B^1 + q_A^2 + q_B^2$ | $q_A^1 + q_B^1$                 | $q_A^1 + q_B^1$                 | $q_A^1 + q_B^1$                 | $q_A^1 + q_B^1$ |
|---------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------|
|               | $q_A^1 + q_B^1$                 | $q_A^1 + q_B^1 + q_A^3 + q_B^3$ | $q_A^1 + q_B^1$                 | $q_A^1 + q_B^1$                 | $q_A^1 + q_B^1$ |
|               | $q_A^1 + q_B^1$                 | $q_A^1 + q_B^1$                 | $q_A^1 + q_B^1 + q_A^4 + q_B^4$ | $q_A^1 + q_B^1$                 | $q_A^1 + q_B^1$ |
|               | $q_A^1 + q_B^1$                 | $q_A^1 + q_B^1$                 | $q_A^1 + q_B^1$                 | $q_A^1 + q_B^1 + q_A^5 + q_B^5$ | $q_A^1 + q_B^1$ |

$$y = F N \quad (2a)$$

$$\Sigma_y = F \Sigma_N F^T \quad \{N^k = \Phi_1, \Phi_2, C_1, R_1, R_2\} \quad (2b)$$

$$p_l^k = 1/q_l^k = f(Z_l^k) \quad \{l=i, j \text{ ve } k=1, 2, \dots, u\} \quad (2c)$$

$$\Sigma_N = \sigma_N^2 \text{ksgn} \{q_i^1 \ q_i^2 \ \dots \ q_i^u \ q_j^1 \ q_j^2 \ \dots \ q_j^u\}$$

Çalışmada, aynı ve farklı epoklarda yer alan ölçülerin fiziksel olarak korelasyonsuz olduğu kabul edilmiştir. İlk ölçüler sadece alıcından uyduya olan düşey açının ( $Z_i^k$ ) fonksiyonuna ve farklı grup ölçülerin öncül varyanslarına göre ağırlıklandırılmıştır (Tablo 2, Tablo 4).

(1) bağıntılarında geometrik uzunluğa karşılık gelen  $\rho_{ij}^{kl}$ ,  $i$ - $j$  alıcı koordinatlarının fonksiyonu şeklinde yazılıp  $i$  noktası sabit kabul edilip  $j$  noktasına göre doğrusallaştırılır ve (2b) bağıntısına göre oluşturulan stokastik model kullanılırsa, bütün epoklar da toplanan İF matematik model Gauss-Markoff modeline göre aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$E\{y\} = A a + B b \quad D\{y\} = \Sigma_y \quad (3)$$

(3) bağıntısında  $a$  ve  $b$  vektörleri sırasıyla BFB ve baz bileşeni bilinmeyenlerini,  $A$  ve  $B$  matrisleri ilgili bilinmeyenlerin katsayılar matrisini,  $y$  vektörü ötelenmiş İF faz ve kod ölçülerini temsil etmektedir (KURT 2010a).

## 2.2. İF Stokastik Model

İF fonksiyonel; genellikle fiziksel olarak bağımsız kabul edilen ilk ölçülerin bir doğrusal dönüşüm matrisi  $F$  ya da  $G$  ile çarpılması ile elde edilir. Oluşan İF ölçülerin varyans kovaryans matrisi ise, sabit uydu seçimine bağlı olarak iki şekilde gerçekleştirilir. Bunlar; bir uydu sabit İF matematik model ve sabit uydu değişken matematik modelidir.

Bir alıcı sabit diğer alıcı değişken kabul edilerek, iki alıcı ile aynı uydulara yapılan kod-faz ölçülerinin TF (Tekli Fark) ölçüleri oluşturulur. Elde edilen TF ölçülerinin doğrusal kombinasyonu olan İF ölçüleri, TF ölçülerinin değişik yapıda doğrusal kombinasyonları ile kurulur. Bazı değerlendirme yazılımları, İF ölçülerinin oluşturulması aşamasında; önce TF ölçülerini ve daha sonra bunlardan İF ölçülerini oluşturma yoluna gitmişlerdir. Bazı değerlendirme yazılımları da **F** ya da **G** gibi doğrusal dönüşüm matrisleri kullanarak İF ölçülerini oluşturmuşlardır. Çalışmada ikinci yol izlenmiştir.

**Bir uydu sabit İF stokastik model:** Sabit seçilen uydunun TF ölçülerinden diğer uyduların TF ölçüleri çıkarılarak elde edilen matematik modeldir. Genellikle en yüksekteki uydu ya da en çok gözlem toplanan uydu, sabit uydu olarak seçilir (Tablo 1, Tablo 2).

**Sabit uydu Değişken İF stokastik model:** TF ölçülerin birbirinden çıkarılması ile oluşturulan matematik modeldir. Sözgelimi, uydular düşey açılara göre sıralanırsa, İF ölçüler 1→2, 2→3 ve (u-1)→u uydularının farkları şeklinde oluşturulur (Tablo 3, Tablo 4).

Tablo 3: Sabit uydu değişken matematik modelde İF doğrusal dönüşüm matrisi

$(u=5: \text{uydu sayısı}, n=u-1=4: \text{İF ölçü sayısı})$

| Alc.No:    | A       |         |         |         |         | B       |         |         |         |         |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Uy.No:     | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       |
| $q_i^k$    | $q_A^1$ | $q_A^2$ | $q_A^3$ | $q_A^4$ | $q_A^5$ | $q_B^1$ | $q_B^2$ | $q_B^3$ | $q_B^4$ | $q_B^5$ |
| <b>G</b> = | 1       | -1      | 0       | 0       | 0       | -1      | 1       | 0       | 0       | 0       |
|            | 0       | 1       | -1      | 0       | 0       | 0       | -1      | 1       | 0       | 0       |
|            | 0       | 0       | 1       | -1      | 0       | 0       | 0       | -1      | 1       | 0       |
|            | 0       | 0       | 0       | 1       | -1      | 0       | 0       | 0       | -1      | 1       |

Tablo 4: Herhangi bir ağırlıklandırma fonksiyonuna göre belirlenmiş İF kovaryans matrisi

$q_i^k = 1/\cos^2 Z_i^k, \{i=A,B \text{ ve } k=1,2,\dots,u\}$

| <b>G Q<sub>ℓ</sub> G<sup>T</sup></b> | $q_A^1+q_B^1+q_A^2+q_B^2$ | $-(q_A^2+q_B^2)$          | 0                         | 0                         |
|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                                      | $-(q_A^2+q_B^2)$          | $q_A^2+q_B^2+q_A^3+q_B^3$ | $-(q_A^3+q_B^3)$          | 0                         |
|                                      | 0                         | $-(q_A^3+q_B^3)$          | $q_A^3+q_B^3+q_A^4+q_B^4$ | $-(q_A^4+q_B^4)$          |
|                                      | 0                         | 0                         | $-(q_A^4+q_B^4)$          | $q_A^4+q_B^4+q_A^5+q_B^5$ |

Tablo 2 ve Tablo 4 elde edilen ters ağırlık matrislerinin sadece bir ölçü grubuna ait oldukları unutulmamalıdır. Farklı ölçü grupları {kod:R,C ve faz:Φ} ve farklı dalga boyları

(L=1, 2) için bir epoktaki İF ölçülerinin varyans-kovaryans matrisi aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$\Sigma_y = \begin{bmatrix} \sigma_{\Phi_1}^2 \mathbf{FQ}_\ell \mathbf{F}^T & & & & \\ & \sigma_{\Phi_2}^2 \mathbf{FQ}_\ell \mathbf{F}^T & & & \\ & & \sigma_{C1}^2 \mathbf{FQ}_\ell \mathbf{F}^T & & \\ & & & \sigma_{R1}^2 \mathbf{FQ}_\ell \mathbf{F}^T & \\ & & & & \sigma_{R2}^2 \mathbf{FQ}_\ell \mathbf{F}^T \end{bmatrix}$$

(4) bağıntısı bir uydu sabit İF ölçülerinin varyans-kovaryans matrisidir. **F** matrisi yerine **G** matrisi kullanılarak sabit uydu değişken İF ölçülerinin varyans-kovaryans matrisine ulaşılır.

### 2.3. Anlık Bağlı Konum Belirleme

Aşağıda KURT (2010a) kaynağında önerilen durağan (statik) bağlı konum belirleme yöntemi özetlenmiştir, ayrıntılı bilgi için bu kaynaktan yararlanılabilir. Bu yöntemin temel düşüncesi her bir epokta bağımsız BFB çözümüne dayanmaktadır. Durağan bağlı konum belirleme yönteminde (6-9) bağıntıla-

rındaki toplamalar kaldırıldığında, bu yöntem anlık bağlı konum belirleme yöntemine dönüşür.

İF ölçüler ile  $k$ . epoka kadar çözüm aşağıdaki şekilde gerçekleştirilir.  $m$ ; epok sayısı,  $u_k$ ;  $k$ . epoktaki uydu sayısı,  $n_{DD}=u_k-1$ ;  $k$ . epoktaki İF-BFB bilinmeyenleri,  $f$ ; alıcının aldığı faz ölçü türü sayısı (çalışmada  $f=2$ , L1 ve L2),  $t$ ; bir epoktaki ölçü türü sayısı (çalışmada  $t=5$ ;  $\Phi_1, \Phi_2, C_1, R_1, R_2$ ) olmak üzere,  $k$ . epokta ve  $k$ . epoka kadar olan büyüklüklerin hesaplanması aşağıda verilen sırada yapılır (KURT 2010a).

\*  $k$ . epokta İF faz-kod ölçüleri ile matematik model oluşturulur.

$$\mathbf{y}_k + \mathbf{e}_k = \mathbf{A}_k \mathbf{a}_k + \mathbf{B}_k \mathbf{b} \quad \mathbf{P}_k = \Sigma_y^{-1} \quad (5)$$

\*  $k$ . epoka kadar olan ölçüler ile normal denklemler kurulur.

$$\begin{bmatrix} \mathbf{N}_{a_k} & \mathbf{N}_{ab_k} \\ \mathbf{N}_{ba_k} & \mathbf{N}_{b_k} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{a}_k \\ \mathbf{b} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{n}_{a_k} \\ \tilde{\mathbf{n}}_{b_k} \end{bmatrix} \quad i=1, 2, \dots, k, \dots, m \quad (6)$$

$$\mathbf{N}_{a_k} = \mathbf{A}_k^T \mathbf{P}_k \mathbf{A}_k, \quad \mathbf{N}_{ab_k} = \mathbf{A}_k^T \mathbf{P}_k \mathbf{B}_k, \quad \mathbf{n}_{a_k} = \mathbf{A}_k^T \mathbf{P}_k \mathbf{y}_k$$

$$\mathbf{N}_{b_k} = \sum_{i=1}^k \mathbf{B}_i^T \mathbf{P}_i \mathbf{B}_i, \quad \mathbf{n}_{b_k} = \sum_{i=1}^k \mathbf{B}_i^T \mathbf{P}_i \mathbf{y}_i, \quad \tilde{\mathbf{n}}_{b_k} = \mathbf{n}_{b_k} - \sum_{i=1}^{k-1} \mathbf{N}_{ba_i} \tilde{\mathbf{a}}_i$$

\*  $k$ . epoktaki BFB bilinmeyenlerinin çözümü (LAMBDA; Least Ambiguity Decorrelation Adjustment) yapılır ve  $k$ . epoktaki çözüm ile baz bilinmeyenleri iyileştirilir

$$\begin{bmatrix} \hat{\mathbf{a}}_k \\ \hat{\mathbf{b}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{Q}_{\hat{a}_k} & \mathbf{Q}_{\hat{a}_k \hat{b}_k} \\ \mathbf{Q}_{\hat{b}_k \hat{a}_k} & \mathbf{Q}_{\hat{b}_k} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{n}_{a_k} \\ \tilde{\mathbf{n}}_{b_k} \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} \hat{\mathbf{a}}_k \in \mathbb{R}^{f(u_k-1)} \\ \hat{\mathbf{b}} \in \mathbb{R}^3 \end{matrix} \quad (7a)$$

$$(\hat{\mathbf{a}}_k - \tilde{\mathbf{a}}_k)^T \mathbf{Q}_{\hat{a}_k}^{-1} (\hat{\mathbf{a}}_k - \tilde{\mathbf{a}}_k) = \min \quad \tilde{\mathbf{a}}_k \in \mathbb{Z}^{f(u_k-1)} \quad (7b)$$

$$\tilde{\mathbf{b}} = \mathbf{Q}_{\tilde{b}_k} \{ \tilde{\mathbf{n}}_{b_k} - \mathbf{N}_{ba_k} \tilde{\mathbf{a}}_k \} \quad \mathbf{Q}_{\tilde{b}_k} = \mathbf{N}_{b_k}^{-1} \quad (7c)$$

\*  $k$ . epokta duyarlık hesapları yapılır.  $k$ . epokta gerçel çözümün varyansı (8a),  $k$ . epokta BFB çözümünün varyansı (8b),  $k$ . epoktaki gerçel çözüm sonundaki İF düzeltmeler (8c),  $k$ . epoktaki tamsayı çözüm sonundaki İF düzeltmeler (8d) bağıntıları ile verilmiştir.

$$\hat{\sigma}_k^2 = \sum_{i=1}^k \hat{\mathbf{e}}_i^T \mathbf{P}_i \hat{\mathbf{e}}_i / \left\{ (t-f) \sum_{i=1}^k (u_k-1) - 3 \right\} \quad (8a)$$

$$\tilde{\sigma}_k^2 = \sum_{i=1}^k \tilde{\mathbf{e}}_i^T \mathbf{P}_i \tilde{\mathbf{e}}_i / \left\{ t \sum_{i=1}^k (u_k-1) - 3 \right\} \quad (8b)$$

$$\hat{\mathbf{e}}_k = \mathbf{A}_k \hat{\mathbf{a}}_k + \mathbf{B}_k \hat{\mathbf{b}} - \mathbf{y}_k \quad (8c)$$

$$\tilde{\mathbf{e}}_k = \mathbf{A}_k \tilde{\mathbf{a}}_k + \mathbf{B}_k \tilde{\mathbf{b}} - \mathbf{y}_k \quad (8d)$$

$$\sum_{i=1}^k \hat{\mathbf{e}}_i^T \mathbf{P}_i \hat{\mathbf{e}}_i = \sum_{i=1}^k \mathbf{y}_i^T \mathbf{P}_i \mathbf{y}_i - \left\{ \sum_{i=1}^k \mathbf{n}_i \right\}^T \mathbf{x}, \quad \mathbf{x} = \begin{bmatrix} \mathbf{a}_k \\ \mathbf{b} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{n} = \begin{bmatrix} \mathbf{n}_{a_k} \\ \mathbf{n}_{b_k} \end{bmatrix}$$

$$\sum_{i=1}^k \tilde{\mathbf{e}}_i^T \mathbf{P}_i \tilde{\mathbf{e}}_i = \sum_{i=1}^k \hat{\mathbf{e}}_i^T \mathbf{P}_i \hat{\mathbf{e}}_i + (\hat{\mathbf{a}}_k - \tilde{\mathbf{a}}_k)^T \mathbf{Q}_{\hat{a}_k}^{-1} (\hat{\mathbf{a}}_k - \tilde{\mathbf{a}}_k)$$

\*  $k$ . epokta baz bileşenlerinin varyans-kovaryans matrisi (9) bağıntısı ile elde edilir.

$$\mathbf{K}_{b_k} = \tilde{\sigma}_k^2 \mathbf{N}_{b_k}^{-1} = \tilde{\sigma}_k^2 \mathbf{Q}_{\tilde{b}_k} \quad (9)$$

(6-9) bağıntıları durağan bağlı konum belirlemeye göre oluşturulmuştur. Toplamlar yerine sadece  $k$ . epoktaki bilgiler kullanıldığında, bu yöntem anlık bağlı konum belirleme yöntemine dönüşür (KURT 2010a).

## 2.4. Dinamik Stokastik Model Oluşturma Önerisi

Her bir epokta (8c) bağıntısı ile gerçel çözüm sonucu elde edilen İF ölçülerinin düzeltmeleri bulunduğundan sonra, aşağıdaki önerilen çözüm ile alıcı ve uydu arasındaki ilk düzeltmelerin kestirim değerleri elde edilir.  $k$ . epoktaki gerçel çözüm sonundaki ilk düzeltmeler (10a) ve  $k$ . epoktaki tamsayı çözüm sonundaki ilk düzeltmeler (10b) ile elde edilir.

$$\hat{\mathbf{e}}_k = \mathbf{Q}_\ell \mathbf{F}^T (\mathbf{F} \mathbf{Q}_\ell \mathbf{F}^T)^{-1} \hat{\mathbf{e}}_k \quad (10a)$$

$$\tilde{\mathbf{e}}_k = \mathbf{Q}_\ell \mathbf{F}^T (\mathbf{F} \mathbf{Q}_\ell \mathbf{F}^T)^{-1} \tilde{\mathbf{e}}_k \quad (10b)$$

(10) bağıntıları ile elde edilen düzeltmeler alıcı ile uydu arasında ölçülen faz ve kod ölçülerinin düzeltmeleridir. Her bir epokta (10a) bağıntısı ile elde edilen düzeltmeler bir ağırlıklandırma fonksiyonu ile ağırlıklandırılabilir. Yeni ağırlıklara göre BFB kestirimi yapılırsa, dinamik ağırlıklandırma yapılmış olur. Çalışmada bu durum incelenmemiş, gelecekteki araştırmalar için bir öneri olarak sunulmuştur.

Sayısal uygulama bölümünde BFB çözümü gerçekleştirilen bazlardaki ölçü gruplarının ağırlıkları dışardan değiştirilmiştir. Bu çalışma, öncül ağırlıkların anlık BFB çözümünü nasıl etkilediğini göstermek ve bu konu ile ilgili çalışmalara ışık tutmayı amaçlamaktadır.

Okuyucu, dinamik stokastik model oluşturma ile ilgili ayrıntılı bilgiyi DAI vd. (1999) kaynağından elde edebilir.

## 3. Sayısal Uygulamalar

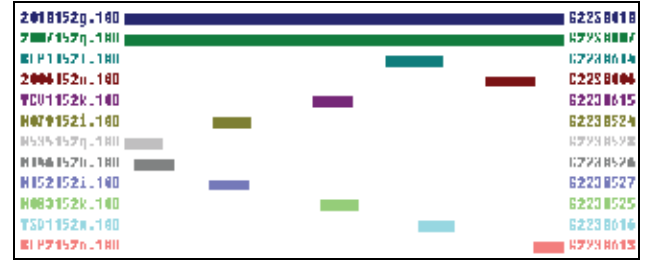
Kocaeli Büyükşehir Belediyesi tarafından Kutlubey Harita Şirketine ihale edilen Sayısal Fotogrametrik Harita Üretimi için oluşturulan kontrol ağının, 1 Haziran 2010 gününde 4 adet *Topcon TPSHIPER-GGD* alıcısı ile Kutlubey Harita tarafından yapılan ölçüler, çalışmanın uygulama bölümünün verilerini oluşturmaktadır. Ölçüler iki alıcı sabit iki alıcı gezici olacak şekilde ölçülmüştür (Tablo 1, Şekil 1).

Ölçülerin değerlendirilmesinde ölçüler arasındaki fiziksel korelasyonlar göz ardı edilmiş, uydunun düşey açısına göre  $p_i^k = 1/q_i^k = \cos^2 Z_i^k$  olacak şekilde ağırlıklandırılmış ve iki kez fark alınmış faz ve kod ölçüleri arasındaki cebrik korelasyon dikkate alınmıştır. Şekil 2'de ilk ölçüler için üç farklı ağırlık fonksiyonunun karşılaştırılması gösterilmiştir. Bunlar;  $p_i^k = 1/q_i^k = 1.00$ ,  $p_i^k = 1/q_i^k = \cos Z_i^k$  ve  $p_i^k = 1/q_i^k = \cos^2 Z_i^k$  dir (Şekil 2b). Şekil 2b, en iyi ağırlıklandırma fonksiyonunun, çalışmada kullanılan fonksiyon olduğunu göstermektedir. Düşey açya ait ağırlıklandırmanın en önemli yararı minimum yükseklik açısının daha küçük seçilebilmesini sağlamasıdır.



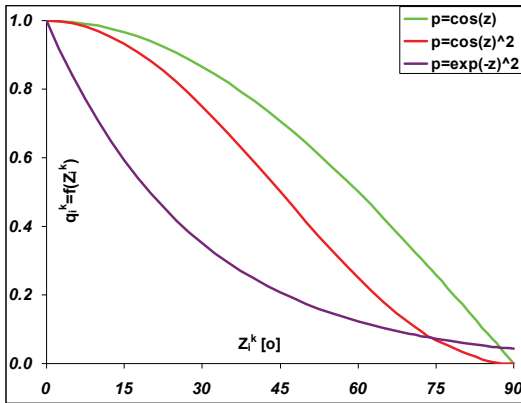
Tablo 1: Nokta ve dosya adları (Şekil 1).

| NN | N. ADI   | Ölçü Dosyaları | Duyarlı Yörünge |
|----|----------|----------------|-----------------|
| 01 | G22S0010 | 2010152g.10o   | igs15862.sp3    |
| 02 | G22S0007 | 2007152g.10o   |                 |
| 03 | G22S0006 | 2006152n.10o   |                 |
| 04 | G2230524 | n079152i.10o   |                 |
| 05 | G2230525 | n083152k.10o   |                 |
| 06 | G2230526 | n146152h.10o   |                 |
| 07 | G2230527 | n535152g.10o   |                 |
| 08 | G2230528 | n152152i.10o   |                 |
| 09 | G2230613 | blp2152o.10o   |                 |
| 10 | G2230614 | blp1152l.10o   |                 |
| 11 | G2230615 | ycv1152k.10o   |                 |
| 12 | G2230616 | ysd1152m.10o   |                 |

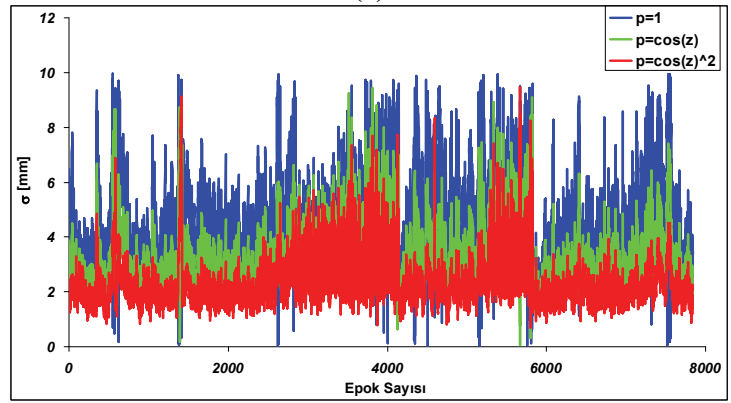


Şekil 1: Sayısal uygulamada kullanılan GNSS ölçülerinin oturum planı.

Minimum yükseklik açısının  $15^\circ$  seçildiği değerlendirilmelerde, farklı ölçü grupları için öncül değerler  $\sigma_{\phi_1}=\pm 0.2cm, \sigma_{\phi_2}=\pm 0.4cm, \sigma_{C_1}=\sigma_{R_1}=\sigma_{R_2}=\pm 30cm$  (Şekil 3a) ve  $\sigma_{\phi_1}=\pm 0.2cm, \sigma_{\phi_2}=\pm 0.4cm, \sigma_{C_1}=\pm 60cm, \sigma_{R_1}=\sigma_{R_2}=\pm 30cm$  (Şekil 3b) alınarak değerlendirme yapılmıştır. Birim ölçünün karesel ortalama hatası  $\sigma=\sigma_{\phi_1}$  olarak seçilmiştir. Bütün bazların değerlendirilmesinde BFB bilinmeyenleri epoklar arası bağımsız olarak kabul edilmiş ve her bir baz durağan konum belirleme yöntemine göre belirlenmiştir (KURT, 2010a). Baz dengelemeleri sonunda elde edilen baz bileşenleri serbest ağ dengelemesi yöntemine göre dengelenmiş, sonuçlar Şekil 3'de sergilenmiştir.



(a)



(b)

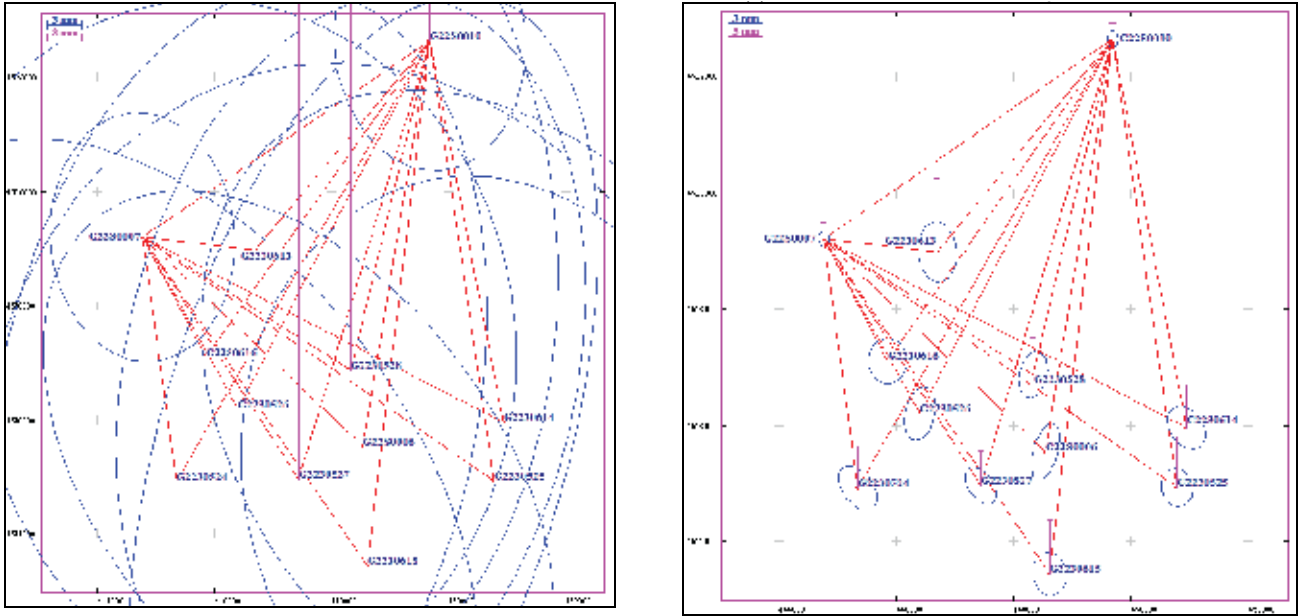
Şekil 2: (a) G22S0010 → G22S0007 bazının değerlendirilmesi sırasında, alıcı uydu arasındaki düşey açıya göre ağırlıklandırma. (Min yükseklik açısı:  $15^\circ$ , öncül duyarlıklar:  $\sigma_{\phi_1}=\pm 0.2cm, \sigma_{\phi_2}=\pm 0.3cm, \sigma_{C_1}=\sigma_{R_1}=\sigma_{R_2}=\pm 30cm$ ), (b) düşey açıya bağımlı ağırlıklandırma fonksiyonlarının düşey değerine göre değişiminin grafiği

Bazların doğru değerlerinin bulunduğu durağan konum belirlemede dahi farklı ölçü ağırlıkları ile farklı çözümlere ulaşılmıştır (Şekil 3).

Durağan konum belirleme sonucu yapılan serbest ağ dengelemesinde G22S0010 → G2230615 bazının doğru olarak belirlenmediği görülmektedir (Şekil 3a). Bu durumun nedeni BFB bilinmeyenlerinin en az bir epokta doğru olarak kestirilememesinden kaynaklanmaktadır. Yalnızca  $C_1$  ölçü grubunun ağırlığı dört kat küçültülmüş (öncül duyarlılığı 2 kat büyütülmüş), söz konusu baz tekrar değerlendirilmiştir. İkinci grup ağırlıklar ile bazların doğru değerleri hesaplanmıştır. İkinci grup ağırlıklar ile yapılan bütün bazların tekrar değerlendirilmesinde BFB bilinmeyenleri doğru olarak kestirilmiştir (Şekil 3b).

G2230615 noktasına ait olan iki bazın (G22S0010 → G2230615 ve G22S0007 → G2230615) değerlendirilmesi

Şekil 4'de sergilenmiştir. Şekil 4 durağan bağlı konum belirleme yöntemi kullanılarak, Şekil 3a ile sergilenen hatalı ağdaki koşullara göre değerlendirme yapılmış ve Şekil 3b'de sergilenen hatasız ağın koşulları ile elde edilen değerler ile karşılaştırılmıştır. Şekil 4a; bu iki bazın doğru değerler ile tekrarlanabilirlik (=doğru baz bileşenleri ile, her bir bağımsız epok çözümü sonucunda elde edilen baz bileşenlerinin farkı) testine göre karşılaştırılmasını gösterirken, Şekil 4b; uydu sayısını, anlık gerçel çözüm sonucunda (Anlık Gerçel) elde edilen birim ölçünün soncul duyarlılığını, durağan gerçel çözüm sonucunda (Gerçel) elde edilen birim ölçünün soncul duyarlılığını, her bir epok sonunda BFB çözümünden (Tamsayı) sonra elde edilen soncul duyarlılığı temsil etmektedir (Şekil 4).

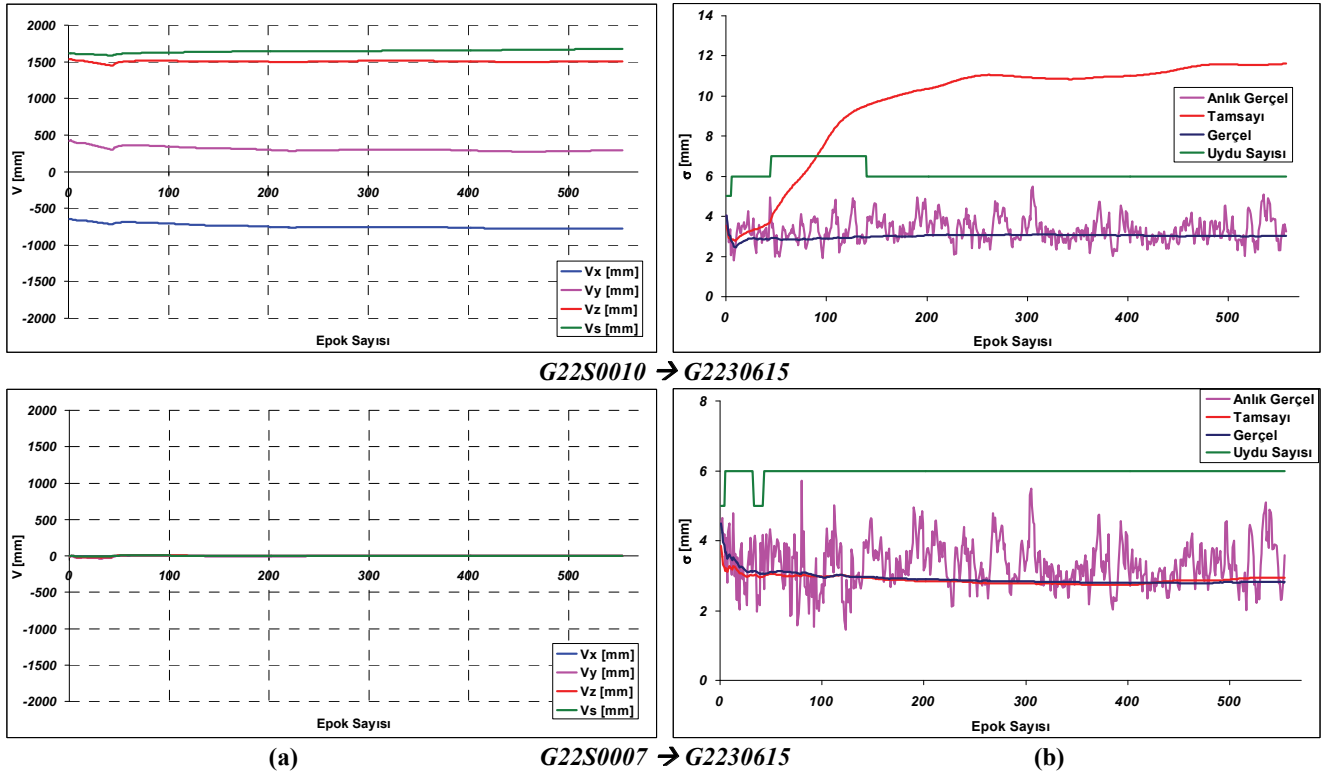


Şekil 3: Farklı ölçü gruplarının farklı ağırlıklandırılması ile durağan bağlı konum belirleme (KURT, 2010a).

(a)  $\sigma_{\phi_1} = \pm 0.2cm$ ,  $\sigma_{\phi_2} = \pm 0.4cm$ ,  $\sigma_{CI} = \sigma_{R1} = \sigma_{R2} = \pm 30cm$  (b)  $\sigma_{\phi_1} = \pm 0.2cm$ ,  $\sigma_{\phi_2} = \pm 0.4cm$ ,  $\sigma_{CI} = \pm 60cm$ ,  $\sigma_{R1} = \sigma_{R2} = \pm 30cm$

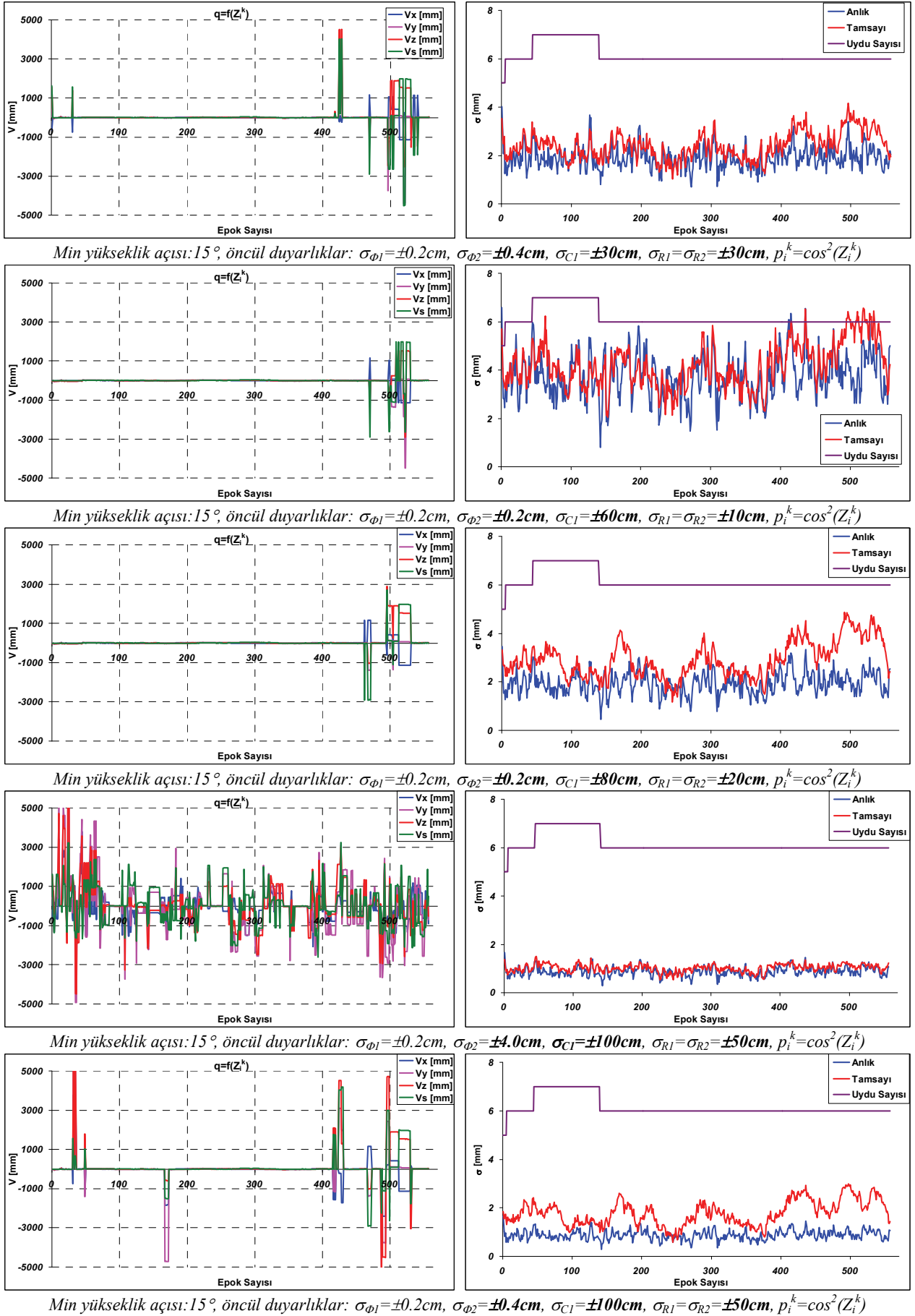
Anlık konum belirlemede; öngörülen ağırlıkların BFB çözümü üzerindeki etkileri, örnek ağı en sorunlu ve en uzun bazı olan  $G22S0010 \rightarrow G2230615$  bazı üzerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 5). Şekil 5'in sağ sütununu oluşturan Şekil

5a baz bileşenlerinin tekrarlanabilirlik testlerini, diğer sütun Şekil 5b ise anlık gerçel ve tamsayı çözümün soncul duyarlılıklarının epoklara göre değişimini ve uydu sayısını göstermektedir.



(a)  $G22S0010 \rightarrow G2230615$  (b)  $G22S0007 \rightarrow G2230615$   
Min yükseklik açısı:  $15^\circ$ , öncül duyarlılıklar:  $\sigma_{\phi_1} = \pm 0.2cm$ ,  $\sigma_{\phi_2} = \pm 0.4cm$ ,  $\sigma_{CI} = \sigma_{R1} = \sigma_{R2} = \pm 30cm$ .

Şekil 4: Hatalı olan  $G2230615$  noktasına ait iki bazın (a) tekrarlanabilirlik testleri  $\{V_N = \Delta \bar{N} - \Delta N_k, N=X, Y, Z, S \text{ ve } k=1,2,\dots,m\}$  ve (b) uydu sayısı ve anlık gerçel, geçerli epoka kadar gerçel (Gerçel) ve tamsayı çözüm sonucunda elde edilen duyarlılıklar (Tamsayı)



Şekil 5: G22S0010-G2230615 bazının farklı ağırlıklara göre anlık değerlendirme sonuçları

Şekil 5 incelendiğinde, (bütün epokların bağımsız olarak değerlendirildiği durum olan) anlık konum belirlemede her epokta doğru BFB değerlerine ulaşılamadığı ve farklı öncül duyarlıklar ile sonuçların değiştiği görülmektedir. GNSS uydularının yörünge yükseklikleri ile baz uzunlukları karşılaştırıldığında, aralarındaki farkın çok büyük olduğu görülür. Bu durum, kısa GNSS ölçüleri için yazılan fonksiyonel modelde geçen bilinmeyen parametrelerin birbirinden ayrıştırılmasını zorlaştırmaktadır. Bu bilinmeyen parametrelerin bir bölümünü oluşturan BFB bilinmeyenlerinin de çözümü kısa ölçü sürelerinde zorlaşmaktadır. Kısa ya da tek epok (anlık) konum belirlemede doğru BFB bilinmeyenlerinin kestirimi, fonksiyonel modelin eksiksiz kurulmasına ve stokastik modelin ölçüler arasındaki ilişkileri yeterince yansıtmaması ile ilişkilidir. Kısaca matematik model iyi kurulmaz ise BFB çözüm yöntemleri de başarısız olmaktadır. Aynı durum LAMBDA yöntemi için de söz konusudur. Anlık konum belirleme sonuçlarının temsil edildiği Şekil 5’de kullanılan LAMBDA yönteminin her epokta başarılı olmadığı görülmektedir. Şekil 5’de farklı ağırlık seçiminin doğru BFB bilinmeyenlerinin hesaplanması başarısını nasıl değiştirdiğini de açık bir şekilde göstermektedir. Durağan konum belirleme yönteminde ise birkaç epokluk ölçü ile BFB bilinmeyenlerinin doğru değerleri belirlenebilmektedir (Şekil 4). Kısa bazlarda İF matematik model ile bağlı konum belirlemede fonksiyonel model yeterince iyi kurulmaktadır (KURT 2010a, 2010b). Stokastik model, çalışmada da kullanıldığı gibi genellikle uydu yükseklik açısının bir fonksiyonunun ölçü gruplarının öncül duyarlıkları ile desteklenmesi ile oluşturulur. Bazı çalışmalarda, bir epoktaki ölçülerin gerçel çözüm sonucunda elde edilen düzeltmelerinden yararlanarak da elde edilir (DAI vd., 1999).

Çalışmada öncelikle yaygın kullanılan yol kullanılarak problem ortaya konmaya çalışılmıştır. Şekil 2a’da grafikleri gösterilen ağırlıklandırma fonksiyonlarının en uygununun  $p=1/q=\cos^2 Z$  olduğu görülmüş ve bu ağırlıklandırma fonksiyonu, ağın en uzun bazı üzerinde denenmiş ve her bir epokta hesaplanan soncul duyarlılığın epoklara göre grafiği çizdirilmiştir (Şekil 2b). Bazların değerlendirilmesinde kullanılan ağırlıklandırma fonksiyonuna benzer fonksiyonların da aynı sonucu verdiği görülmüştür.

BFB bilinmeyenlerinin geçerlilik testleri kısa ölçü sürelerinde güvenilir sonuçlar vermemektedir (KURT 2005a). Bu durum, Şekil 5b sütunundan da görülmektedir. Şekil 5b’de gösterilen öncül duyarlığa göre oluşturulan dört farklı gruba göre yapılan değerlendirme sonuçları,  $\chi^2$ -Dağılımına göre yorumlanırsa, matematik model sadece birinci ve üçüncü grup ağırlıklandırma için geçerli sınırlar içinde kalmaktadır. İkinci grup ağırlıklandırmada matematik model testi dağılımın üst sınırını zorlarken, dördüncü grup ağırlıklandırmada alt sınıra dayanmaktadır (Şekil 5b). Ayrıca, Şekil 5b BFB çözümünün gerçel çözümle uyumunu da test etmektedir. Şekil 5b, BFB çözümünün geçerliliği açısından incelenirse, doğru BFB çözümünün her farklı ağırlıklandırma grubu için bütün epoklarda hemen hemen sağlandığı izlenimini vermektedir.

Anlık konum belirleme fonksiyonel modelinde yer alan parametreler arasındaki korelasyon oldukça yüksektir. Bu durum parametrelerin birbirinden ayrıştırılmasını, sonuçların test edilmesini güçleştirmekte ve yanıltıcı sonuçlara neden olmaktadır. Çalışmada, söz konusu bu durum gösterilmiş ve tartışılmıştır (Şekil 5).

Fonksiyonel modeldeki bu olumsuz durum stokastik modelin önemini artırmaktadır. Stokastik model; kullanılan alıcı-uydu kombinasyonuna göre belirlenmeli ya da gerçel çözüm aşamasında tekrarlamalı olarak oluşturulmalıdır. BFB çözümü; bu stokastik modele göre kurulan matematik model üzerinden yapılmalıdır.

Herhangi bir ön bilgi yok ise GNSS ölçülerinin doğruluğunu test etmenin en iyi yolu, baz bileşenlerine göre oluşturulan ağ dengelemesi yapmaktır. GNSS ölçülerinin sonuç denetimi ağ dengelemesidir (Şekil-3).

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Birçok ticari ve akademik yazılım bağlı konum belirleme aşamasında, temel ölçü olarak İF ölçüleri kullanılmaktadır. Bunun nedeni, bir çok modellenemeyen sistematik etkiyi ortadan kaldırması ve BFB bilinmeyenlerinin diğer parametrelerden ayrıştırılmasını kolaylaştırmasıdır. Anlık konum belirlemede, parametreleri tanımlayan geometri yetersiz kaldığından, stokastik modelin oldukça iyi kurulması gerekmektedir.

Çalışmada, anlık konum belirlemede stokastik modelin önemi üzerinde durulmuş ve sayısal uygulamalar üzerinde tartışılmıştır. Ayrıca, anlık konum belirlemede geçerlilik testlerinin yanıltıcı sonuçlar verdiği ve güvenilirliklerini yitirdiği de gösterilmiştir.

Stokastik model, BFB çözüm yöntemlerinin doğru değeri yakalaması için önemlidir. Çalışmada kullanılan BFB çözüm yöntemi LAMBDA, doğru BFB değerlerini bulabilmesi için gerçel çözüm sonucunda oluşan hiper elipsoidin doğru BFB değerlerini içermesi gerekir. Bu hiper elipsoidin büyüklüğü ve şekli modelin geometrik yapısına ve seçilen stokastik modele göre değişim gösterir. Stokastik model oluşturulurken aynı alıcı uydu kombinasyonu için, önceki deneyimlerden faydalanılması ya da stokastik modelin değerlendirme aşamasında tekrarlamalı olarak belirlenmesi yararlı olacaktır. Tekrarlamalı stokastik model oluşturma aşamasında, robust uyumsuz ölçüler testlerine benzer bir yol izlenebilir. Böylece her epokta yapılan uyumsuz ölçü testi ile, uyumsuz ölçüler de denetim altına alınmış olacaktır.

#### Teşekkür

Çalışmada kullanılan verilerin ölçümünü gerçekleştiren Kutlubey Harita Şirketi ve ölçümlerde emeği geçen Şirket çalışanları başta olmak üzere, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi ve Harita Dairesi çalışanlarına yardımlaşma anlayışlarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



## Kaynaklar

- AÇICIE., KURT O., AÇIK M., AKYÜZ Ö.: 2003, **GPS Ölçüleri ile geçerli konum bilgilerinin elde edilmesi**, TMMOB-HKMO I. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul, 30-31 Ekim 2003, 322-335.
- CHANG X. W., YANG X., ZHOU T.: 2005, **MLAMBDA: a modified LAMBDA method for integer least-squares estimation**, Journal of Geo., Volume 79, Issue 9, 552-565.
- DACH R., HUGENTOBLE U., FRIDEZ P., MEINDL, M.: 2007, **Bernese GPS software, version 5.0**, Astronomical Institute, University of Bern, January 2007.
- DAI L., HAN S., RIZOS C.: 1999, **A multiple outlier detection algorithm for instantaneous ambiguity resolution for carrier phase-based GNSS positioning**, Towards Digital Earth-Proceedings of the International Symposium on Digital Earth.
- HOFMANN-WELLENHOF B., LICTENEGGER H. ve COLLINS J.: 1997, **GPS theory and practice**, Fourth Revised Edition, Springer, New York.
- HAN S., RIZOS C.: 1996, **Improving the computational efficiency of the ambiguity function algorithm**, Journal of Geodesy, vol. 70, no 6, pp 330-341.
- HAN S., RIZOS, C.: 1996, **Integrated method for instantaneous ambiguity resolution using new generation GPS receivers**, In Proc. of IEEE PLANS'96, pp.254-261.
- JONGE P.J. ve TIBERIUS C.C.J.M.: 1996, **The LAMBDA method for integer ambiguity estimation: implementation aspects**, Delft Geodetic Computing Center, LGR-srs.no.12,
- KURT O.: 1996, **GPS ölçülerinin değerlendirildiği yermerkezli üç boyutlu jeodezik ağlarda duyarlık ve güven optimizasyonu**, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ-FBE.
- KURT O.: 2003, **GPS ile deformasyon belirleme amaçlı jeodezik çalışmalarda başlangıç faz belirsizliği çözüm yönteminin ölçü süresini kısaltmadaki önemi**, Deprem Sempozyumu Kocaeli 2003, 12-13 Mart 2003.
- KURT O.: 2005a, **Başlangıç faz belirsizliği çözümünde geçerlilik testleri**, Deprem Sempozyumu Kocaeli 2005, 23-25 Mart 2005.
- KURT O.: 2005b, **Yapay uydu bazlı alıcılarda çoklu frekansın önemi**, TMMOB-HKMO, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart-01 Nisan 2005, Ankara.
- KURT, O.: 2010a, **Kısa GNSS bazlarında çoklu frekanslı durağan bağlı konum belirleme yöntemi**, HKMO, 5. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 20-22 Ekim 2010, ZKÜ-Zonguldak, 107-121.
- KURT, O.: 2010b, **Mutlak konum belirlemede matematik modeller**, HKMO, 5. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 20-22 Ekim 2010, ZKÜ-Zonguldak, 283-294.
- LEICK A.: 1995, **GPS satellite surveying**, Wiley, New York Chichester Brisbane Toronto Singapore.
- ODIJK D.: 2003, **Fast precise GPS positioning in the presence of ionospheric delays**, PhD Thesis, Mathematical Geodesy and Positioning, Delft University of Technology, Netherlands.
- TEUNISSEN P.J.G.: 1995, **The least squares ambiguity decorrelation adjustment: a method for fast GPS integer ambiguity estimation**, Journal of Geo., vol. 70, pp.65-82.
- TEUNISSEN P.J.G., JONGE, P.J., TIBERIUS, C.C.J.M.: 1997, **The least-squares ambiguity decorrelation adjustment: its performance on short GPS baselines and short observation spans**, Jour. of Geo., vol 71, no 10, pp.589-602.
- TEUNISSEN P.J.G. ve KLEUSBERG A.: eds., 1998, **GPS for Geodesy**, ISBN: 3-540-63661-7, Springer-Verlag.
- WANG J.: 2000, **An approach to GLONASS ambiguity resolution**, Journal of Geodesy, vol. 74, no 5, pp 421-430.
- VERHAGEN S.: 2004, **GNSS integer ambiguities. Estimation and validation**, Delft University of Technology, Publications on Geodesy, 58, NGC, Delft, ISBN:90-6132-290-1.

# Alt yapı Şebekeleri Arasındaki Bağımlılıkların Deprem Sonrası Hasar ve Performans Tahmininde Kullanılmak Üzere Tanımlanması

Hüseyin Can ÜNEN<sup>1</sup>, Muhammed ŞAHİN<sup>2</sup>

## Özet

Geçmişte meydana gelen yıkıcı depremlerin ardından alt yapı şebekelerinde meydana gelecek hasarların da en az bina stoğunda meydana gelen hasarlar kadar ciddi sonuçlara neden olabileceği görülmüştür. Buna ek olarak alt yapı şebekelerinin her birini bağımsız sistemler olarak ele almak yerine birbirleriyle etkileşim içinde çalışan bir sistemler bütünü olarak düşünerek, modellerde sistemlerin birbirlerine karşı bağımlılıklarını da dikkate almak gerekmektedir. Çalışmada, alt yapı şebekelerinin deprem sonrası hasar ve performans tahmininde kullanılacak bir metodoloji için aynı bölgede yer alan elektrik, su, doğalgaz şebekelerinin arasındaki karşılıklı bağımlılıkların tanımlanmasında kullanılan mekansal yöntemler ele alınmaktadır.

## Anahtar Sözcükler

Alt Yapı Sistemleri, Deprem, Afet Yönetimi, CBS, Ağ Analizi.

## Abstract

### Determination of Interdependencies Between Lifeline Networks For Seismic Damage And Performance Analyses

*It's been observed that the infrastructural damage following the major earthquakes in the past would cause consequences as severe as the ones caused by structural damage. Additionally, interdependency between the infrastructure systems should be considered in the conducted studies following a system of interacting systems approach instead of modeling each infrastructure network independent to each other. This study provides a discussion on alternative spatial methodologies for the definition of infrastructural interdependencies between electric power, water, and natural gas networks in a region for utilization in seismic damage and performance analyses of lifeline utility.*

## Key Words

Infrastructure Systems, Earthquake, Disaster Management, GIS, Network Analysis.

## 1. Giriş

Deprem hasar analizi kavramı deyişinden çoğunlukla anlaşılan bina hasarıdır. İnsan hayatına doğrudan etkileri nedeniyle afet çalışmalarında üstyapı alt yapıdan daha çok ilgi çekmektedir. Fakat alt yapı sistemleri, gelişmiş kentsel toplumların işleyişi ve refahı açısından aynı derecede önem arz etmektedirler. Büyük depremlerin ardından yürütülen müdahale ve iyileştirme çalışmalarının sektöre uğramasına doğrudan ya

da dolaylı olarak neden olan alt yapı hasarlarına verilebilecek pek çok örnek bulunabilir.

1989 yılında A.B.D.'nin California eyaletinin San Francisco şehrinde gerçekleşen Loma Prieta Depremi, köprü ve viyadükler gibi pek çok ulaşım yapısında ciddi hasarlara neden olmuştur. Kentin marina bölgesinde hasar gören doğalgaz şebekesi yangınlara sebep olmuş, su şebekesindeki hasarın yol açtığı kesinti yüzünden yangın söndürme çalışmalarında sıkıntı meydana gelmiştir. Su şebekesinde tamir gerektiren toplam 1.200 sızıntı ve patlak meydana gelmiş, yoğunluk yüzünden telefon görüşmeleri yapılamamış, şehir genelinde yaşanan elektrik kesintisi nedeniyle şehirde yaşayanlar karanlıkta oturmuştur (SCHIFF, 1999). 1994 Northridge Depremi, Los Angeles şehrinin tamamında elektrik kesintisine sebep olmuş, su şebekesindeki hasar yüzünden şehirde çıkan yangınlara müdahalede yine yetersiz kalmıştır. Su şebekesinin depremin merkez üssü ve çevresinde bulunan kısmında sızıntı ve patlakların neden olduğu 1.400 tamirat yapılmış, 151.000 doğalgaz abonesine hizmet verilememiştir (LUND, 1996). 1999 yılında Kocaeli ve Düzce'de gerçekleşen iki Marmara depremi de elektrik, ulaşım ve iletişim şebekelerinde ağır hasarlara yol açmış, Ankara-İstanbul otoyolunun yaklaşık 60 kilometrelik bir kısmının hasar görmesine neden olmuş, Tüpraş petrol rafinerisinde çıkan şiddetli yangınlar nedeniyle yerleşim yerlerinin tahliye edilmesini zorunlu kılmıştır. Bölgedeki elektrik şebekesine ait trafoların yüzde yedisile, yeraltı dağıtım hatlarının yüzde yirmibeşinde ağır hasar gözlemlenmiştir (ERDİK, 2000).

Yakın zamanda şahit olduğumuz, 2010 yılı başında Haiti ve Şili'yi sarsan büyük depremler de alt yapı şebekelerinin işlevselliğinin müdahale ve iyileştirme çalışmaları için hayati öneme sahip olduğunu bir kez daha gözler önüne sermiştir. Haiti'de elektrik ve su gibi yaşamsal hizmetler neredeyse tamamen kullanılmaz duruma gelmiş, ayrıca ülke genelindeki ana ulaşım güzergahları kapanmıştır. Yakıt sıkıntısı nedeniyle jeneratörlerin de çalıştırılamaması sonucu kurtarma ekipmanları kullanılamamış, müdahale çalışmalarında büyük sıkıntılar yaşanmıştır. Üst yapıda ve alt yapıda meydana gelen büyük hasarların ülkenin ekonomik gelişimini olumsuz yönde etkileyeceği tahmin edilmektedir (TAFT-MORALES ve MARGESSON, 2010). 2010 Şili depreminde hasar gören yollar, havaalanları, barajlar, kanallar, köprüler ve su depolarının Şili hükümetine maliyetinin 1,2 milyar Amerikan doları olduğu tahmin edilmektedir. Deprem, ülkenin bazı kesimlerinde doğalgaz hizmetinin haftaları bulan sürelerde kesintiye uğramasına, ülke nüfusunun %93'ünün elektriğinin kesilmesine ve boru hatlarında yer yer onarılamaz seviyede hasarlara neden olmuştur. Yaşanan bu elektrik kesintisi ülkenin iletişim ve su şebekelerini olumsuz etkilemiş, su şebekesinin

<sup>1</sup> Araş. Gör., <sup>2</sup> Prof. Dr., İTÜ, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Maslak İstanbul

hasarlı kesimlerinin elektrik şebekesinden önce onarılması na rağmen kesinti yüzünden yüksek rakımlı bölgelere su verilememiştir (ELNASHAI vd., 2010). Alt yapı sistemlerinde gerçekleşen bu hasarlar Şili'nin ekonomik durumunu kısa vadede risk altına sokmuş, uzun vadede ise ülkenin küresel ekonomik krizden kurtulma olasılığını önemli ölçüde düşürmüştür (BEITTEL ve MARGESSON, 2010).

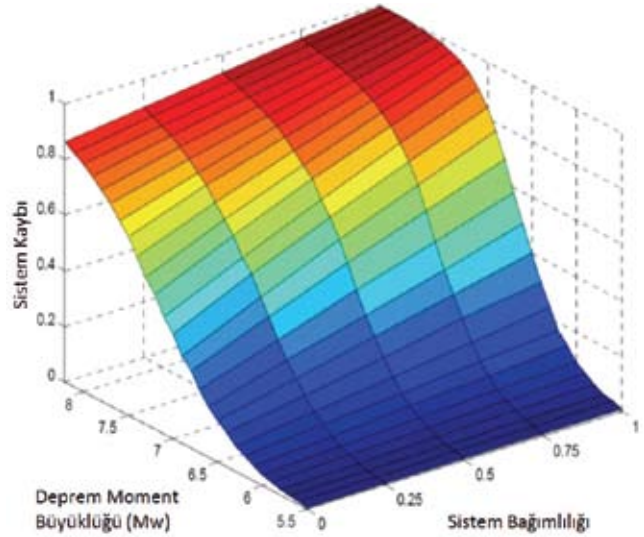
Yukarıda bahsi geçen olaylar, alt yapı sistemlerinin afet sonrası hizmet verilebilirliğinin ne kadar önemli olduğunu gözler önüne sermektedir. Örnekler ayrıca alt yapı şebekelerinin değişik şekillerde etkileşim içinde olduklarını ve bu etkileşimler sırasında tahmin edilmesi zor, karmaşık davranışlar sergilediğini de göstermektedir. Bu karmaşık yapılar, alt yapı ağlarının depremler sonrası hasar ve hizmet verilebilirlik/performans analizleri geliştirmeye çalışan araştırmacılara zorluklar sunmaktadır.

## 2. Karşılıklı Bağımlılık

Alt yapı şebekelerinde kullanılan kontrol sistemlerinde otomasyonun gelişen teknolojiyle artmasıyla birlikte şebekelerin sistemik davranışlarındaki karmaşıklık çoğalmış ve oluşan kesintiler eskiye kıyasla daha ciddi ve büyük çaplı olmaya başlamıştır (HELLER, 2002). Aynı şekilde, ilerleyen teknolojiyle paralel olarak artan bilgisayarların hesaplama kabiliyeti de daha büyük alt yapı ağlarının, daha büyük veri tabanlarının ve farklı sistemler arasındaki karmaşık etkileşimlerin modellenmesini mümkün kılmıştır. Sistem analizinde karşılıklı bağımlılık modellerinin kullanımı, deprem sonrası sistem performansının tahmin ve değerlendirmesinde daha iyi sonuçlar vermektedir. Bu bakış açısına sahip bir analizde coğrafi bilgi sistemleri, bilgi teknolojileri ve uzaktan algılama uygulamalarının kullanılması, alt yapı alanında çalışan uzmanlarca önerilmektedir (O'ROURKE, 1994). RINALDI vd. (2001), alt yapı şebekelerinde karşılıklı bağımlılığı şu şekilde tanımlamıştır: "İki alt yapı sistemi arasındaki, bir sistemin durumunun diğer sisteme bağlı ya da o sistemle ilişkili olduğu çift yönlü etkileşim." Aynı çalışmada alt yapı sistemleri arasındaki bağımlılıkların modellenmesi amacıyla kavramsal bir yapı da önerilmektedir. Kullanılan yaklaşım, alt yapı şebekelerini çevreden yalıtılmış ve dışarıya bağımsız sistemler olarak ele almamayı gerektirmektedir. Bağımsız sistem kavramı yerine birbirleriyle etkileşim içerisinde olan sistemlerden oluşan bir üst-sistem yaklaşımı, alt yapı şebekelerinin gerçek davranışlarının daha doğru modellenmesine yardımcı olmaktadır.

Alt yapı ağlarının deprem sonrası performans analizi çalışmalarına örnek olarak DUENAS-OSORIO (2005) tarafından geliştirilen model verilebilir. Bu modelde, CBS ortamında topolojik olarak modellenen alt yapı ağlarının hizmet verilebilirliğini inceleyen üç performans ölçütü öne sürülmektedir: verimlilik, bağlantı kaybı ve akım düşüşü. Sistem verimliliği, topolojik ağ üzerindeki arz ve talep düğümleri arasındaki fiziksel uzaklıklar ve bu düğümler arasındaki akımın kolaylığının ölçütüdür. Bağlantı kaybı, arz ve talep düğümlerini birbirlerine bağlayan yolların varlığıyla ilintili olup, her bir talep düğümüyle bağlantısı olan arz düğümlerinin afet sonrası ne oranda azaldığının ölçütüdür. Son olarak akım düşüşü, afet sonrası talebin hangi oranda karşılanabileceğinin

ölçütü olup afetin alt yapı sisteminin kullanıcıları üzerindeki etkisini belirtmektedir. KIM (2007), bahsedilen çalışma temel olmak üzere, su ve doğalgaz şebekelerinin elektrikle bağımlı olarak afet sonrası karşılıklı bağımlı performansını tahmin edecek bir analiz yöntemi geliştirmiştir. Oluşturulan yöntem, karşılıklı bağımlı kayıp modeli ve karşılıklı bağımlı hasarın olasılıksal modelinde iyileştirmeler içermektedir. KIM (2007), çalışmasında ayrıca sistem bağımlılığının afet sonrası performans üzerinde etkisini de inceleyerek sistem bağımlılığı arttıkça performansın düştüğünü göstermiştir (Şekil 1).

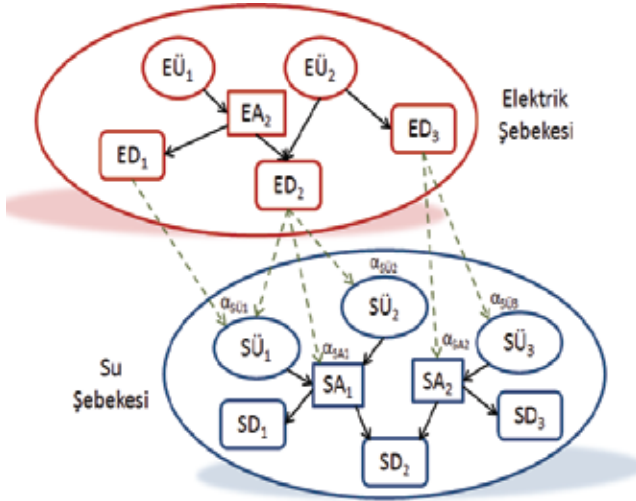


Şekil 1: Sistem bağımlılığının alt yapı şebekelerinin sismik performansına etkisi (KIM, 2007).

Yöntem, İstanbul Teknik Üniversitesi'nde halen yürütülmekte olan "Seismic Performance Analysis of Interdependent Utility Network Systems" başlıklı doktora çalışmasında ele alınmıştır (ÜNEN, 2011). Yöntemin uygulaması, hasar analizi ve bağımlılık modellerinde gerçekleştirilen iyileştirmelerin ardından A.B.D.'ye bağlı St.Louis ve Memphis şehirlerinin alt yapı şebekelerinin analizinde kullanılmıştır. Yöntemde kullanılan olasılık modeli, çeşitli elemanları aynı bölgedeki elektrik şebekesinin elemanlarına bağımlı olan bir su şebekesi örneğiyle açıklanabilir (Şekil 2). Elektrik şebekesi üretim düğümleri (EÜ<sub>i</sub>), ara düğümler (EA<sub>i</sub>) ve dağıtım düğümlerinden (ED<sub>i</sub>) oluşmaktadır. Su şebekesi de, benzer şekilde, üretim düğümleri (SÜ<sub>i</sub>), ara düğümler (SA<sub>i</sub>) ve dağıtım düğümlerinden (SD<sub>i</sub>) oluşmaktadır. İki şebeke elemanları arasındaki bağımlılıklar da oklarla, bağımlılık dereceleri ise  $\alpha$  ile gösterilmektedir. Şekildeki yapıya dayanarak, su şebekesindeki bazı elemanların elektrikle çalıştığını ve elektrik şebekesindeki dağıtım düğümlerine bağımlı oldukları görülebilir. Su şebekesindeki bir elemanın kaybı, modelde iki ana nedene dayanmaktadır: deprem hasarına bağlı kayıp veya elektrik kesintisine bağlı kayıp. Elektrik kesintisi de, söz konusu su şebekesi elemanının bağımlı olduğu elektrik dağıtım düğümünün gördüğü deprem hasarı dolayısıyla veya elektrik dağıtım düğümünün kendisine elektrik sağlayan üretim düğümleriyle olan bağlantısının kaybolması sonucu olabilir. Bahsi geçen bu üç durumdan birinin gerçekleşmesi, söz



konusu su şebekesi elemanının kaybı anlamına gelmektedir. Buna ek olarak, şebeke elemanı depremden hasar görmemiş ve bağımlı olduğu şebeke elemanından hizmet alabiliyor durumda olsa bile, şebekeyle bağlantısı kesilmesi durumunda servis göremeyecektir. KİM (2007) bu durumun, bir üretim düğümünden dışarı doğru hiçbir işleyen bağlantı olmaması ya da dağıtım düğümüne dışarıdan gelen işleyen bağlantı olmaması durumunda gerçekleşebileceğini ifade etmektedir.



Şekil 2: Şebeke bağımlılıklarının açıklanması için örnek bir yapı (ÜNEN, 2011).

### 3. Şebeke Bağımlılıklarının Tanımlanması

A.B.D.'de gerçekleştirilen çalışmalar sırasında, karşılıklı bağımlılık modelinde kullanılmak üzere su ve doğalgaz şebeke elemanlarının elektrik şebekesine bağımlılıkları incelenmiştir. Bu amaçla A.B.D.'de çeşitli şehirlerin alt yapı şebekelerinde çalışan uzmanlara gönderilmek üzere bir anket oluşturulmuştur (Şekil 3).

Ankette su ve doğalgaz şebekelerinde bulunan elemanlar listelenip elektrik kullanıp kullanmadıkları, kullanıyorlarsa şebeke elemanının çalışabilmesi için ne kadar önemli olduğu ve şebeke elemanında genelde kesintisiz güç kaynağı kullanılıp kullanılmadığı sorulmuştur. Anket geri dönüşleri

incelendiğinde, ilk bakışta su şebeke elemanlarının elektrikle doğal gaz şebeke elemanlarına kıyasla daha fazla bağımlı oldukları görülmektedir. Anketlerdeki geri dönüşlere göre hazırlanan, şebeke elemanlarının elektrikle bağımlılık dereceleri Tablo 1'de verilmiştir. Bağımlılık derecelerinin belirlenmesinde jeneratörün varlığıyla ilgili 3 durum göz önüne alınmıştır.

Tablo 1: Su ve doğalgaz şebeke dağıtım elemanlarının elektrik şebekesine olan bağımlılıkları.

| Şebeke Elemanı           | Bağımlılık Derecesi |                |                       |
|--------------------------|---------------------|----------------|-----------------------|
|                          | Jeneratör: Var      | Jeneratör: Yok | Jeneratör: Bilinmiyor |
| <b>Su Şebekesi</b>       |                     |                |                       |
| Su Kuyusu                | 0,25                | 1,00           | 0,50                  |
| Su Pompa İstasyonu       | 0,25                | 1,00           | 0,50                  |
| Su Tankı                 | 0,25                | 1,00           | 0,50                  |
| Otomatik Vana            | -                   | 1,00           | -                     |
| <b>Doğalgaz Şebekesi</b> |                     |                |                       |
| Dağıtım İstasyonu        | 0,25                | 1,00           | 0,5                   |
| Basınç Regülatörü        | -                   | 0,25           | -                     |
| Otomatik Vana            | -                   | 1,00           | -                     |

### 4. Hizmet Bölgelerinin Belirlenmesi

Su ve doğalgaz şebeke elemanlarının, elektrik şebekesi elemanlarına bağımlılıklarını tanımlamak için ideal yöntem, gerçek şebeke dağıtım bilgisini kullanmaktır. Belirli bölgelerin belirli elektrik dağıtım düğümleri tarafından beslenmesine dayanarak, her bir dağıtım düğümünün erişim bölgesi içerisinde kalan, hizmet vermek için elektrikle ihtiyaç duyan her şebeke elemanı o dağıtım düğümüne bağımlı olarak eşlenecektir. Şebekelere ait erişim ve hizmet bölge bilgilerinin yokluğunda ise çeşitli yaklaşımlar kullanılarak şebeke bağımlılıkları tanımlanabilir. Bu amaçla, çalışmada iki yöntem ele alınmıştır. Bunlardan ilki sistem elemanları arasındaki bağımlılıkların mekansal yakınlık yöntemi, ikincisi ise topolojik olarak modellenen dağıtım şebekesi üzerinde ağ analizleri kullanarak yakınlık belirleme yöntemidir.

| Natural Gas Network Facility | Does it use electric power?                 | Is electric power crucial for operation? | Backup power availability                        |
|------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Gate Stations / Plants       | <input checked="" type="checkbox"/>         | <input checked="" type="checkbox"/>      | <input checked="" type="checkbox"/> UPS          |
| Regulator Stations           | <input checked="" type="checkbox"/> Not all | <input type="checkbox"/>                 | <input type="checkbox"/>                         |
| Valves                       | <input type="checkbox"/>                    | <input type="checkbox"/>                 | <input type="checkbox"/>                         |
| Station Valving              | <input type="checkbox"/>                    | <input type="checkbox"/>                 | <input type="checkbox"/>                         |
| Automatic Valves             | <input checked="" type="checkbox"/>         | <input checked="" type="checkbox"/>      | <input checked="" type="checkbox"/> UPS at Gates |
| Water Network Facility       | Does it use electric power?                 | Is electric power crucial for operation? | Backup power availability                        |
| Processing Plants            | <input checked="" type="checkbox"/>         | <input checked="" type="checkbox"/>      | <input checked="" type="checkbox"/> some         |
| Wells                        | <input checked="" type="checkbox"/>         | <input checked="" type="checkbox"/>      | <input checked="" type="checkbox"/> some         |
| Pumping Stations             | <input checked="" type="checkbox"/>         | <input checked="" type="checkbox"/>      | <input checked="" type="checkbox"/> some         |
| Booster Stations             | <input checked="" type="checkbox"/>         | <input checked="" type="checkbox"/>      | <input checked="" type="checkbox"/> some         |
| Automatic Valves             | <input checked="" type="checkbox"/>         | <input checked="" type="checkbox"/>      | <input type="checkbox"/>                         |

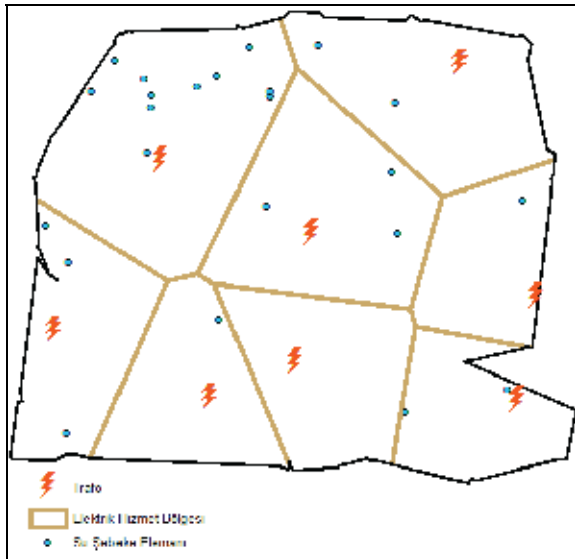
Şekil 3: Şebeke bağımlılıklarının belirlenmesi için hazırlanan anketin geri dönüşlerinden bir örnek (ÜNEN, 2011).



Makaleye konu olan doktora çalışmasında (ÜNEN, 2011) kullanılan St.Louis ve Memphis’e ait alt yapı şebeke verileri, veri sahibi ilgili şirketlerin gizlilik ilkeleri doğrultusunda okuyucuya paylaşılamamaktadır. Bu nedenle, şebekeler arasındaki bağımlılıkların tanımlanması için kullanılan her iki yöntem de, topolojik olarak modellenmiş hayali birer elektrik ve su şebekesi üzerinde incelenmiştir. Yöntemler sonucunda, elektrik şebekelerindeki dağıtım düğümlerinin erişim bölgeleri yaklaşık olarak elde edilmektedir.

#### 4.1 Mekansal Yakınlık Yöntemi

Şebeke elemanları arasındaki bağımlılıkların mekansal yakınlıklara göre tayin edilmesi Voronoi diyagramları kullanılarak gerçekleştirilir. Bu yöntemde, elektrikle çalışan her bir şebeke elemanı, kendisine mekansal olarak en yakında olan elektrik dağıtım düğümüne bağımlı olarak tanımlanır. Bağımlılık derecesi olarak da, şebeke elemanının türüne göre Tablo 1’de tanımlanan bağımlılık değerlerinden biri atanır. Şekil 4’te, bir bölgeye ait örnek elektrik dağıtım şebekesinin dağıtım düğümleri (trafo), ve düğümlerin Voronoi diyagramları kullanarak oluşturulmuş erişim bölgeleri verilmiştir. Su şebekesi içerisinde elektrikle ihtiyaç duyan her düğüm, içerisinde bulunduğu alanın ait olduğu elektrik dağıtım düğümüne bağımlı olarak modellenir. Şekilde gösterilen analiz, ArcGIS 10 yazılımı kullanarak yapılmış olup, yöntem, Voronoi diyagramlarının üretilebileceği herhangi bir CBS yazılımı kullanılarak tekrarlanabilir.

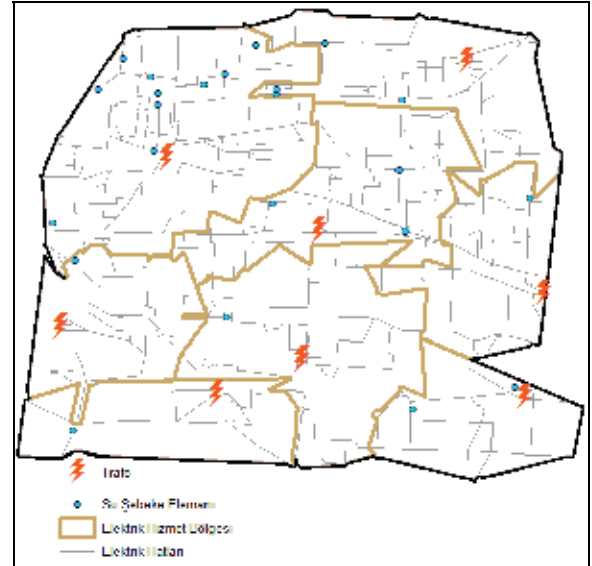


Şekil 4: Şebeke elemanlarının bağımlılıklarının mekansal yakınlıklara göre belirlenmesi.

#### 4.2 Topolojik Ağ Üzerindeki Uzaklık

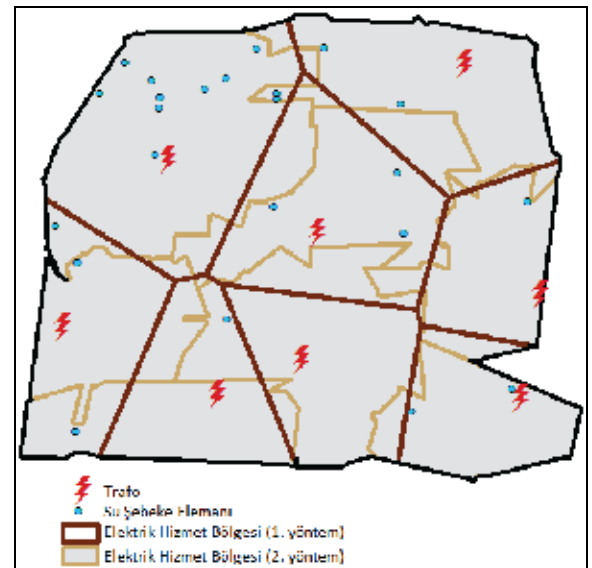
Şebeke elemanları arasındaki bağımlılıkların topolojik ağlar üzerindeki uzaklıklara göre belirlenmesi topolojik ağ analizi yardımıyla gerçekleştirilebilir. Bu yöntemde, elektrikle çalışan her bir şebeke elemanı, kendisine topolojik ağ üzerindeki mesafeler temel alınarak en yakında olan elektrik dağıtım düğümüne bağımlı olarak tanımlanır. Şekil 5’te, aynı

bölgeye ait elektrik dağıtım şebekesinin dağıtım düğümleri ve bu düğümlerin topolojik ağ üzerindeki mesafeler dikkate alınarak oluşturulmuş erişim bölgeleri verilmiştir. Su şebekesi içerisinde elektrikle ihtiyaç duyan her düğüm, bir önce bahsedilen yöntemle aynı şekilde, içerisinde bulunduğu alanın ait olduğu elektrik dağıtım düğümüne bağımlı olarak modellenir. Şekilde sunulan servis bölgeleri, ArcGIS 10 yazılımı içerisindeki “Network Analyst” eklentisi kullanılarak, “Service Area” analizi ile elde edilmiştir (URL 1).



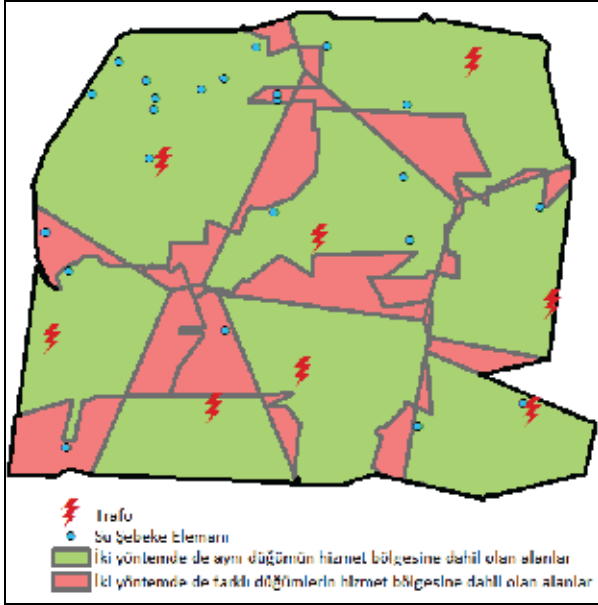
Şekil 5: Şebeke elemanlarının bağımlılıklarının topolojik ağ üzerindeki uzaklıklara göre belirlenmesi.

İki yöntemle elde edilen servis bölgelerinin üst üste konarak analizi sonucunda (Şekil 6), örnek su şebekesindeki elektrik gücüne bağımlı olarak çalışan 23 düğümden 5’inin iki yöntem sonucunda farklı elektrik dağıtım düğümlerine bağımlı oldukları görülmüştür.



Şekil 6: Mekansal ve topolojik uzaklık yöntemleri kullanılarak belirlenmiş servis bölgeleri.

Ek olarak, karşılaştırma bölgesinin yaklaşık %22'sinin iki yöntem sonucunda farklı elektrik dağıtım düğümlerinin hizmet bölgelerine dahil oldukları görülmüştür (Şekil 7).



Şekil 7: Mekansal ve topolojik uzaklık yöntemleri kullanılarak belirlenmiş servis bölgelerinin karşılaştırması.

## 5. Sonuç

Alt yapı sistemlerinin afet sonrası hizmet verebilirliği son derece önemlidir. Alt yapı şebekeleri, birbirleriyle farklı biçimlerdeki etkileşimleri sırasında tahmin edilmesi zor ve karmaşık davranışlar sergilemektedir. Bu şebekelerin deprem sonrası hasar ve performans tahmin çalışmalarında kullanılmak üzere oluşturulacak modellerde sistem elemanlarının karşılıklı bağımlılıklarının da tanımlanması gerekmektedir. Gerçekleştirilecek analizlerde güvenilir sonuçlar elde edebilmek için, oluşturulacak modellerin de alt yapı şebekelerinin fiziksel ve davranışsal özelliklerini mümkün olduğunca gerçeğe uygun temsil etmesi gerekmektedir. Çalışmada, birbirleriyle etkileşim içerisinde çalışan alt yapı şebekelerinin arasındaki bağımlılıkların tanımlanması sırasında, gerçek hizmet bölgeleri bilgisine ulaşılamadığı takdirde kullanılabilecek iki yöntem incelenmiş, ve bu iki yöntemin karşılaştırması yapılmıştır. Nadir karşılaşılan veya gerekli verilerin elde edilemediği durumlarda örnekleme ve benzetim çalışmaları, olayların incelenebilmesi için tek olası yaklaşım olarak öne çıkmaktadır (RINALDI, 2004). Karşılaştırmaların gerçek ve hizmet bölgeleri bilinen bir ağ üzerinde gerçekleştirilmemesi sebebiyle, hizmet bölgeleri belirlemede kullanılan bu iki yöntemden hangisinin alt yapı şebekelerini daha güvenilir biçimde temsil ettiği sonucuna kesin olarak varılamamıştır. Ancak, topolojik ağ modelinin şebekelerin fiziksel yapısını gerçeğe daha yakın temsil ettiği kabul edilerek, ağ üzerindeki mesafeler kullanılarak elde edilen hizmet bölgelerinin gerçek durumu daha iyi yansıttığı düşünülebilir. Bu durumda, alt yapı sistemlerindeki karşılıklı bağımlılıkların belirlenmesinde, ağ analizleri sonucu elde edilecek hizmet bölgelerinin kullanılması önerilmektedir.

## Kaynaklar

- BEITTEL, J.S., ve MARGESSON, R.: **Chile Earthquake: U.S. and International Response**. Ft. Belvoir: Defense Technical Information Center. Ft. Belvoir.  
<http://handle.dtic.mil/100.2/ADA516338>. 2010.
- DUEÑAS-OSORIO, L.A.: **Interdependent Response of Networked Systems to Natural Hazards and Intentional Disruptions**. Doktora Tezi. Georgia Institute of Technology. 2005.
- ELNASHAI, A.S., GENÇTÜRK, B., KWON, O., AL-QADI, I.L., HASHASH, Y., ROESLER, J.R. KIM, S.J., JEONG, S.H., DUKES, J., ve VALDIVIA, A.: **The Maule (Chile) Earthquake of February 27, 2010: Consequence Assessment and Case Studies**. Teknik Rapor. 10-04, Mid-America Earthquake Center, University of Illinois at Urbana-Champaign. 2010.
- ERDİK, M.: **Report on 1999 Kocaeli and Düzce (Turkey) Earthquakes**. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Merkezi. 2000.
- HELLER, M.: **Interdependencies in Civil Infrastructure Systems**. In Reports on Leading-Edge Engineering from the March 2002 NAE Symposium on Frontiers of Engineering, 47-55. Washington, DC: National Academy of Engineering. 2002.
- KIM, Y.S.: **Seismic Loss Estimation And Mitigation of Critical Urban Infrastructure**. Doktora Tezi. University of Illinois at Urbana-Champaign. 2007.
- LUND, L.V.: **Lifeline Utilities Performance in the 17 January 1994 Northridge, California, Earthquake**. Bulletin of the Seismological Society of America 86, no. 1: p. 350-360. 1996
- O'ROURKE, T.D.: **Lifeline Engineering Integrates Infrastructure**. Civil Engineering 64, no. 1 (January): 6. 1994.
- RINALDI, S.M., PEERENBOOM, J.P., ve KELLY, T.K.: **Identifying, Understanding, and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies**. IEEE Control Systems Magazine 21, no. 6: 11-25. 2001.
- RINALDI, S.M.: **Modeling and simulating critical infrastructures and their interdependencies**. Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Sciences. IEEE, p. 8. 2004.
- SCHIFF, A.J.: **The Loma Prieta, California, earthquake of October 17, 1989: lifelines**. Washington; Denver, CO: United States Geological Survey (USGS). 1999.
- TAFT-MORALES, M., ve MARGESSON, R.: **Haiti Earthquake Crisis and Response**. R41023. Library of Congress. Congressional Research Service.  
[http://assets.opencrs.com/rpts/R41023\\_20100115.pdf](http://assets.opencrs.com/rpts/R41023_20100115.pdf). 2010.
- ÜNEN, H.C.: **Seismic Performance Analysis of Interdependent Utility Network Systems**. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. 2011. (Savunma Tarihi: 14/11/2011)
- URL 1: **ArcGIS 10 Network Analyst Tutorial**,  
<http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/pdf/network-analyst-tutorial.pdf>, 1 Ekim 2011.

## Dünyada Üç Boyutlu Kadastro Uygulamaları

Fatih DÖNER<sup>1</sup>, Cemal BIYIK<sup>2</sup>, Osman DEMİR<sup>2</sup>

### Özet

*Bu çalışmada, uluslararası düzeyde üç boyutlu (3B) kadastro çalışmalarının mevcut durumunu ortaya koymak amacıyla FIG bünyesindeki '3B Kadastrolar' çalışma grubunun faaliyetleri ve gruba dahil ülkelerin 3B kadastro üzerine yaklaşımları incelenmektedir. Bu sayede, 3B kadastro için ortak ihtiyaçlar ve yasal/teknik imkânların belirlenmesi ve farklı yaklaşımların Türkiye için uygulanabilirliklerinin değerlendirilmesi hedeflenmektedir.*

### Anahtar Sözcükler

Üç Boyutlu Kadastro, Üç Boyutlu Kullanım Durumları, Tescile Konu Haklar, Çok Amaçlı Kadastro

### Abstract

**Three Dimensional Cadastre Applications in the World**  
*In this paper, applications of FIG working group of '3D Cadastres' and approaches of the countries include the working group are examined to define current situation of three dimensional (3D) cadastrol studies in international context. Thus, defining common needs and legal/technical possibilities also evaluating the suitability of different approaches for Turkey are aimed.*

### Key Words

Three-Dimensional Cadastre, Three-Dimensional Situations, Registered Rights, Multipurpose Cadastre

## 1. Giriş

Uluslararası Haritacılar Birliği (FIG) ve Birleşmiş Milletlerin kadastroyla ilgili hazırladıkları raporlar, mevcut sistemlerin araziyle ilgili karmaşık hak ve kısıtlamaları yönetmede yetersiz kaldıklarını göstermektedir (UN ve FIG, 1996; UN ve FIG, 1999). Bununla birlikte, modern kadastro beklenen; kamu hak ve kısıtlamaları da dahil olmak üzere arazinin bütün yasal durumunu göstermesidir. Günümüzde araziyle ilgili tüm bu hak, kısıtlama ve sorumluluklar sıklıkla üst üste çakıştığından mevcut iki boyutlu kadastro sistemleri bazı durumlarda yetersiz kalmaktadırlar. Özellikle, nüfusun hızla artması neticesinde arazinin dikey boyutunun yoğun olarak kullanıldığı kentsel alanlarda farklı mülkiyet birimleri üst üste binmekte, kesişmekte hatta daha karmaşık yapılar oluşturmaktadır. İki boyutlu kadastro modern dünyada ortaya çıkan bazı durumları tescil ve temsil etmede yetersiz kalması son yıllarda üç boyutlu kadastroya olan ilginin ve bu yöndeki çalışmaların artmasında neden olmuştur (DÖNER ve BIYIK, 2007).

Son on yılda üç boyutlu (3B) kadastro ile ilgili olarak birçok ülke çeşitli faaliyetler gerçekleştirmiştir. Konunun uluslararası düzeyde ele alınması, ilk olarak 2001 yılında Uluslararası Haritacılar Birliği (FIG) nezaretinde gerçekleştirilen '3B Kadastrolar' adlı Çalıştay'la olmuştur. Bu çalıştayın ardından, FIG tarafından gerçekleştirilen yıllık çalışma haftası toplantılarında ve dört yılda bir gerçekleştirilen FIG kongrelerinde '3B Kadastrolar' isimli oturumlar oluşturularak farklı ülkelerden katılımcıların sunumlar yapması sağlanmıştır. Bu çalışmalara paralel olarak birçok ülkedeki kadastro kurumu üçüncü boyut için daha iyi destek sağlamak üzere devam eden çalışmalar başlatmıştır. Modern dünyanın giderek daha karmaşık bir hal alması, üst üste binen karmaşık kullanım durumlarının daha etkili yasal tescilini ve konumsal temsili gerektirmektedir. Bu gerekliliğe ve gerçekleştirilen çalışmalara rağmen henüz hiçbir ülkede gerçek anlamda 3B bir kadastro tesis edilememiştir (DÖNER, 2010). Bazı ülkelerde hacimsel parsellerin yasal olarak oluşturulabilmesi sağlanmış ancak bunlar kadastro haritasıyla desteklenememiştir. Bazı ülkelerde ise, altyapı nesneleri ve binalar için 3B tescil ve haritalama uygulamaları gerçekleştirilmiştir. 2010 yılının Nisan ayında Sydney'de gerçekleştirilen FIG kongresinde 3B kadastro konusu üzerinde daha fazla ilerleme sağlamak amacıyla 2010-2014 yılları arasında faaliyet gösterecek '3B Kadastrolar' isimli bir çalışma grubunun kurulmasına karar verilmiştir. Çalışma grubunun ana amacı 3B kadastro için işleyen bir yapı oluşturmaktır. Bu yapı oluşturulurken, yaklaşık otuz ülkeden katılımcının olduğu çalışma grubunda, ortak bir terminolojinin benimsenmesi ve ülkelerin uygulamalarının paylaşımı öngörülmektedir. Grubun çalışma faaliyetleri dört başlık altında ele alınmaktadır. Bunlar; 3B kadastro için modeller, 3B kadastro ve konumsal veri altyapıları, 3B kadastro ve zaman, 3B kadastro ve kullanılabilirliktir.

Bu çalışmada, uluslararası düzeyde 3B kadastro çalışmalarının mevcut durumunu ortaya koymak amacıyla FIG bünyesindeki '3B Kadastrolar' çalışma grubunun faaliyetleri ve gruba dahil ülkelerin 3B kadastro üzerine yaklaşımları incelenmektedir. Bu sayede, 3B kadastro için ortak ihtiyaçlar ve yasal/teknik imkânların belirlenmesi ve farklı yaklaşımların Türkiye için uygulanabilirliklerinin değerlendirilmesi hedeflenmektedir.

## 2. Üç Boyutlu Kadastro ve İçeriği

3B kadastro, hak ve kısıtlamaları sadece yüzeydeki parseller üzerinde değil aynı zamanda 3B mülkiyet birimleri üzerinde tescil eden bir kastrodur. Yani, 3B kadastro, mülkiyet haklarına ilişkin hak ve kısıtlamaları sadece yüzeydeki parseller üzerinde (iki boyutlu yatay düzlem üzerinde) değil, ayrıca

<sup>1</sup> Yrd. Doç. Dr., Gümüşhane Üniversitesi, Müh. Fak., Harita Mühendisliği Bölümü, 29000, Gümüşhane

<sup>2</sup> Prof. Dr., KTÜ, Mühendislik Fak., Harita Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon

düşey konumda oluşan mülkiyet hak ve kısıtlamalarını tescil eden bir kadastrodur.

3B mülkiyet birimi veya 3B mülkiyet, bir kişinin gerçek haklar aracılığı ile hak sahibi yapıldığı sınırlanmış bir mekândır. Yani 3B kadastro, hakların uygulandıkları mekânı tescil ve geometrik olarak temsil edecek bir kadastrodur. Aslında, yalnızca bir kişinin kullandığı geleneksel parsel açık bir şekilde sınırlanmış 3B mülkiyet birimidir. Aynı parsel sütunuyla tarif edilen mekânda birden fazla kişi hak sahibi olduğunda problemler ortaya çıkabilmekte ve geleneksel 2B kadastro nun yetersiz kaldığı durumlarla karşılaşabilmektedir.

3B kadastro kapsamı, 3B kadastro için ihtiyaç, imkân ve kısıtlamaları belirleyecek üç kısımdan oluşmaktadır. Bu üç kısım diğerleriyle hiyerarşik olarak bir bağ içerisinde olup her kısımda aşağıda özetlenen sorulara yanıt aranmaktadır (DÖNER ve BIYIK, 2009a).

- *Hukuki kısım:* üst üste binen mülklerin yasal durumları nasıl tescil edilebilir? Mülkiyet sınırları 2B parsel sınırlarından farklı olarak nasıl tesis edilebilir? Hangi haklar nasıl kullanılabilir?
- *Kadastral (kurumsal) kısım:* 3B durumlarda mülkiyetin yasal durumu arazide ve kayıtlarda tesis edilip tanımlandıktan sonra bir sonraki aşama üç boyutlu olarak çevrelenmiş mülkiyetteki bu hak ve kısıtlamaların kadastroda nasıl tescil edileceği ve kadastro nun 3B mülkiyetle ilgili nasıl bilgi sağlayacağıdır.
- *Teknik kısım:* nasıl bir sistem mimarisi (bilgisayar donanımı, yazılım, veri yapıları) 3B bir kadastroyu desteklemek için gereklidir? Hangi mimari teknolojik olarak mümkündür?

## 2.1. Hukuki Kısım

Günümüzde birçok kadastro sisteminde 2B kadastro parsel-leri hakların tescili için temel alınmaktadır. Binalar ve arazi yüzeyinin altındaki/üstündeki nesnelerin yasal durumları ise yüzeydeki parsel üzerinde tescil edilen haklar aracılığı ile belirlenmektedir.

Kişinin sahip olabileceği en kapsamlı hak mülkiyet hakkıdır. Mülkiyet hakkı için arazinin düşey boyutunda belirgin bir sınır çizilmemiştir. Parsel üzerindeki mülkiyet kişiye sahip olduğu araziye kullanma yetkisi vermektedir. Bu kullanım, kullanıcının faydası olduğu müddetçe parselin altı ve üstünde bir yüksekliği ve derinliği de içermektedir. Mülkiyetin kapsamına, yasal sınırlamalar saklı kalmak üzere yapılar, bitkiler ve kaynaklar da girmektedir (MK madde 718). Uygulamada, arazi yüzeyinin üstünün/altının kullanımında, bu kullanım yeterli yükseklikte ve derinlikte olmak şartıyla ve arazi sahibinin bu kullanıma haklı bir itirazı yoksa veya bu kullanım diğer yasalarla düzenleniyorsa (Maden Kanunu gibi) üçüncü kişilere izin verilmektedir.

Arazide sabit olarak bulunan bina ve diğer yapılar bu arazinin bir parçası olarak kabul edilirler. Sonuç olarak, yüzeydeki parsel üzerinde başka hak ve sınırlamalar tesis edilmedikçe yüzeyin altında ve üstünde yüzeye kalıcı olarak sabitlenmiş yapılar arazi sahibi tarafından sahiplenirler. Bununla birlikte, bu kesin bir kural değildir. Yüzey altı ve üstündeki bir yapının sahibinin her zaman arazi sahibi olması gerekli değildir. Arazideki sabit yapılar, farklı mülkiyetin

bir parçası olmadıkça ana yapının bir parçası olarak dikkate alınır. Ancak bu yaklaşım mevcut durumu haklı çıkarmaz. Şöyle ki; bir yapının başka bir parselde tecavüz etmesine bu parselin sahibinin izni olmaksızın müsaade edilmez. Bir yapının başkasına ait araziye taşınan kısmı, eğer yapıyı yapan malik taşınan arazi üzerinde bir irtifak hakkına sahip bulunuyorsa, ona ait taşınmazın bütünüleyici parçası olur (MK madde 725).

Taşınmazların düşey boyutunu ilgilendiren bir diğer hak üst hakkıdır. Bir üst irtifakına dayalı olarak başkasına ait bir arazinin altında veya üstünde sürekli kalmak üzere inşa edilen yapıların mülkiyeti, irtifak hakkı sahibine ait olur (MK madde 726). Üst hakkı, parsel sahibinin yapı sahibiyle aynı kişi olmaması durumunda kullanılabilir. Üst hakkının tescili yoluyla, mülkiyetin arazinin düşey boyutunda bölünmesi gerçekleşmiş olur. Üst hakkının tescili, arazi sahibine kısıtlamaları belirtmek suretiyle yapıya verilecek zararlardan kaçınma imkânı sağlamaktadır.

Mülkiyet hakkı parsel üzerinde tesis edilir ve yüzey parselinin altında ve üstündeki tüm mekâna uygulanır. Bir parselin mülkiyeti üçüncü boyutta sınırlanmamıştır. Parselin sahibi bir parsel sütununun kullanımında; parsel üzerinde sınırlı bir aynı hak tesis edilerek, kat mülkiyeti tesis edilerek ya da kamu yasalarıyla belirlenen kısıtlamalarla sınırlandırılabilir. Hiçbir hak tesis edilmediğinde mülkiyet kavramının temel kuralları uygulanmaktadır. Bunlar; bir parsel sahibinin aynı zamanda yüzey parseline kalıcı olarak sabitlenmiş olan yapıların da sahibi olduğu ve başka bir parselde tecavüz eden yapının kısımlarının ana yapının unsurları olduğunu şekillendirir. Ülkemizde 3 boyutlu kadastroya esas teşkil edecek nesnelerin 3 boyutlu ölçümü kadastro yasamız içerisinde yer almaktadır. 3 boyutlu ölçüme esas nesnelerin tescilleri tapu kütüklerinde 3 boyutlu veri konumları esas alınarak yapılmamaktadır. Ayrıca kadastro içeriği ve kapsamının özellikle kadastro 2014’de ifade edilen arazi nesnesi kavramının dikkate alınması sonucu genişletilmesi ihtiyacı vardır. Kadastro yasamızın amaç kısmında ifade edilen mekânsal bilgi sistemleri altyapısının kadastro çalışmaları ile kurulması amaç edinilmiştir. Ancak mekânsal bilgi sistemleri için ne tür verilerin oluşturulması gerektiği açık bir şekilde ifade edilmemiştir. Bu noktada 3 boyutlu kadastro verisi önemli konuma gelmiştir. Bunun için parselin üstü, altı ve yüzeyinde arazi nesnesi olarak kabul edilerek bütün detayların 3 boyutlu ölçümü ve sayısal ortamda 3 boyutlu tescillerinin modellenmesi gerekmektedir. Ülkemizde 3 boyutlu tescile örnek olarak kat mülkiyeti tesisi gösterilebilir. Ancak 3 boyutlu tescilde mülkiyet sınırları bir nevi farklı kotlarda düşeyde 3 boyutlu verilerle tescil edilebilmelidir. Buna yönelik 2008 yılında yürürlüğe giren Tapu Kanunları Tüzüğü’nün 3. maddesinde tanımları verilen vaziyet planı ile bağımsız bölüm planları kısmında bu verilerin referans alınan koordinat sisteminde 3 boyutlu konumlandırılması kabul edilerek 3 boyutlu mülkiyet tescillerinde önemli bir adım atılmıştır. Burada sorun olarak günümüzde akademik çalışmaların giderek üzerinde yoğunlaştığı 3 boyutlu topolojilerin kurulması kalmıştır. Özellikle TAKBİS üzerinde mülkiyetlerin 3 boyutlu topoloji ile tespit ve tescilinin yapılması gerekmektedir. Bu noktada 3 boyutlu tescil sisteminin tapu kütüklerinde modellenmesine ihtiyaç vardır.



## 2.2. Kurumsal Kısım

3B nesnelerin yasal durumları tesis edildikten sonra (hukuki aşama), bir sonraki soru eğer hakların uygulanacağı mekâna ait bilgi mevcut ve tescil edilecekse bu sınırlı hakların ve sınırlamalarının kadastroda nasıl tescil edileceğidir. 2B parsellerin konumsal boyutları yanında yasal durumları da kadastroda iyi bir şekilde tescil edilmektedir. Bununla birlikte, birçok durumda düşey boyuttaki hakların yasal durumlarına ait bilgiler doğrudan erişilebilir değildir (MOLEN, 2003).

3402 sayılı Kadastro Kanunu'nun (RG: 09.07.1987/19512) 1. maddesi ve Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliğine (RG: 15.07.2005/25876) göre, taşınmaz malların sınırlarının konum bilgilerinin 3B elde edilerek, kadastroal topoğrafik haritaların üretilmesi gerekmektedir. Uygulamada üçüncü boyutla ilgili bir kısım bilgiler derlenerek arşivlenmekte, yalnızca kadastro teknik işleri ihale yoluyla yaptırılan yerlerin haritaları 3B yani topoğrafik niteliği taşıyacak biçimde hazırlanmaktadır. Ancak bu uygulama 3B kadastro olarak algılanmamalıdır.

3B nesnelerin tescili organize edilip gerçekleştirilmeli ve bu tescil kadastroal bir görev olmalıdır. Bu tescilin uygulanması için tescil edilmesi gerekli olan 3B nesnelerin listesi hazırlanmalıdır. Kadastroda tüm 3B fiziksel nesneye ait grafik ve grafik olmayan bilgi bu şekilde yer alacaktır. Bunun neticesinde 3B fiziksel nesne bir bütün olarak sorgulanabilir. Örneğin; hangi parseller 3B fiziksel nesne (izdüşümü) ile kesişiyor? (konumsal bir sorgudur) Bu parseller üzerinde hangi haklar tesis edilmektedir? Bunlarla ilişkili şahıslar kimlerdir? (STOTER ve SALZMANN, 2003).

Bununla birlikte, henüz kadastro teknik boyutu sorumluluk alanı olmayan verilerin yönetimiyle uğraşması konusunda günümüzde bir fikir birliğine varılmış değildir. Ancak, uygulamada karşılaşılan problemler yeni yaklaşımların benimsenmesini zorunlu kılmaktadır. Örneğin bazı ülkelerde altyapı tesisleri ve yüksek gerilim hatları gibi nesneler parsellerden bağımsız olarak tescil edilebilmektedir. Benzer şekilde, Avustralya'nın Queensland eyaletinde de irtifak haklarının tescilinde birçok parselde isabet eden yapılar olması durumunda tüm yapı bir bütün olarak üç boyutlu geometriyle tescil edilebilmektedir. 3B kadastro için en ideal olan 3B fiziksel nesnelerin kadastro veritabanında tutulmasından çok, kastrodan bu nesnelere erişimin mümkün olması şeklindedir. Böyle bir yaklaşım çözümün teknik boyutu yanında hukuksal ve kurumsal boyutunu da ele almayı gerektirmektedir. Öncelikle 3B bir kadastro için paylaşılacak veriler, bu verileri üreten ve kullanan kurumlar ayrıca ilgili mevzuat araştırılmalıdır.

## 2.3. Teknik Kısım

3B kadastro teknik boyutu kapsamında ele alınabilecek konular şu başlıklar altında sırlanabilir:

- 3B veri toplama,
- Konumsal veri modelleri,
- 3B gösterim,
- 3B VTYS (Veri Tabanı Yönetim Sistemi), CBS ve CAD yazılımları.

3B kadastro teknik boyutundaki aşamalardan biri 3B konumsal verinin teminidir. Sadece bir koordinat veri seti için düşünüldüğünde bu veri setinin, x ve y değerlerine z değerinin eklenmesi günümüz ölçme teknolojisinde çok zor değildir. Özellikle GPS bazlı ölçme teknikleri yüksek doğrulukta 3B koordinat değerlerini sağlayabilmektedir. Bununla birlikte, büyük miktardaki mevcut 2B veri setinin 3B olarak tanımlanmasında yersel ölçme tekniklerinden veya GPS teknolojilerinden faydalanmak oldukça zordur. Bu noktada, sayısal arazi modelleri (SAM) kullanarak mevcut 2B verilerin (örneğin kadastro parselleri) yükseklik verisiyle entegrasyonunu sağlamak mümkündür. SAM oluşturmak amacıyla fotogrametriden yararlanılabilir. Bunun yanında, son yıllarda lazer-altimetre (LIDAR) yöntemi de geniş alanlar için yükseklik verisinin toplanmasında kullanılmaya başlanmıştır. Farklı teknikler mevcut olmakla birlikte, sadece kadastro amaçları için geniş alanlarda 3B veri toplamak ekonomik açıdan uygun olmayabilir. Burada önemli olan nokta kadastroda ihtiyaç duyulduğunda farklı kaynaklardaki verileri kullanabilecek şekilde bir yapının oluşturulmasıdır (STOTER ve SALZMANN, 2003).

Kadastroda hem konumsal veriler (parseller) hem de konumsal olmayan veriler (haklar, kişiler) bulunmaktadır. Günümüzde bu türden verilerin yönetilmesinde bilgisayardan yararlanılmaktadır. Gerçek dünyanın bilgisayar ortamında anlaşılabilir şekilde tasvir edilmesinde ise veri modellerinden istifade edilir. Günümüzde konumsal veriler çeşitli modeller kullanılarak konumsal VTYS içerisinde modellenmektedirler. Konumsal VTYS'de nesnelerin geometrik ve topolojik yapıları tanımlanır. Geometrik yapı nesne koordinatlarına doğrudan erişim sağlarken, topolojik yapı nesnelerin konumsal ilişkilerine dair bilgileri içerir. Bugün için 3B uygulamalarla ilgili en önemli sorun hacimsel veri tiplerinin VTYS'leri tarafından desteklenmemesi ve dolayısıyla algılanmamasıdır. Diğer bir sorun da 3B topolojik yapının VTYS içinde tam olarak oluşturulamamasıdır. Bu konu üzerindeki araştırmalar hala devam etmektedir. Bunun neticesinde belli bir uygulama için tasarlanan veri modeli başka bir uygulama için başarısız olmaktadır. Bunun yanında 2B veri tipleri için geliştirilen standartlar (OpenGIS Simple Feature Specification) 3B veriler için mevcut değildir (DÖNER ve BIYIK, 2009b).

## 3. Dünyada 3B Kadastro: 3B Kadastrolar Çalışma Grubu

3B kadastro konusunun uluslararası düzeyde ele alınması ilk olarak 2001 yılında FIG'in yedinci komisyonu nezaretinde Hollanda'nın Delft kentinde gerçekleştirilen 3B Kadastrolar isimli çalıştayla olmuştur. 25 farklı ülkeden katılımcının bulunduğu bu çalıştay sonucunda 3B kadastrolar isimli bir çalışma grubunun FIG bünyesinde kurulmasına ve farklı ülkelerin deneyimlerinin bu yolla paylaşılmasına karar verilmiştir. 2002-2006 yılları arasında faaliyet gösteren, ülkemiz adına bu makalenin yazarlarının da bulunduğu ilk 3B Kadastro Çalışma Grubunun çalışmalarına ait ana bulgular şu şekilde özetlenmektedir:

- Ülkeler arasında yasal sistemlere göre farklılıklar olmakla birlikte ortak olan nokta her ülkede üçüncü boyutun

kullanımı ile ilgili bazı haklar olduğu şeklindedir. Genel olarak kabul görececek bir 3B mülkiyet tanımı için pek çok ülkede yasal mevzuatta değişiklik yapmak gerekecektir.

- Birçok ülkede kanunlara göre arazideki mülkiyet zaten üç boyutludur. Mülkiyet parsel yüzeyinden yerin merkezine kadar olan her şeyi ve parselin üzerindeki her şeyi kapsamaktadır. Bununla birlikte mevcut konumsal tescil iki boyuta indirgenmiş şekilde yapılmaktadır.
- Sadece kadastral amaçlarla 3B veri toplamak mantıklı olmayabilir. Bu noktada, kent planlama ve kent yönetimi gibi 3B gösterimi gerektiren çok amaçlı 3B veri kullanımı dikkate alınmalıdır. 3B verinin paylaşımı konumsal veri altyapıları kapsamında değerlendirilmelidir.
- İki boyutlu tescilde olduğu gibi mülkiyetin 3B tescilinde de asıl amaç yasal açıdan hakları güvence altına almak ve bu haklarla ilgili olarak yapılacak işlemler için yasal bir zemin sağlamaktır. Bu zeminin oluşturulması gerçek anlamda arazi piyasasında ilgi uyandıracak ve üç boyutlu mekânın etkili kullanımına imkân verecektir.
- Uygulamada ekonomik faktörler de dikkate alınmalıdır. Ekonomik açıdan incelendiğinde 3B kadastro nun bir anda oluşturulması güç olabilir. Zaman içerisinde artan teknolojik imkânlar 3B kadastro nun hayata geçirilmesine yardımcı olacaktır.

2002 yılında 3B kadastro lar Çalışma Grubunun kurulmasından sonra 2010 yılına kadar FIG'in düzenli olarak her yıl gerçekleştirdiği çalışma haftası toplantılarında ve dört yılda bir düzenlediği kongrelerde 3B kadastro isimli oturumlar düzenlenerek farklı ülkelerden katılımcıların sunum yapımları sağlanmıştır. Ancak, 2006-2010 yılları arasında çalışma grubunun FIG bünyesinde faaliyeti olmamıştır. 3B kadastro çalışmaları üzerinde daha fazla ilerleme sağlamak amacıyla 2010 yılının Nisan ayında Sydney'de gerçekleştirilen FIG kongresinde 2010-2014 yılları arasında faaliyet gösterecek '3B Kadastro lar' isimli bir çalışma grubunun yeniden oluşturulmasına karar verilmiştir. Şekil 1'de FIG bünyesinde kurulan 3B kadastro lar çalışma grubunun logosu görülmektedir (URL-1).



Şekil 1. 3B kadastro lar çalışma grubu logosu

### 3.1. Amaç ve Temalar

Çalışma grubunun ana amacı 3B kadastro için işleyen bir yapı oluşturmak olarak tarif edilmiştir. Bu yapı oluşturulurken iki hususun temel alınması hedeflenmektedir. Birincisi, ortak bir kavram ve terminolojinin takip edilmesidir. Bu amaçla ISO 19152 Arazi İdaresi Temel Modelinin (LADM-Land Administration Domain Model) benimsenmesi öngörülmektedir. İkinci husus ise, 3B kadastro uygulamaları için ortak düzeylerin yasal, kurumsal ve teknik olarak tanımlanmasıdır. Bu iki hususun temel alınması farklı fikir ve uygu-

lamaların verimli bir şekilde paylaşımına imkân verecektir. Her uygulama için yasal, kurumsal ve teknik meseleler ele alınmış olacaktır. Ayrıca, ISO'nun LADM modelinin benimsenmesi farklı 3B kadastro çözümlerinin karşılaştırılabilmesi olanağını sağlayacaktır (URL-1).

3B Kadastro lar Çalışma Grubu dört tema belirlemiştir. Bunlar 3B kadastro için modeller, 3B kadastro ve konumsal veri altyapıları, 3B kadastro ve zaman, 3B kadastro ve kullanılabilirliktir. 3B kastroda tescil, verinin depolaması ve dağıtımı farklı kullanıcıların dahil olduğu farklı modelleri gerektirebilir. Modelleme boyutunda hangi konumsal ve zamansal bilginin kullanılacağı, hangi kullanıcıların etkileşimde olacağı belirlenecektir. Kullanıcılar noterlerden bankalara, belediyelerden kadastro kurumu çalışanlarına, haritacılar vatandaşlara kadar çok geniş bir kategoride olabilecektir. Yasal kadastral nesnelerin ve bunların konumsal karşılıklarının tescili iki farklı fakat birbiriyle ilişkili veri kümesi ile çalışmayı gerektirmektedir. Bu iki farklı veri kümesine erişimin en ideal yolu konumsal veri altyapılarını kullanmaktır. 2B kadastro için de geçerli olan bu yaklaşım 3B kadastro için daha fazla önem arz etmektedir. 3B fiziksel nesnelerin konumsal ve yasal temsillerini gerçekleştirmek 3B kadastro nun temel amaçlarından biri olarak kabul edilmektedir.

Yükseklik veya derinlik gibi (üçüncü boyut), kadastro nun diğer önemli bir bileşeni de zamandır (dördüncü boyut). Aslında her kadastral kayıt bir zaman bileşenine sahiptir. Bu nedenle, 3B kadastro lar çalışma grubu zaman boyutunu da ele almaktadır. Kadastro nun kavramsal temelini oluşturan boşluksuz ve çakışmasız mekân bölümlenmesi dördüncü boyutta da geçerlidir. Bununla birlikte, 4B bir mekân-zaman bölümlenmesini teknik anlamda uygulamak çok daha zor olacaktır. Tutarlılığın sağlanması adına en ideal çözüm 4B topolojik (mekân-zaman) yapının gerçekleştirilmesi olacaktır. Grafik kullanıcı ara yüzleri 3B kadastro nun uygulanmasında gerekli bir araç olacaktır. Bu aşama 3B gerçek kadastral verinin etkileşimli olarak temsilini içerecektir. Google Earth gibi popüler mevcut kullanıcı ara yüzleri 3B yasal nesnelerin (yer altı nesneleri veya bağımsız bölümler gibi) temsilinde başlangıçta kullanılabilir. Bu tema altında ele alınacak konular arasında 3B kadastral bilginin nasıl dağıtılacağı ve 3B temsili kâğıt ve elektronik ortamda nasıl olacağı konuları da bulunmaktadır.

### 3.2. Uygulama için Tercihler

3B Kadastro lar Çalışma Grubu bünyesinde farklı ülkelerin mevcut uygulama ve ihtiyaçlarına göre tercih edebilecekleri, LADM tarafından desteklenen beş farklı 3B kadastro modeli uygulanması bulunmaktadır. Bunlar; yalın 3B kadastro, topoğrafik 3B kadastro, çok yüzlü (polyhedral) yasal 3B kadastro, non-polyhedral yasal 3B kadastro ve topolojik yasal 3B kadastro şeklindedir (URL-1).

Yalın 3B kadastro modeli kablo ve boru hatları gibi pek çok yer altı nesnesini tescil etmemektedir. Bir binanın bölümleri ise düşey boyutta bölümlenme yapılmak suretiyle katmanlar şeklinde temsil edilebilmektedir. Bunlar dışındaki tüm 3B nesneler için 2B kadastro haritasına bir sembol eklenmektedir. Bu sembol 3B nesnenin konumsal bilgilerini içeren kaynağa bağlantı imkânı sağlamaktadır. Bu yaklaşımın temel üstünlüğü uygulanmasının kolay olmasıdır.

Topoğrafik 3B kadastro modeli, yasal nesnelerin kendi geometrilerini temsil etmemekte bunları temsil ederken fiziksel nesnelerin sınırlarını kullanmaktadır. Bu modelin temel zayıf yanı, yasal nesnelerin kadastroda temsili için mutlaka fiziksel karşılıklarının bulunması zorunluluğudur.

Çok yüzlü (polyhedral) yasal 3B kadastro modelinde hacimsel parseller, 2B kadastrodaki poligonlar gibi kendi geometrik yapılarına sahiptirler. Bu geometrik yapı düzlem yüzeylerle kuşatılan çok yüzlü hacmi hesaplanabilir bir nesneyle temsil edilmektedir. Bu modelin üstünlüğü mevcut CBS, CAD ve veritabanı teknolojileriyle uygulanmasının kolay oluşudur. Temel eksikliği ise topolojik yapıyı desteklememesi ve düzlem olmayan yüzeylere izin vermemesidir.

Non-polyhedral yasal 3B kadastro modeli bir önceki modele benzemekle birlikte temel farkı düzlem olmayan yüzeyleri de modelleyebilmesidir. Bu modelin üstün yanı daha fazla sayıda 3B nesneyi tescil edebilmesidir. Temel zayıflığı ise mevcut teknolojik imkânlarla uygulanmasının zor olması ve bir önceki modelde olduğu gibi topolojik yapıyı desteklememesidir.

Topolojik yasal 3B kadastro modeli nokta, kenar, yüzey ve hacim elemanları kullanılarak topolojik olarak modellenmiş 3B parselleri temel almaktadır. Mekânın 3B bölümlenmesini desteklemektedir. Böylece, sınırların kayıt edilmesinde tekrarlar önlenmekte ayrıca çakışma ve boşluklara izin verilmemektedir. Uygulanmasının zor oluşu bu modelin temel eksikliğidir.

### 3.3. Katılımcılar ve Takvim

3B kadastrolar çalışma grubunun 34 ülkeden aktif katılımcısı bulunmaktadır. Bu ülkelerin isimleri sırasıyla: ABD, Almanya, Arjantin, Avustralya (Queensland ve Victoria eyaletleri), Avusturya, Bahreyn, Brezilya, Çin, Danimarka, Endonezya, Finlandiya, Fransa, Güney Kore, Hırvatistan, Hollanda, İngiltere, İspanya, İsrail, İsveç, İsviçre, İtalya, Kanada, Kazakistan, Kenya, Kıbrıs, Macaristan, Makedonya, Malezya, Nepal, Norveç, Polonya, Rusya, Türkiye, Yunanistan şeklindedir (URL-1).

3B kadastrolar çalışma grubunun 2010-2014 dönemini kapsayan dört yıllık çalışma takvimi şu şekilde belirlenmiştir. 2010 yılı içerisinde web sayfası oluşturularak muhtemel katılımcılar davet edilmiştir. Ayrıca, 2010 yılı içerisinde katılımcılara bir anket çalışması gönderilerek tamamlanmıştır. 2011 yılı için Hollanda'nın Delft kentinde 16-18 Kasım tarihleri arasında ikinci 3B kadastrolar çalışmayı gerçekleştirilecektir. Bunun yanında, 2011-2013 yılları arasında düzenlenecek FIG çalışma haftası toplantılarında (2011-Fas, 2012 İtalya, 2013 Nijerya) 3B kadastrolar isimli oturumların oluşturulması planlanmaktadır. 2013-2014 dönemimde üçüncü 3B kadastrolar çalıştayının gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Yine bu dönemde 3B kadastroyun yasal, kurumsal ve teknik boyutlarını ele alan bir FIG yayınının hazırlanarak yayınlanması hedeflenmektedir. 2014 yılı için, dört yıllık süredeki ilerlemeleri belirlemek amacıyla katılımcılara yeni bir anket gönderilerek sonuçların analiz edilmesi planlanmaktadır. 2014 yılında Malezya'da gerçekleştirilecek FIG kongresinde sonuçların duyurulması ve çalışma grubu faaliyetlerinin bir rapor halinde sunulması amaçlanmaktadır.

### 3.4. 3B Kadastro Uygulamaları

Bu bölümde 3B kadastrolar çalışma grubunda temsil edilen ülkelere bazılarının 3B kadastro için gerçekleştirdiği çalışmalar özetlenmektedir. Yapılan çalışmalar o ülkenin yasal yapısına, kadastro teşkilatının kurumsal yapısına ve kadastro teknik uygulamasına bağlı olarak farklılık göstermektedir. 3B kadastro çalışmaları incelenen ülkeler: Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya (Queensland Eyaleti), Danimarka, Hollanda, İsrail, İsveç, İsviçre, Kanada (British Columbia eyaleti), Macaristan ve Norveç olmak üzere toplam on ülkedir.

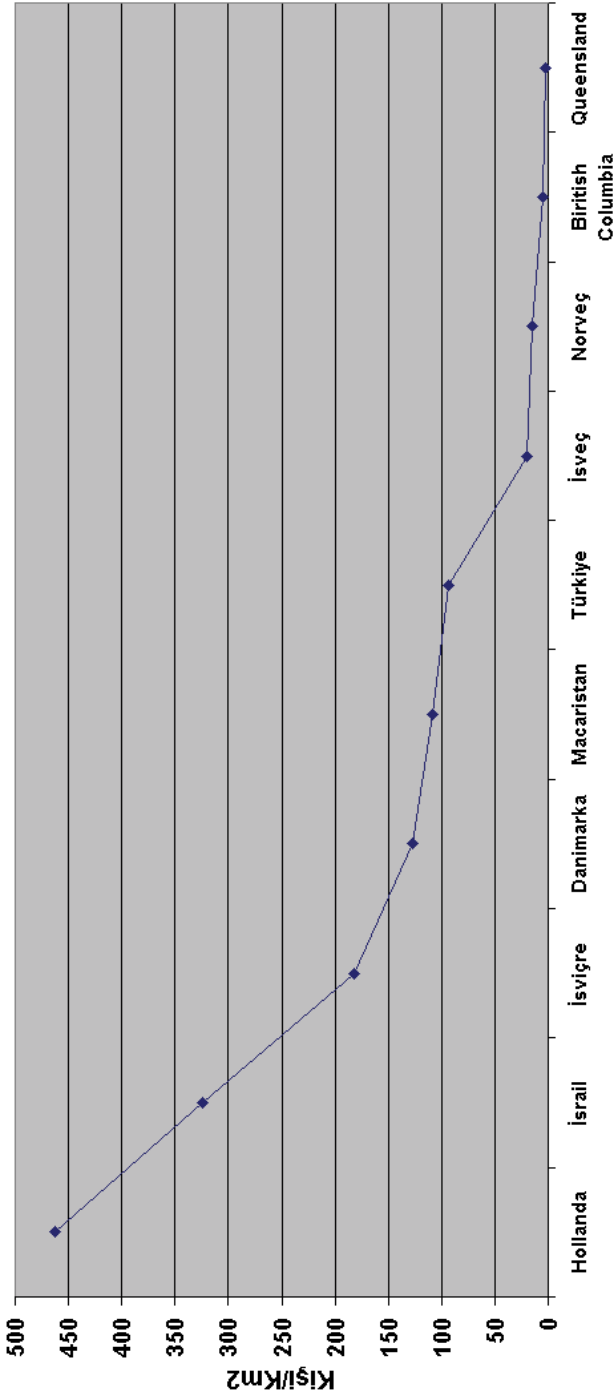
Bu ülkeler içerisinde, proje bazında problemi ele alarak teknik çözüm yolları arayan üç ülke Hollanda, İsrail ve İsviçre olarak göze çarpmaktadır. Bunun temel nedeni, bu ülkelerin yüzölçümlerinin küçük oluşu ve birim alana düşen nüfusun yıllar içerisinde sürekli olarak artması şeklinde açıklanabilir. Sınırlı arazi üzerindeki artan baskı ve mülkiyetin tescilinde karşılaşılan problemler yüzeyin hem altını hem de üstünü etkili bir şekilde kullanmayı mümkün kılacak projelerin gerçekleştirilmesini bu üç ülke için zorunlu kılmıştır. Şekil 2'deki grafikte, incelenen ülkelerdeki birim alana düşen kişi sayısı gösterilmektedir (DÖNER, 2010).

Bununla birlikte, yapılan 3B kadastro çalışmalarının başarısını veya kadastral sistemin 3B kadastro için uygunluğunu değerlendirirken sadece incelenen ülkelerin nüfus yoğunluğunu öne çıkarmak yanıltıcı olabilir. Nitekim incelenen ülkeler içerisinde Queensland ve British Columbia'da yüzey parselinden bağımsız olarak, 3B sınırlarıyla belirlenmiş hacimsel parsellerin oluşturulması mümkündür. Hatta Queensland'ta altyapı tesisleri için tesis edilecek irtifak hakları için 3B ölçü planları da hazırlanabilmektedir. Oysa bu ülkelerin nüfus yoğunlukları incelenen ülkeler içerisinde en az olanlarıdır. Bu iki ülkeyi diğerlerinden ayıran fark yasal yapının geleneksel hukuk sistemine dayanıyor olmasıdır. Bu yapı sayesinde arazinin düşey boyutundaki hak sahipliği ve kısıtlamalar gerektiğinde kesin sınırlarla tarif edilebilmektedir. Yasal yapının yüzeyden bağımsız mülkiyet birimlerinin oluşturulmasına imkân veriyor olması ve kadastral yapının bu mülkiyet birimlerinin tesciliyle ilgili gerekli bilgileri içermesi (örneğin 3B ölçü planları) nedeniyle bu iki ülke için 3B kadastro hukuki ve kurumsal ayağıyla ilgili problemleri çözdükleri söylenebilir. Bununla birlikte, Queensland'ta 3B mülkiyet birimlerine ait grafik veriler kadastro veritabanı ile entegre edilemediğinden bu verilere erişim ve gösterim mümkün olmamaktadır. British Columbia'da ise kadastro haritası uygulaması bulunmamaktadır (DÖNER, 2010).

Nüfus yoğunluğu ve yasal sistemin yapısı yanında, incelenen ülkeler arasında gruplandırma yapmanın bir diğer yolu da gerçekleştirilen yasal düzenlemelere bakmaktır. Hollanda, İsveç ve Norveç'te 3B kadastroya dönük olarak yasal düzenlemeler yapılmıştır. Hollanda'da altyapı tesislerinin bağımsız bir ID numarasıyla parselden ayrı olarak tescilini gerçekleştirmek, Medeni Kanun ve Kadastro Kanununda yapılan değişikliklerle mümkün olmuştur. Böylece, parsel ve binalar dışında arazinin düşey boyutundaki farklı bir nesne tipi tescil edilerek 3B kadastroya gidilen yolda önemli bir adım atılmıştır. Norveç ve İsveç'te yapılan yasal düzenlemeler ise yapılardaki mevcut durumda, özellikle yüzey altında-



ki 3B mülkiyeti iyileştirmeye dönüktür. Norveç ve İsveç'teki bağımsız bölümlerin tescilinde birlikçi sistem uygulanmaktadır. Bu iki ülkedeki yasal düzenlemeler daha çok bu sistemin iyileştirilmesine yönelik olmuştur (DÖNER, 2010).



Şekil 2. 3B kadastro çalışmaları incelenen ülkelerin nüfus yoğunlukları

Danimarka ve Macaristan'da ortaya konmuş somut bir çalışma olmamakla birlikte bu iki ülkede özellikle kent merkezlerindeki arazi kıtlığı nedeniyle 3B mülkiyet birimlerinin tescil edilerek daha iyi yasal güvence sağlanması yönünde

düşünceler ortaya atılmıştır. Macaristan'da kamu arazilerinin tescil dışı olması ve Avrupa Birliği'ne giriş sürecinde kamu arazileri altında bulunan birçok ulaşım ve altyapı tesisinin özelleştirilmesi neticesinde bunların geçirildikleri mekânların mülkiyetinin tescilinde problemler yaşanmaktadır. Danimarka'daki temel problem ise benzer kadastro verilerinin dört farklı kurum tarafından tescil ediliyor olması nedeniyle sadece 3B durumlarda değil aynı zamanda 2B durumlarda da verilere erişimin çok zayıf olmasıdır. Her iki ülkede de, bahsedilen olumsuzlukları ortadan kaldıracak çözüm yolları aranmaktadır (DÖNER, 2010).

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada dünyadaki 3B kadastro uygulamaları incelenmiştir. Bu inceleme gerçekleştirilirken FIG bünyesinde oluşturulan 34 ülkeden katılımcının bulunduğu 3B Kadastrolar Çalışma Grubunun faaliyetleri esas alınmıştır. Çalışma grubu, 3B kadastro kapsamını birbiriyle ilişkili üç kısımda ele alarak değerlendirmektedir. Bunlar sırasıyla hukuki, kurumsal ve teknik kısımlardır. Hukuki kısım için öncelikle, mevcut durum analiz edilerek ne gibi iyileştirmelere ihtiyaç olduğu belirlenmelidir. Kurumsal açıdan bakıldığında, bilginin Internet aracılığı ile dağıtımı günümüz toplumunda oldukça önemlidir. Dolayısıyla, 3B kadastro konumsal veri altyapıları ile uyumlu olması beklenmektedir. Kadastroda farklı kaynaklarda tutulan 3B konumsal verilere erişim sağlayabilecek bir yapı gereklidir. Böylece, farklı kullanım türleri üst üste çakıştığında kadastro bu kullanımın yasal durumuna ilişkin daha iyi bilgi sunması sağlanabilir. Teknik açıdan 3B kadastro hayata geçirebilmek için 3B konumsal nesnelerin nasıl modelleneceği, 3B verilerin mevcut 2B kadastro verileriyle entegrasyonu, 3B kadastro verilerinin gösterimi ve konumsal analizi konuları üzerinde durmak gerekmektedir.

Gerçek anlamda 3B bir kadastro geliştirilebilmesi için yukarıda sözü edilen üç farklı aşamadaki gerekliliklerin karşılanmış olması zorunludur. Hukuki aşamanın tamamlanması için 3B mülkiyet birimlerinin tesis edilmesine imkân verecek yasal düzenlemeler yapılmış olmalıdır. Kurumsal aşamada, yasal olarak tanımlanan 3B mülkiyet birimlerinin oluşturulması için hangi bilgilerin toplanması gerektiği, bunların nasıl sağlanacağı, yapılandırılacağı, saklanacağı ve sunulacağı belirlenir. Teknik aşamada ise, 3B mülkiyet birimlerinin geometrik olarak temsil edilmeleri ve bunların mevcut kadastro verileri ile entegrasyonu sağlanmalıdır. Ancak bu üç aşama beraber tamamlandığında 3B kadastro mümkün olacaktır. Bu çalışmada 3B kadastro uygulamaları incelenen ülkeler analiz edildiğinde, üretilen çözümlerin hukuki, kurumsal ve teknik aşamaları bir bütün olarak ele almadıkları, çalışmaların bunlardan biri veya ikisi üzerinde odaklandığı ortaya çıkmaktadır. Yasal ve kurumsal yapıda yapılan düzenlemeler ülkenin kendisine özgü olduğundan 3B bir kadastro için genel olarak kabul edilebilecek bir çözüm mevcut değildir.



## Kaynaklar

- DÖNER F. ve BIYIK C.: **Üç Boyutlu Kadastro**, Hkm - Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, Sayı: 97, ISSN 1300-3534, s.53, 2007.
- DÖNER F.: **Türk Kadastro Sistemi için Üç Boyutlu Yaklaşım**, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ocak 2010, Trabzon.
- DÖNER F. ve BIYIK C.: **Kadastroda Üçüncü Boyutun Kapsam ve İçeriği**, XII. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 11-15 Mayıs, 2009a, Ankara.
- DÖNER F. ve BIYIK C.: **Üç Boyutlu Nesnelerin Konumsal Veri-tabanında Yönetimi**, Hkm - Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, Sayı: 100, ISSN 1300-3534, s.27, 2009b.
- MOLEN P.: **Institutional Aspects of 3D Cadastres**, Computers, Environment and Urban Systems 27, s.383–394, 2003.
- STOTER J. ve SALZMANN M.: **Towards a 3D Cadastre: Where Do Cadastral Needs and Technical Possibilities Meet?**, Computers, Environment and Urban Systems 27, s.395–410, 2003.
- UN ve FIG: **Report of the Workshop on Land Tenure and Cadastral Infrastructures for Sustainable Development**, Bathurst, Australia, 1999.
- UN ve FIG: **The Bogor Declaration**, UN Interregional Meeting of Experts on the Cadastre, Bogor, Indonesia, 1996.
- URL 1: <http://www.gdmc.nl/3DCadastres/> FIG Joint Commission 3 and 7 Working Group on 3D-Cadastres, Mart 2011.

# Ray Hattı Geometrisinin Belirlenmesine Yönelik Ölçme Sistemi Tasarımı ve Geliştirilmesi

Burak AKPINAR<sup>1</sup>, Engin GÜLAL<sup>2</sup>

## Özet

Günümüzde şehir içi raylı sistemler hızlı, ekonomik, çevre dostu, güvenli ve çağdaş sistemler olmaları dolayısıyla özellikle büyükşehirlerde gittikçe önem kazanmaktadır. Raylı sistemlerin en önemli özelliklerinden biri güvenilir ulaşım aracı olmalarıdır. Bu özelliğin devam ettirilebilmesi, bu sistemlere yapılan düzenli bakımlarla sağlanabilir. Bu bakımlar içinde de deformasyon ölçmeleri önemli yer tutmaktadır.

Raylı sistemlerdeki üstyapı elemanlarında meydana gelen deformasyonların belirlenmesi amacıyla klasik jeodezik ölçme yöntemleri kullanılmaktadır. Mevcut ölçme yöntem ve sistemleri ile yapılan ölçme işlemi çoğu zaman uzun süreler almaktadır.

Bu çalışmada, raylı sistemlerdeki jeodezik ölçmelerde hız ve güvenilirliğin sağlanabilmesi için tasarlanan ölçme sistemi tanıtılmakta ve ilk test sonuçları verilmektedir.

## Anahtar Sözcükler

Ray hattı geometrisi, mühendislik ölçmeleri, GPS, Kalman Filtreleme Tekniği.

## Abstract

### Geodetic Measurement System Design and Application for Determining the Railway Geometry

Nowadays, urban railway systems are being developed especially in metropolises because they are faster, economic, environment friendly, safe and modern transportation systems. One of the most important characteristics of Railway Systems is safety. This characteristic can be continued by only periodical maintenance. Deformation measurements are important phase of this maintenance.

Conventional geodetic methods are used for determining the railway deformations. Measurement processes with these methods are usually taken long time.

In this study, a new measurement system is described to provide the fast and reliable measurements.

## Key Words

Railway geometry, engineering measurements, GPS, Kalman Filtering.

## 1. Giriş

Raylı sistemlerde yaşanan gelişmeler, bu sistemlerin güvenilirliği ve seyahat konforunun sürdürülebilmesi için düzenli bakım ve kontrol yapılması gereğini beraberinde getirmek-

tedir. Raylı sistemlerde yapılan bakım ve kontrol işlemleri içinde üstyapı kontrolü önemli bir yer tutmaktadır. Üstyapı üzerinde çeşitli etkilerden dolayı zamanla deformasyonlar meydana gelmektedir. Bu deformasyonların zamanında tespit edilmesi ve düzeltilmesi raylı sistemlerin güvenilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Deformasyonların tespit edilmesi aşamasında jeodezik ölçmeler birinci derecede önemlidir.

Raylı sistemlerde, özellikle üstyapı bakımında klasik jeodezik ölçmeler yoğun olarak kullanılmaktadır (ÜNLÜTEPE, 2005; TARHAN ve AKPINAR, 2005; YILMAZ vd, 2007). Ancak raylı sistemlerdeki deformasyonların belirlenmesinde kullanılan klasik ölçme yöntemleri, raylı sistemlerde yaşanan gelişmelerle birlikte yetersiz kalmaya başlamıştır. Çünkü bu yöntemler ile kısa bir hattın ölçümü bile uzun süreler almaktadır.

Günümüz itibarıyla raylı sistemlerde, ray hattı geometrisinin belirlenmesinde uygulanan klasik jeodezik ölçme yöntemlerine alternatif pek çok ölçme donanımı ve yöntemi geliştirilmiştir. Bu çalışmada ray üzerinde hareket eden bir araç ve araç üzerindeki ölçme donanımları ile ray hattı geometrisi ile ilgili parametreler hesaplanmaktadır. Bahntechnik firması tarafından geliştirilen Rhomberg sistemi (DUNISCH vd, 2000), Geo++ firması tarafından geliştirilen GnBahn sistemi (MILEV ve GRUENDIG, 2004), Amberg firması tarafından geliştirilen GRP sistemi (AMBERG TECHNOLOGIES, 2007) bunlar için örnek olarak verilebilir.

Bu çalışma kapsamında tasarlanan ölçme sistemi ile raylı sistemlerde üstyapı kontrolünde uygulanan klasik jeodezik ölçme sistem ve yöntemlerine alternatif geliştirilmiştir. Tasarlanan yeni sistem ile üstyapı kontrolünde uygulanan ölçme yöntemlerine hız ve güvenilirlik kazandırılması amaçlanmıştır. Hız ve güvenilirliğin yanında yeni ölçme sistemi ile yapılan ölçmeler sonucunda ray hattındaki deformasyon miktarlarının belirlenerek, ray hattına ait düzeltme miktarlarının buraj makinalarında girdi olarak kullanılabilmesi amaçlanmıştır. Bu sayede raylı sistemlerde üstyapı bakım ve kontrolünde otomasyon sağlanması mümkün olacaktır.

## 2. Ölçme Sistemi

Geliştirilen ölçme sistemi ana gövdesinde alüminyum malzeme kullanılmıştır. Malzemenin seçiminde hafif, mukavemeti yüksek ve korozyona dayanıklı olma özellikleri esas alınmıştır. Şekil 1 de ölçme sisteminin genel görünümü verilmiştir.

<sup>1</sup> Arş. Gör. Dr., <sup>2</sup> Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Esenler, İstanbul



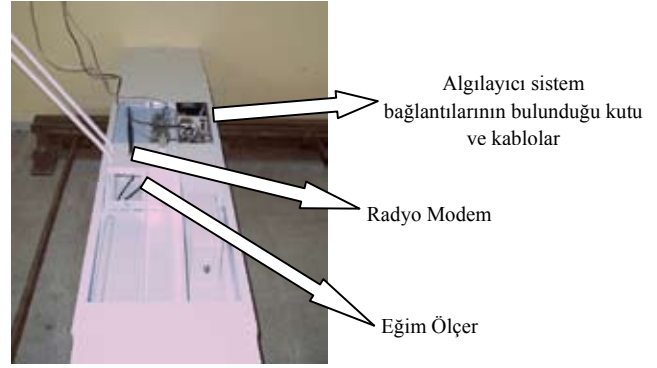
Şekil 1: Ölçme sistemi genel görünümü.

Alüminyum ana gövde, iki adet demir profil üzerinde taşınmaktadır. Sistem bu demir profillere bağlanan dört adet flanşlı tekerlek ile ray üzerinde hareket etmektedir. Tekerlekler alüminyum üzerine poliüretan malzeme kaplanması ile özel olarak üretilmiştir. Bu sayede tekerleklerin hafif olmasının yanında dayanıklılığının artırılması sağlanmıştır. Sistem bu tekerlekler sayesinde mantar raylı hatların yanında genellikle tramvay hatlarında bulunan oluklu raya sahip hatlarda da çalışabilmektedir.

Araç üzerine, ray hattında çalışma yapıldığı zaman ray hattı orta eksen ile çakışık olacak şekilde, 1 m uzunluğunda bir jalon yerleştirilmiştir. Bu jalon ölçmeler sırasında, total station ölçümleri için kullanılan yansıtıcıyı ve özel olarak üretilen bir aparat ile de GPS alıcı antenini taşımaktadır (Şekil 1).

Ölçme sistemi üzerinde ayrıca aracın itilerek sürülmesi amacıyla bir dümen tasarlanmıştır. Bu dümen üzerine sistem kontrol eden yazılımın yüklü bulunduğu bir dizüstü bilgisayar bulunmaktadır.

Aracın ana gövdesi kapaklı üç bölümden oluşmaktadır (Şekil 2). İlk bölümde, algılayıcı sistem bağlantılarının bulunduğu kutu, total station tarafından radyo modem ile gönderilen verilerin bilgisayar ortamına aktarılması sağlayacak bir radyo modem ve eğim ölçer ile Lineer Yerdeğişimi Algılayıcısı (LVDT) bağlantılarını sağlayan kablolar bulunmaktadır. Ana gövde içindeki ikinci bölümde eğim ölçer bulunmaktadır. İki eksenli eğim ölçer, deyer değerlerinin belirlenebilmesi için, Y eksenini ray hattı gidiş doğrultusunda, X eksenini gidiş doğrultusuna dik konumda, olacak şekilde yerleştirilmiştir. Ana gövdenin alt kısmında ise, ray açıklığının belirlenebilmesi için LVDT bulunmaktadır. Ana gövde içindeki üçüncü bölüm ise, ray hattında yapılan ölçmeler sırasında boş bulunmaktadır. Ölçme işlemi bittikten sonra, GPS alıcı anteni ve yansıtıcıyı taşıyan jalon ve aparatı bu bölüme yerleştirilmektedir.



Şekil 2: Ölçme sistemi içindeki bölümler.

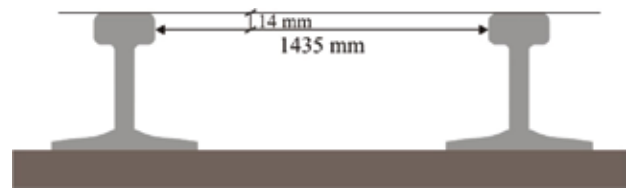
## 2.1. Sistem Bileşenleri

### 2.1.1. Algılayıcı Sistemler

Bu çalışmadan kullanılan algılayıcı sistemler Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü 26-05-03-02 YTÜ BAPK numaralı “Raylı Sistemlerde Deformasyonların Belirlenmesine Yönelik Ölçme Sistemi Tasarımı” konulu araştırma projesi kapsamında temin edilmiştir.

#### Lineer Yer Değişimi Algılayıcısı

Rayların iç kenarları arasındaki yuvarlanma yüzeyinden 14 mm aşağıda ölçülen açıklık ekartman olarak adlandırılmaktadır (Şekil 3). Ray hatlarındaki ekartman değerlerinin Uluslararası Demiryolu Birliği standartlarına uygun olarak belirlenebilmesi için, yüksek doğruluklu uzunluk ölçme sistemine gereksinim duyulmaktadır. Bunu karşılayabilmek için, yer değişimi ölçümünde tekrarlanabilirliği 0.0006 mm olan, LVDT tercih edilmiştir. Şekil 4 de ölçme sisteminde ekartman değerlerini belirlemek amacıyla kullanılan LVDT görülmektedir.



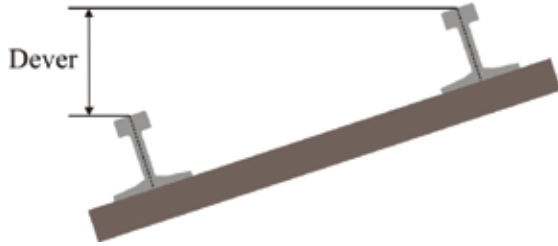
Şekil 3: Ekartman



Şekil 4: Ekartman belirleme amacıyla kullanılan LVDT.

### Eğim Ölçer

Kurplarda merkezkaç kuvvetinin savurma etkisini elimine etmek amacıyla iki ray arasında oluşturulan yükseklik farkı dever olarak adlandırılır (Şekil 5). Dever ve boyuna eğim miktarlarının UIC standartlarına uygun olarak belirlenebilmesi için HLPlanar Teknik firması tarafından üretilen NS-15/V2 modeli çift eksenli eğim ölçer tercih edilmiştir. Şekil 6 da ölçme sisteminde kullanılan çift eksenli eğim ölçer verilmiştir.



Şekil 5: Dever (TSE, 2004)



Şekil 6: Ölçme sisteminde kullanılan eğim ölçer

### 2.1.2. Konum Belirleme Sistemleri

Tasarlanan ölçme sisteminde konum belirleme amaçlı RTK GPS alıcıları ve total station kullanılmaktadır. Konum belirleme sistemleri, özellikle ray hattının yatay ve düşey mutlak konum bileşenlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

#### RTK GPS Alıcıları

Ölçme sisteminde ray geometrisinin belirlenmesi amacıyla çift frekanslı RTK GPS alıcıları kullanılmaktadır. RTK yönteminde referans alıcıda, hesaplanan taşıyıcı dalga faz ölçü düzeltmelerini yayımlayan bir radyo vericisi, gezici alıcıda da referans alıcı tarafından yayımlanan düzeltmeleri alan bir radyo alıcısı kullanılır (LEMMON, 1999; HOFMANN-WELLENHOF vd., 2001; GÜLAL ve AKPINAR, 2003).

RTK yönteminde istenilen sıklıkla koordinat bilgisi elde etmek mümkündür. Günümüzdeki GPS alıcıları 10 Hz – 20 Hz'e kadar veri toplayabilmektedir. Bu da 0.1 saniyede hatta 0.05 saniyede bir koordinat bilgisi elde edilmesi anlamına gelmektedir. RTK yöntemi ile toplanan koordinat verilerinin

bilgisayar ortamına aktarılabilmesi için alıcıdan bağımsız bir veri formatına ihtiyaç vardır. Günümüzde her marka ve model GPS alıcısı NMEA formatında veri çıkışına olanak sağlamaktadır. Ölçme sistemi ile yazılımı, NMEA veri formatına dayalı işlem yapmaktadır. Bu sayede ölçme sistemi, kullanılacak GPS cihazlarının marka ve modelinden bağımsızdır.

### Total Station

Ölçme sisteminde GPS in kullanımının mümkün olmadığı bölgelerde sistem total station ile desteklenmektedir. Günümüzde ulaşılan teknoloji total station ile hareketli objelerin izlenmesine olanak vermektedir. Bu amaç için ATR sistemli Leica TCRA1201 tercih edilmiştir. TCRA1201 total station seçilmesinde, reflektörü otomatik takip etme (ATR) özelliğinin olması ve açı ölçme doğruluğunun 0.3 mgon olması büyük etken olmuştur (LEICA GEOSYSTEMS AG, 2005).

Anlık olarak ray geometrisinin belirlenebilmesi için, total station ile toplanan verilerin ölçme sistemine kablolu bir iletişimle aktarılması gerekmektedir. Bu amaçla, biri total stationa, diğeri ise ölçme sistemi üzerindeki bilgisayara bağlanmak üzere 2 adet radyo modem kullanılmıştır.

### 2.1.3. Ölçme Sistemi Yazılımı

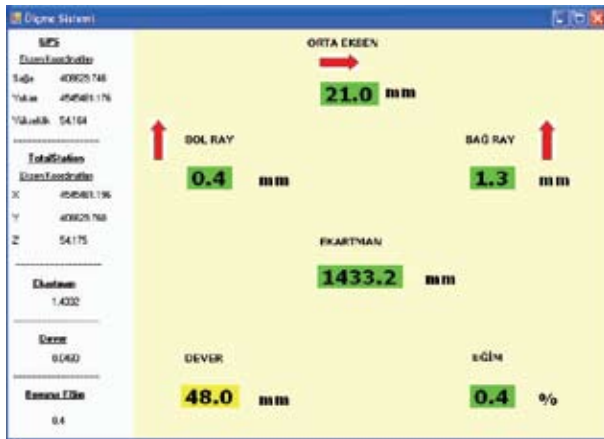
Ölçme sistemi bileşenlerinden alınan verilerin bilgisayar ortamına aktarılması ve ölçülen ray hattına ait geometrik parametrelerin belirlenerek, deformasyon miktarlarının hesaplanabilmesi için, ölçme sistemi ile entegre çalışacak bir yazılım geliştirilmiştir.

Ölçme sistemi yazılımı için Microsoft Visual Studio. NET ailesinden C# programlama dili seçilmiştir.

Ölçme sistemi yazılımı, proje verilerinin mevcut olduğu hatlarda kontrol amaçlı, proje verilerinin mevcut olmadığı hatlarda rölöve amaçlı ölçme yapabilecek kapasitede tasarlanmıştır. Ölçme işlemi sırasında ray hattı geometrik parametrelerinden, ray hattı orta eksen yatay konumu, sağ ve sol ray yükseklikleri, ekartman, dever ve boyuna eğim miktarları hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu büyükler, raylı sistem güzergahları ile ilgili uluslararası standartlara göre karşılaştırılmaktadır. Kullanıcıya istenildiği takdirde kendi standartlarını tanıma imkanı da sağlanmıştır. Ray hattı orta eksen yatay ve düşey konumu, ekartman, dever ve boyuna eğim miktarları ile ilgili tolerans değerler yazılıma girilebilmektedir.

Yazılım, sistem bileşenlerinden aktarılan verileri istenilen kayıt aralıklarında aldıktan sonra, UTC zamanı ile birlikte bir dosyaya kaydetmektedir. Ray hattına ait proje bilgilerinin yazılıma yüklenmesi ile anlık olarak ölçülen hattın proje verilerinden olan sapma miktarları ya da kullanıcı tarafından tanımlanan özel tolerans değerlerinden olan sapma miktarları hesaplanıp, kullanıcıya gösterilmektedir. Şekil 7 de ölçme ekranı ile ilgili örnek verilmiştir. Bu ekrandaki yeşil renk, anlık olarak ölçülen noktaya ait söz konusu büyüklüğün standartları sağladığını, sarı renk sınır değerler içinde olduğunu, kırmızı renk ise standartların dışına çıktığını ve ray hattının ölçülen bölümünün deformasyona uğradığını ifade etmektedir.





Şekil 7: Ölçme ekranı.

Ölçme işlemi sırasında yapılan anlık değerlendirme işleminin yanı sıra, yazılıma ölçü sonrası değerlendirme ve analiz modülü de eklenmiştir. Bu modülde, verilerin ayrıntılı analizi yapılmakta, kullanıcıya söz konusu ray hattının durumu ile ilgili ayrıntılı rapor hazırlanmaktadır.

### 3. Verilerin Değerlendirilmesi

Değerlendirme işleminin ilk aşamasında ölçme sistemi bileşenlerinden alınan verilerde kaba hata araştırması yer almaktadır. Bu aşamada MAD Filtreleme Tekniği kullanılmıştır

(MENOLD vd. 1999). LVDT, eğim ölçer ve konum belirleme sistemlerinden alınan verilerdeki olası kaba hatalar giderildikten sonra ikinci aşamada ray hattındaki dever, enine ve boyuna eğim, ekartman ve yol orta eksen koordinatları hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu büyüklükler veri tabanına güzergah uzunluğu ve UTC zamanı bilgileri ile birlikte kaydedilmekte, bu sayede tüm verilerin senkronizasyonu mümkün olmaktadır. Zaman senkronizasyonu yapılmış veriler, ray hattına ait mevcut proje verileri ile karşılaştırılarak geometrik değişim miktarları kalman filtreleme tekniği kullanılması ile hesaplanmaktadır. Sistemde kullanılan kalman filtreleme modeli ile ilgili bilgiler AKPINAR 2009’da ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Şekil 8 de değerlendirme işlemi için akış diyagramı verilmiştir.

Ölçme sisteminin doğruluğunun test edilmesi amacıyla Ulaşım A.Ş. işletme sahasının içinde bulunan bir bölgede test ölçüleri yapılmıştır. Test ölçümleri yapılan bölgedeki bulunan ray hattının gerçek geometrik parametrelerinin belirlenebilmesi amacıyla 420 m uzunluğundaki, kurp ve alıymandan oluşan ray hattı hassas jeodezik yöntemlerin kullanılması ile belirlenmiştir (AKPINAR, 2009). Ölçme sistemi ile yapılan ölçümler sonucu elde edilen geometrik parametreler ile gerçek geometrik parametreler arasındaki farklar, ölçme sisteminde GPS ve total station kullanılması durumlarına göre Tablo 1 ve de verilmiştir.



Şekil 8: Verilerin değerlendirilmesi için akış diyagramı.

Tablo 1. Ölçme sistemi ile belirlenen değerlerle gerçek değerler arasındaki farklara ilişkin bilgiler.

| Parametre                   | Maksimum (mm) | Minimum (mm)   | Ortalama (mm) | Standart Sapma (mm) |
|-----------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------------|
| Yatay Konum (GPS)           | 15.1          | 0.5            | 6.8           | 3.1                 |
| Yükseklik (GPS)             | 21.5          | -17.3          | 2.2           | 8.5                 |
| Yatay Konum (Total Station) | 5.5           | 0.4            | 2.4           | 1.9                 |
| Yükseklik (Total Station)   | 3.3           | -4.7           | -0.3          | 2.9                 |
| Ekartman                    | 1.2           | -0.9           | 0.4           | 0.6                 |
| Dever                       | 4.1           | -1.6           | 1.0           | 1.4                 |
| Eğim                        | 0.36 (derece) | -0.23 (derece) | 0.12 (derece) | 0.04 (derece)       |

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Tasarlanan ölçme sistemi ile ilgili test çalışması ölçümleri, İstanbul Ulaşım A.Ş. işletme sahası içinde bulunan test hatında gidiş ve dönüş olmak üzere gerçekleştirilmiştir.

Raylı sistem güzergahı ile ilgili uluslararası standartlara göre balastlı hatlarda yatay hat geometrisi için toleranslar  $\pm 25$  mm, balastsız (beton) hatlarda ise  $\pm 15$  mm dir. Hattın düşey geometrisi için belirlenen tolerans miktarları ise her iki hat tipi için  $\pm 10-15$  mm dir (RONDA, 2003). Tablo 1 de verilen, konum belirleme sistemi olarak GPS in kullanılması durumunda elde edilen sonuçlar incelendiğinde, RTK GPS yönteminin yatay ve düşey hat geometrisinin belirlenmesinde kullanılabileceği görülmektedir. Konum belirleme sistemi olarak ATR sistemli total station kullanılması durumunda ise, özellikle yatay ve düşey konum bileşenlerinde önemli derecede iyileşmeler olmuştur. Her iki sistemin birlikte kullanılması ile de özellikle GPS ile ölçüm yapılamayan tünel gibi bölgelerde sistemin total station ile desteklenmesi mümkün olmaktadır.

Raylı sistemler için belirlenen uluslararası standartlara göre dever ve ekartman için ölçme belirsizliği değerleri sırasıyla  $\pm 5$  mm ve  $\pm 1$  mm yi aşmamalıdır (TSE, 2004). Tablo 1 de verilen ekartman ve dever değerleri ile ilgili maksimum, minimum, ortalama ve standart sapma değerleri incelendiğinde ölçme sisteminin raylı sistem hatlarında ekartman ve dever değerlerinin belirlenmesinde kullanılmasının uygun olduğu söylenebilir.

Tasarlanan sistemin ek algılayıcı sistemler ile daha da geliştirilebileceği düşünülmektedir. Örneğin ray açıklığı belirlemek için kullanılan LVDT nin sayısının ikiye çıkarılması, aracın salınım ve titreşimlerinden etkilenmeden, çok daha hassas sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır. Sistemde kullanılan eğim ölçer yerine, INS (Inertial Navigation System) sistemlerinin kullanılması ile sistemin üç ekseninde dönüklüğünün belirlenebilmesi mümkün olacak ve sistem için kurulan kinematik modelin daha da geliştirilmesi sağlanabilecektir. Ayrıca sisteme entegre odometrelerin kullanımı ile, ray hattındaki güzergah uzunluğu değerleri GPS ve total station ölçümlerinden bağımsız olarak belirlenebilecektir. Bunların dışında, sisteme lazer tarayıcı, yer altı radarı (GPR) eklenmesi ile raylı sistem hattı çevresinin ve altyapısının belirlenebilmesi mümkün olacaktır.

#### Kaynaklar

- AKPINAR, B.,: **Ray Hattı Geometrik Değişimlerinin Belirlenmesine Yönelik Ölçme Sistemi Geliştirilmesi**, Doktora Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.
- AMBERG TECHNOLOGIES AG: **GRP1000 Brochure**, Regensdorf, Switzerland, 2007.
- DUNISCH, M., KUHLMANN, H., MOHLENBRINK, W.,: **Baubegleitendes Festpunktfeld bei der Einrichtung und Kontrolle der Festen Fahrbahn**, AVN 10/200, Wichmann, Heidelberg, 2000.
- GÜLAL, E., AKPINAR, B.,: **Applications of GPS Based Machine Guidance Systems in Open Pit Mining Operations**, International Conference of Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection, 9-13 June 2003, Bulgaria.
- HOFMANN-WELLENHOF, B., LICHTENEGGER, H., COLLINS, J.: **GPS-Theory and Practice**, 5th Edition, Springer, Wien, 2001.
- LEICA GEOSYSTEMS AG: **Leica TPS1200 Series Technical Data**, Leica Geosystems AG, Switzerland, 2005.
- LEMMON, R.T.: **The Influence of the Number of Satellites on the Accuracy of RTK GPS Positions**, The Australian Surveyor, Volume 44, Number, 1, pp.64-70, 1999.
- MILEV, I., GRUENDIG, L.: **Rail Track Data Base of German Rail-the Future Automated Maintenance**, INGENIO 2004 and FIG Regional Central and Eastern European Conference on Engineering Surveying, 11-13 November 2004, Bratislava, Slovakia.
- RONDA, J.: **Requirements for Defining and Maintaining Clearances**, Railway Group Standards, GC/RT5212, Railway Safety, February 2003, London.
- TARHAN, R., AKPINAR, B.: **Şehirçi Raylı Sistemlerde Deformasyon Ölçmeleri**, 2. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 23-25 Kasım 2005, İ.T.Ü., İstanbul.
- TSE,: **Demiryolu Uygulamaları – Hat - Hat Geometrisinin Kalitesi-Bölüm 1: Hat Geometrisinin Karakterize Edilmesi**, TS EN 13848-1, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2004.
- ÜNLÜTEPE, A.: **Marmaray BC1 Projesi ve Ölçme Çalışmaları**, 2. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 23-25 Kasım 2005, İ.T.Ü., İstanbul.
- YILMAZ, S., CEYLAN, A., ÖZTÜRK, C.: **Konya-Ankara Hızlı Tren Projesi ve Jeodezik Çalışmalar**, 3. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 24-26 Ekim 2007, Selçuk Üniversitesi, Konya.

## GNSS Antenlerinin Faz Merkezi ve Değişiminin Araştırılması

Engin GÜLAL<sup>1</sup>, N. Onur AYKUT<sup>2</sup>, Burak AKPINAR<sup>2</sup>, S. Özgür UYGUR<sup>3</sup>

### Özet

Günümüzde GNSS kullanılarak yüksek doğrulukta hassas konumlama yapmak mümkün olmaktadır. Özellikle yerkabuğu hareketlerinin izlenmesi, ulusal ve uluslararası referans ağlarının konumlarının belirlenmesi, mühendislik yapılarındaki deformasyonların belirlenmesinde hassas konumlamaya ihtiyaç duyulmaktadır. GNSS ile yüksek doğruluk elde edebilmek ancak uygun ölçme yönteminin seçilmesi, hata kaynaklarının giderilmesi ve gözlemlerin uygun modeller yardımıyla değerlendirilmesi ile mümkün olmaktadır. Hassas konumlama için dikkate alınması gereken unsurlardan biri de anten faz merkezi değişimidir. Anten faz merkezi değişimi uygun kalibrasyon yöntemleri kullanılarak belirlenmekte ve kullanıcıya sunulmaktadır. Bu çalışmada Yıldız Teknik Üniversitesi, Kalibrasyon Laboratuvarı kapsamında gerçekleştirilen anten faz merkezi ve değişiminin belirlenmesine yönelik olarak yapılan araştırmalar ile sonuçları sunulmaktadır.

### Anahtar Sözcükler

GNSS, Hassas konumlama, Anten Faz Merkezi, Kalibrasyon.

### Abstract

#### Research of Phase Center and Variations of the GNSS Antenna

Today it is possible to make positioning with high accuracy by using GNSS. Precise positioning is required especially for the national and international reference networks, monitoring crustal movements and deformation of the engineering structures. Getting high accuracy observations through GNSS is only possible by choosing the correct measuring method, eliminating the error sources and using the suited models for evaluating the observations. Another fact that should be considered for precise positioning is the antenna phase center variations. The antenna phase center variation is determined by using suitable calibration methods and delivered to the user. This labor includes the research and the results for defining the antenna phase center and determining it's variation scoped by Yıldız Technical University, Calibration Laboratory.

### Key Words

GNSS, Accurate positioning, Antenna Phase Center, Calibration.

### 1. Giriş

GPS'in ortaya çıkışı ve kullanım hikâyesi 35 yıla uzanmaktadır. Jeodezik amaçlı hassas konum belirleme çalışmaları ise 80'li yılların ortasından itibaren başarı ile gerçekleştirilmektedir. Bu zamandan günümüze GPS/GNSS sistemi teknik, yöntem ve gözlemlerin modellenmesindeki algoritmalar olarak sürekli geliştirildi ve hassaslaştırıldı. Örneğin santimetre doğruluğa ulaşabilmek için gerekli olan gözlem zamanı bazı uygulamalarda saatlerden birkaç dakikaya kadar indirildi. Uygun ölçme ve değerlendirme yöntemlerini kullanarak milimetreler mertebesinde hassas konum belirlemek sıradan uygulamalara dönüştü. Diğer taraftan iletişim tekniklerindeki gelişmeler ve veri iletişiminin ucuzlaması gerçek zamanlı konum belirleme çalışmalarının önünü açmıştır. Referans istasyonu ile gezici alıcı arasında mesafe kısıtlamasının olduğu klasik RTK uygulamaları, bu gelişmelerin ışığı altında yerini istasyonlar arasındaki mesafelerin yaklaşık 100km'ye dayandığı ağ RTK uygulamalarına bırakmıştır. Tüm dünyada ve ülkemizde TUSAGA-Aktif, İSKİ-UKBS gibi referans istasyon ağları kurulmaktadır. Uluslararası GNSS Servisi (IGS) global GNSS ağı global referans sisteminin tanımlanmasına katkıda bulunmakta ve hassas istasyon koordinatlarını ve uydu yörünge bilgilerini hesaplamaktadır. IGS ağı istasyon gözlemleri ve IGS ürünleri internet aracılığı ile tüm kullanıcılara ücretsiz olarak açıktır. Kıtalararası ve ulusal seviyede kurulan GNSS referans istasyonları ağları IGS ağına sıklaştırılması olarak da işlev kazanmakta ve global ve bölgesel jeodinamik araştırmalarda yerini almaktadır. Kabuk deformasyonlarının izlenmesinin yanında hassas konumlamanın önem kazandığı alanlardan bir diğeri de mühendislik yapılarındaki deformasyonların izlenmesidir. Ulusal ve uluslararası referans istasyonları ile ağlarının konumlarının belirlenmesi, yerkabuğu hareketlerinin ve mühendislik yapılarının izlenmesi, hassas konumlamanın öne çıktığı başlıklar olarak sıralayabiliriz. GNSS ile yüksek doğruluğa ulaşabilmesi ancak uygun ölçme yönteminin seçilmesi, hata kaynaklarının elimine edilmesi ve ölçülerin uygun modeller ile modellenmesi ile mümkün olmaktadır.

GNSS ile hassas konum belirlemede hata kaynakları, mesafeye bağımlı hatalar ve istasyon kaynaklı hatalar olmak üzere iki grupta toplanır. Mesafeye bağımlı hata kaynakları iyonosferik ve troposferik etki ile uydu yörünge hatasıdır. Ölçü yapılan istasyona bağlı olan hatalar ise çoklu yansıma hatası, anten faz merkezi değişimi ve ölçülerdeki gürültülerdir. Görüldüğü üzere anten faz merkezi ve değişimin belirlenmesi hassas konum belirleme uygulamalarında mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

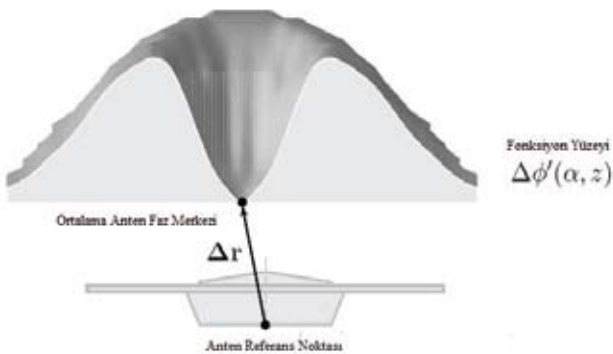
<sup>1</sup> Doç. Dr., <sup>2</sup> Arş. Gör. Dr. Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Esenler, İstanbul

<sup>3</sup> Arş. Gör. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Gebze, Kocaeli

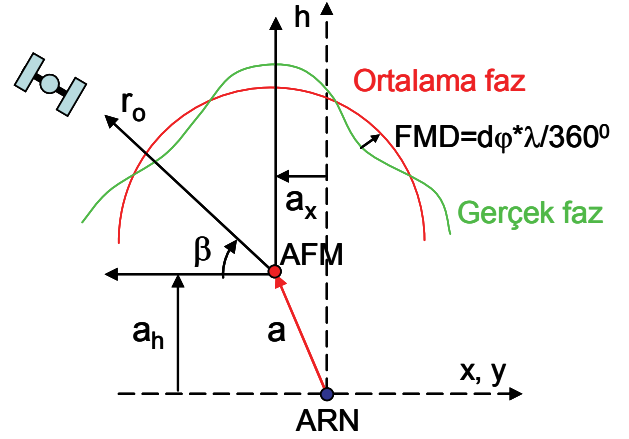
## 2. Faz Merkezi Ofseti ve Faz Merkezi Değişimi

GNSS antenlerinin faz merkezi fiziksel bir nokta değildir. Herhangi bir GNSS anteni için faz merkezi uydudan antene gelen sinyalin doğrultusu ile değişir. Anten kalibrasyonu ile anten referans noktasına göre elektriksel faz merkezi ve bu noktanın yükseklik ve azimuta bağımlı değişimi belirlenmektedir. Bir antende sadece bir mekanik anten referans noktası (ARN) tanımlanabildiği için anten yüksekliği gibi tüm merkezleştirme elemanları bu noktaya dayanmaktadır. Uluslararası GNSS Servisi tanımlamasına göre ARN aletin düşey ekseninde ve altında bulunmaktadır. Faz merkezi ofseti (FMO) olarak, anten referans noktası (ARN) ile anten faz merkezi (AFM) arasındaki vektör tanımlanır. Ortalama bir anten faz merkezine göre anten faz merkezi değişimleri  $L_1$  ve  $L_2$  sinyalleri için özdeş değildir. Ayrıca birçok istasyonda GNSS alıcı antenlerini yansıma ve çevresel etkilerden korumak için kullanılan radomların da anten faz merkezi değişimleri üzerinde etkisi bulunmaktadır (Şekil 1).

Anten faz merkezi ofseti ve faz merkezi değişimi gibi anten özelliklerinin değerlendirilmeye katılmaması özellikle hassas konum belirleme uygulamalarında yanıltıcı sonuçlara neden olabilir. Anten faz merkezi ofsetinin değerlendirmeye katılmaması çözüm sonuçlarını milimetre seviyesinde ve hatta özellikle yükseklik bileşeninde santimetre değerlerinde değiştirmektedir. Anten faz merkezi değişimi yükseklik açısına ve azimuta bağlı olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır. Yükseklik açısına bağlı değişimin etkisi azimuta bağımlı bileşenden çok daha büyüktür. Aynı yapı elemanlarından oluştuğu kabul edilen aynı tip antenin kullanılması ve aynı yöne yönlendirilmeleri durumunda kısa baz mesafelerinde faz merkezi hatası elimine olmaktadır. Faz merkezi hatasının etkisi GNSS ölçülerinde farklı anten tiplerinin kullanılması ve antenlerin farklı yönler yönendirilmeleri durumunda ortaya çıkmaktadır. Uzun baz mesafelerinde yerin küreselliği nedeniyle antenlerin aynı yöne yönlendirilmeleri mümkün olmamaktadır, (GÜLAL vd. 2010).



Şekil 1: Azimut ve yükseklik açısına bağlı anten faz merkezi değişimi.



Şekil 2: Anten faz merkezi ofseti ve faz merkezi değişimi, (CAMPBELL vd. 2004).

a faz merkezi ofseti ve doğrultuya bağımlı faz merkezi hatasının ölçülen uzunluğa etkisi aşağıdaki eşitlik ile tanımlanır:  $d\phi(\alpha, \beta) = a \cdot r_0 + \lambda \cdot d\phi(\alpha, \beta)$  (1)

a = Anten referans merkezine göre faz merkezi öteleme vektörü

$r_0$  = Yükseklik açısı  $\beta$ , azimut açısı  $\alpha$  olan uydu yönündeki birim vektör

$d\phi(\alpha, \beta)$  = Doğrultuya bağlı faz merkezi değişimi

$\lambda$  = Sinyalin taşıyıcı dalga boyu

## 3. Kalibrasyon Yöntemleri

GNSS antenlerinin kalibrasyonu bağıl ve mutlak yöntemler olarak iki farklı şekilde gerçekleştirilmektedir. Bağıl GNSS anten kalibrasyonu arazide gerçekleştirilmekte olup daha önceden mutlak kalibrasyonu gerçekleştirilmiş olan bir referans antenine ihtiyaç duyulur. Bağıl kalibrasyonun temel prensibi koordinat değerleri olarak bilinen kısa bir bazı uzun süre ölçülmesine dayanmaktadır. Bazın bir noktasında referans anteni diğer ucunda kalibre edilecek anten bulunmaktadır. Baz mesafesinin kısa olması (birkaç metre) nedeniyle uydu yörünge hatası ile iyonosfer ve troposferin etkileri göz ardı edilebilecek kadar küçük olmaktadır. Bu yöntemde tüm uydu geçişlerinin gözlenmesi ve sinyal yansımasının etkisini büyük ölçüde elimine etmek için en az 24 saatlik uzun süreli gözlem yapılmaktadır. GNSS ölçülerinin değerlendirilmesinden elde edilen değerler ile önceden hassas olarak belirlenmiş baz uzunluğu ve koordinat değerlerinden olan fark, bağıl faz merkezi hatası olarak kabul edilir. Farkların koordinat düzleminde alınması ile anten faz merkezi ofseti (FMO), gözlem düzleminde hesaplanması ile de faz merkezi değişimi (FMD) elde edilir.

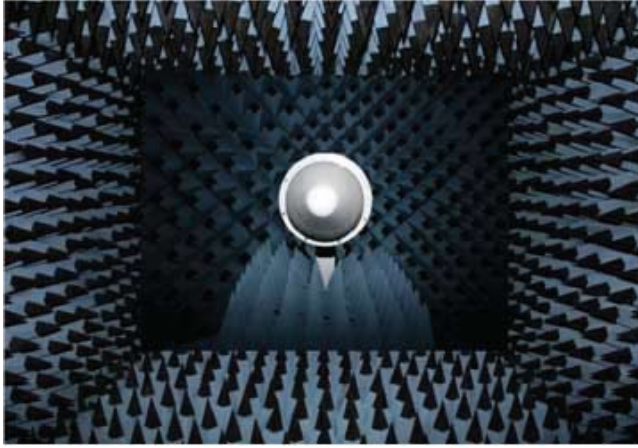
Mutlak kalibrasyon referans antenine bağıl olmadan gerçekleştirilir. Mutlak kalibrasyon ekosuz odada ve robot yardımı ile arazide olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Robot yardımı ile gerçekleştirilen mutlak kalibrasyon yönteminin temel prensibi, istasyona bağımlı sinyal yansıması ve AFM hata bileşenlerinin etkilerini birbirinden ayırarak



sinyal yansıması hatasını elimine etmektir, (WUBBENA, G. vd. 2006).

Diğer bir mutlak kalibrasyon yöntemi ise laboratuvar ortamında ekosuz bir odada gerçekleştirilmektedir. Özel olarak tasarlanmış olan ekosuz odada GNSS sinyali yapay olarak

üretilmekte ve tam karşısında bulunan kalibre edilecek anten kaydırılarak ve döndürülerek ölçüler yapılmaktadır. Başlangıç konumuna göre olan farklardan ortalama anten faz merkezi elde edilir, (ZEIMETZ, P. vd. 2009).



Şekil 3: Ekosuz oda ve robot kalibrasyon ölçümleri.

#### 4. Yıldız Teknik Üniversitesi'nde Anten Kalibrasyonu

YTÜ Harita Mühendisliği Bölümü Ölçme Tekniği Anabilim Dalı bünyesinde faaliyet gösteren Kalibrasyon Laboratuvarında Elektronik Uzunluk Ölçer, Elektronik Takeometreler, Nivolar ve GNSS Antenlerinin kontrol ve kalibrasyonu konularında çalışmalar yürütülmektedir.

GNSS antenlerinin kalibrasyonu ile ilgili olarak Davutpaşa Yerleşkesi İnşaat Fakültesi D blok üzerinde anten kalibrasyonu deney düzeneği kurulmuştur. Ölçme Tekniği Anabilim Dalına emeği geçen emekli öğretim üyeleri adına 5 adet metal pilye şeklinde sabit istasyon tesis edilmiştir. Bu istasyonlardan aralarındaki mesafe 5 metre olan GNSS ve UZEL istasyonları GNSS antenlerinin kalibrasyonunda kullanılmaktadır. GNSS istasyonu referans anten istasyonu, UZEL istasyonu ise kalibre edilecek antenlerin monte edildiği istasyondur. Bu iki istasyon arasındaki mesafe hassas elektronik uzunluk ölçerler ile ölçülmüş, koordinatları tekrarlı uzun süreli GNSS ölçülerinin değerlendirilmesi ile belirlenmiştir. Ayrıca pilyeler arasındaki yükseklik farkı hassas sayısal nivo ile belirlenmiştir.

Referans istasyonunda Dorne-Margolin elemanlı Ash-tech GNSS Choke Ring anten kullanılmaktadır. Referans anteninin mutlak kalibrasyonu Almanya'da Geo++ firmasında robot ile gerçekleştirilerek kalibrasyon parametreleri mutlak olarak belirlenmiştir.

Üniversite bünyesinde bulunan 2005429663 seri numaralı Thales Z-MAX GNSS anteninin kurulan düzeneğe ile mutlak kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Elde edilen kalibrasyon parametrelerinin doğruluğu test etmek için kalibrasyon prosedürü aynı seri numaralı anten ile 3 kez tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Her bir kalibrasyon için prosedür, referans anteni sabit kalırken kalibre edilecek antenin 4 yönde (kuzey, doğu, güney ve batı) çevirerek 24 saatlik tekrarlı ölçülerin yapılmasıdır.



Şekil 4: GNSS kalibrasyon istasyonları

Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta anten yüksekliklerinin en az 1mm hassasiyetle belirlenmesidir. Aynı marka farklı seri numaralı antenlerdeki parametre değişimlerini belirlemek için kalibrasyon prosedürü bir kez de yine üniversite bünyesinde bulunan 2004468661 seri numaralı Thales antenine uygulanmıştır.



Şekil 5: Anten kalibrasyonu

Tablo 1. Ölçüm bilgileri.

| Ölçü No | Ölçü Tarihi           | Alıcı Tipi | Alıcı Anten Tipi | Anten Seri Numarası |
|---------|-----------------------|------------|------------------|---------------------|
| 1       | 08.11.2010-12.11.2010 | Z-MAX      | THA800961+REC    | 2005429663          |
| 2       | 31.01.2011-04.02.2011 | Z-MAX      | THA800961+REC    | 2005429663          |
| 3       | 08.02.2011-12.02.2011 | Z-MAX      | THA800961+REC    | 2005429663          |
| 4       | 14.02.2011-18.02.2011 | Z-MAX      | THA800961+REC    | 2004468661          |

Ölçülerin değerlendirilmesinde Dresden Teknik Üniversitesi tarafından geliştirilen Wasoft yazılımı kullanılmıştır. Wasoft yazılımı iki modülden oluşmaktadır. Birinci modül olan Wa1, Rinx formatında olan tek ve çift frekanslı GNSS kod ve faz ölçülerini değerlendirerek baz çözümleri yapmaktadır. Wa1 dört gün tekrarlı olan 24 saatlik baz çözümlerini her bir gün için gerçekleştirmektedir. İlk adımda ölçülerdeki çoklu yansımalar ve gürültüler mümkün olduğunca elimine

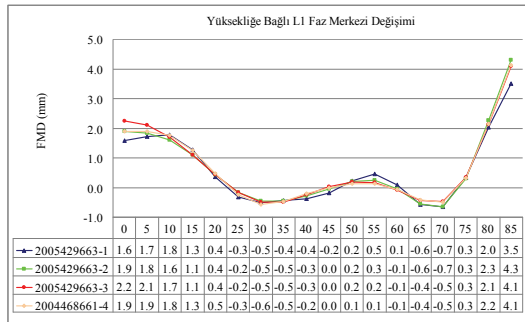
edilmektedir. İkinci modül Wa1ANT dört günlük ölçülerin değerlendirmesinden elde edilen sonuçları kullanarak anten faz merkezi ofsetini (FMO) ve anten faz merkezi değişimini (FMD) belirlemektedir. Sonuç ürün olarak kalibrasyon parametreleri ANTEX ve NGS formatlarında sunulmaktadır. Aşağıdaki tabloda Thales antenlerine ait L1 ve L2 frekansları için elde edilen faz merkezi ofseti değerleri verilmiştir.

Tablo 2. Thales Z-Max antenleri FMO değerleri.

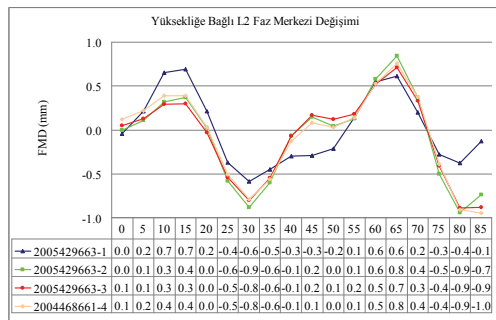
|    | THALES 1 (2005429663) |        |        | THALES 2 (2005429663) |        |        | THALES 3 (2005429663) |        |        | THALES 4 (2004468661) |        |        |
|----|-----------------------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|
|    | N (mm)                | E (mm) | H (mm) | N (mm)                | E (mm) | H (mm) | N (mm)                | E (mm) | H (mm) | N (mm)                | E (mm) | H (mm) |
| L1 | 0.5                   | -2.3   | 342.1  | 0.7                   | -2.2   | 342.3  | 0.9                   | -3.5   | 342.6  | 0.7                   | -2.8   | 342.5  |
| L2 | 0.6                   | -0.6   | 349.6  | 0.7                   | -0.4   | 350.0  | 1.0                   | -1.6   | 350.1  | 1.3                   | -1.0   | 349.8  |

Gerçekleştirilen tekrarlı ölçülerden elde edilen FMO'nun üç bileşeninin (kuzey, doğu ve yükseklik) birbirleri ile uyumlu olduğu ve aralarında anlamlı bir değişimin bulunmadığı görülmektedir. Tekrarlılıklar arasındaki farklar 1mm'den küçüktür.

Şekil 6 ve Şekil 7'de gerçekleştirilen dört test ölçüsü için L1 ve L2 frekansı için yüksekliğe bağlı FMD verilmektedir.



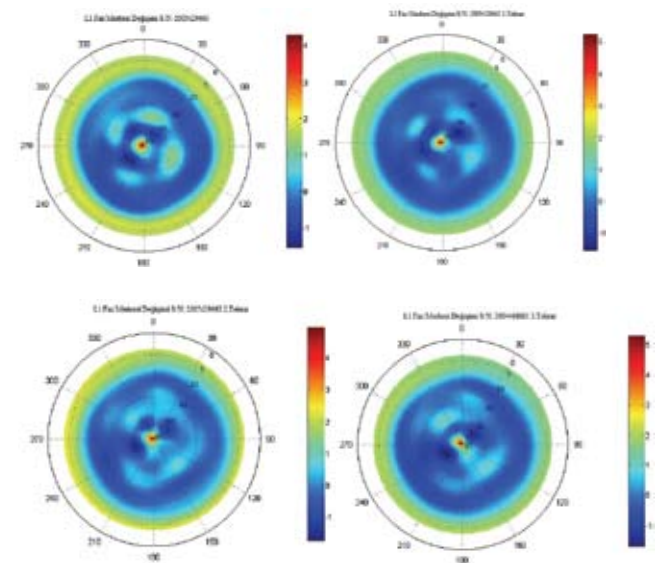
Şekil 6: Yükseklik açısına bağlı L1 faz merkezi değişimi.



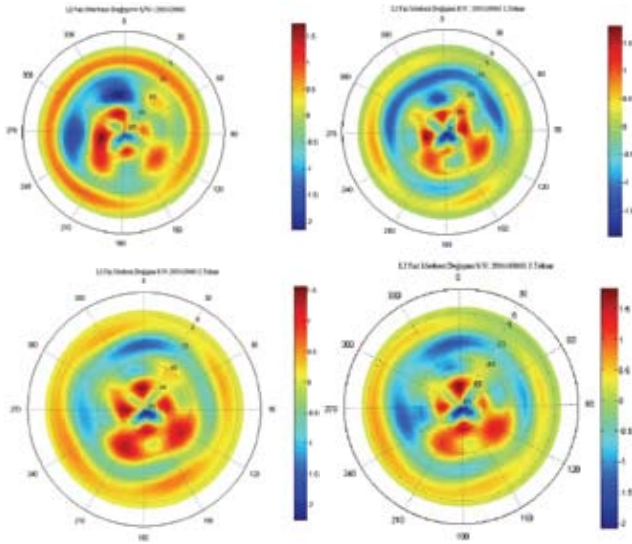
Şekil 7: Yükseklik açısına bağlı L2 faz merkezi değişimi.

Yükseklik açısına bağlı olarak belirlenen faz merkezi değişimleri grafikleri incelendiğinde, gerek L1 frekansı gerekse L2 frekansı için tekrarlı ölçüler ve farklı seri numaralı antenler arasında milimetrenin ondalığında değişimler izlenmektedir.

Hem yükseklik açısına hem de azimuta bağlı olarak belirlenen faz merkezi değişimlerinin kutupsal grafikleri (Şekil 8 ve Şekil 9) incelendiğinde gerek L1 frekansı gerekse L2 frekansı için tekrarlı ölçüler ve farklı seri numaralı antenler arasında anlamlı bir değişim izlenmemektedir.



Şekil 8: Azimut ve yükseklik açısına bağlı L1 faz merkezi değişimleri.



Şekil 9: Azimut ve yükseklik açısına bağlı L2 faz merkezi değişimleri.

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada GNSS antenlerinin kalibrasyonu konusunda güncel durum verilmiş ve YTÜ Kalibrasyon Laboratuvarında gerçekleştirilen araştırmalar ve sonuçları irdelenmiştir. Günümüzde GNSS antenlerinin kalibrasyonu mutlak olarak laboratuvar ortamında ekosuz odada ve azimut ve yükseklik açısına bağlı dönebilen robot yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Ayrıca bağıl olarak da sahada gerçek ölçü koşullarında bilinen bir kısa baz ile gerçekleştirilmektedir. Kısa bazda yapılan uygulama dört gün ölçü süresi olmak üzere yaklaşık bir haftalık bir işlem ile diğer yöntemlere göre daha zahmetli bir çalışmadır. YTÜ Kalibrasyon laboratuvarında GNSS antenlerinin kalibrasyonu yapılmaktadır.

Thales Z-MAX anteninde yapılan deneyler sonuçların oldukça tutarlı olduğunu göstermektedir. Özellikle hassas konum belirleme uygulamalarında kalibrasyon parametrele-

ri mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır. Kısa bazlarda aynı tip antenler kullanılması ve aynı yöne yönlendirme ile faz merkezi hatası elimine edilmesine karşın aynı tip antenler içerisinde montaj hatalarının olabileceği unutulmamalıdır. Uzun baz ölçümlerinde ise antenler aynı tip olsalar dahi yerin küreselliği nedeni ile birbirlerine paralel olarak kuzeye yönlendirilmeleri mümkün olmayacaktır. Bu uygulamalarda faz merkezi ve değişiminin belirlenmesi ayrı bir önem taşımaktadır. Ülkemizde kurulmuş olan TUSAGA AKTİF (CORS-TR) ve İSKİ-UKBS gibi sürekli gözlem yapan referans istasyonlarında kullanılan antenlerin kalibrasyon parametrelerinin belirlenerek tanımlanması bu ağlar yardımı ile gerçekleştirilecek hassas konumlama uygulamaları için dikkat edilmesi gereken bir noktadır.

#### Teşekkür

Değerlendirmeden kullanılan WaSoft yazılımını üniversitemizin kullanımına sunan Dresden Teknik Üniversitesi'nden Prof.Dr. Lambert Wanninger'e teşekkür ederiz.

#### Kaynaklar

- CAMPBELL, J, VD.: **Zur Genauigkeit der GPS Antennenkalibrierung auf der Grundlage von Labormessungen und deren Vergleich mit anderen Verfahren**, AVN Heft 1, s:1-11,2004
- GÜLAL E., AYKUT O., AKPINAR B.: **GPS Antenlerinin Kalibrasyonu**, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu, 5. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 20-22 Ekim 2010, ZKÜ – Zonguldak.
- WÜBBENA, G., SCHMITZ, M., BOETTCHER, G.,SCHUMANN, C.: **Neue Aspekte bei der Roborter Kalibrierung**, 6. GPS-Antennen-Workshop, 21. September Bonn, 2006
- ZEİMETZ, P., KUHLMANN, H., ELSNER, C.: **Antennenmesskammer Bonn: Entwicklungsstand, Aufgaben, Vorhaben und Möglichkeiten**, 7. GNSS-Antennenworkshop 19./20. März 2009, Geodätisches Institut, TU Dresden.



## Türkiye İçin Yeni Bir Arazi İdare Sistemi<sup>1</sup>

Mehmet ÇETE<sup>2</sup>, Tahsin YOMRALIOĞLU<sup>3</sup>

### Özet

Kadastral sistemler, geçmişte, taşınmaz mülkiyetini güvence altına alma, arazi pazarlarının işlerliğini sağlama, vergilendirme ve planlamayı destekleme gibi önemli misyonları gerçekleştirmek için tesis edilmiştir. Bugün ise bu sistemlerin geliştirilerek kapsamında tapu-kadastro, harita, taşınmaz değerlemesi ve arazi bilgi yönetimi faaliyetlerini barındıran Arazi İdare Sistemlerine dönüştürülmesi ve bu yolla sürdürülebilir kalkınmanın desteklenmesi hedeflenmektedir. Bu bağlamda, çalışmada, ülkemiz için tasarlanan ve Türkiye Arazi İdare Sistemi (TAİS) olarak adlandırılan yeni bir arazi idare sistemi yaklaşımı sunulmaktadır. Bu yaklaşımda; Türk arazi mevzuatının, sağlıklı arazi politikaları çerçevesinde hazırlanacak bir "Arazi Kanunu" altında yeniden düzenlenmesi ve arazi idare sistemi faaliyetlerinin "Arazi İdaresi Müsteşarlığı" gibi güçlü bir kurumsal yapılanma altında organize edilmesi önerilmektedir.

### Anahtar Sözcükler

Tapu-Kadastro, Harita Üretimi, Taşınmaz Değerleme, Arazi Bilgi Yönetimi, Arazi İdaresi.

### Abstract

#### An Approach for Turkish Land Administration System

Cadastral systems have been built to provide security of land tenure, and to assist the transparency of land markets, taxation and planning till recently. Today, the traditional systems are needed to transform to Land Administration Systems (LAS) of which components are land registration, cadastre, mapping, real estate appraisal and land information management in order to assist sustainable development objectives. In this context, this paper presents a new land administration system approach for Turkey that is called the Turkish Land Administration System (TAIS). This approach proposes the existing land-related regulations are re-organized in a new "Land Law" framework built based on the appropriate land policies, and all LAS activities are carried out under the roof of the "Undersecretariat of Turkish Land Administration".

### Key Words

Land registration-Cadastre, Mapping, Real Estate Appraisal, Land Information Management, Land Administration.

## 1. Giriş

Kadastral sistemler, toplumların değişen ve artan ihtiyaçları paralelinde zaman içinde sürekli bir değişim ve gelişim içinde olmuştur. Tarihte, taşınmaz mülkiyetini güvence altına alma, arazi pazarlarının işlerliğini sağlama, vergilendirmeyi ve planlamayı destekleme gibi önemli misyonlar üstlenmiş olan bu sistemlerin, bugün, kapsamında tapu-kadastro, harita faaliyetleri, taşınmaz değerlemesi ve arazi bilgi yönetimi faaliyetleri olacak şekilde geliştirilerek Arazi İdare Sistemlerine (AİS) dönüştürülmesi ve bu yolla sürdürülebilir kalkınmanın desteklenmesi hedeflenmektedir.

Bu bağlamda, ülkemizin kadastral sistemine bakıldığında, mevcut yapısına Cumhuriyetin ilk yıllarında kavuşan Tapu ve Kadastro Teşkilatının temel görevinin mülkiyet kayıtlarının tesis edilmesi olduğu görülmektedir. Ancak, özellikle mevcut tapu kayıtları ve kadastro haritalarının günümüz ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kaldığı düşünüldüğünde bu temel görevin tam anlamıyla yerine getirilebildiğini söylemek güçtür. Hâl böyleyken Teşkilata zaman içinde; ulusal jeodezik ağı tesisi ve sürdürülmesi, büyük ölçekli harita ve harita bilgilerinin üretimlerinin izlenmesi ve eşgüdümünün sağlanması, Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) Projesinin organizasyonu, mekansal bilgi sistemlerinin alt yapısının oluşturulması, yabancıların mülk ediniminin izlenmesi vb. birçok yeni sorumluluk yüklenmeye devam etmiştir.

AİS'in diğer bileşenleri açısından da ülkemizdeki durum çok farklı değildir. Örneğin taşınmaz değerlemesi alanında hukuki, kurumsal ve teknik anlamda önemli eksiklikler bulunmaktadır. Farklı seviyelerdeki, hatta bazı durumlarda aynı seviyedeki harita üretim faaliyetleri arasında eşgüdüm yeterince sağlanamamakta ve ülke genelinde harita veri/bilgi servisleri etkin bir biçimde işletilememektedir. Farklı kurumlar tarafından üretilen araziye yönelik bilgilerin organizasyonunu sağlayacak ve arazi yönetiminin altyapısını oluşturacak aktif bir arazi bilgi sistemi de mevcut değildir.

## 2. Türkiye'de Arazi İdaresi

Bu bölümde, ülkemizde araziyle ilgili faaliyet yürüten kurumların idareci ve çalışanlarıyla yapılan mülakatlardan ve literatür araştırmasından elde edilen bulgular çerçevesinde, arazi idare sistemimizin mevcut durumu, sorunları ve yeniden yapılandırılma ihtiyacı değerlendirilmektedir. Bu değerlendirme, AİS'in bileşenleri olan; tapu-kadastro, harita

<sup>1</sup> Bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü bünyesinde, Harita Yük. Müh. Mehmet ÇETE tarafından Prof. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU danışmanlığında gerçekleştirilen "Türkiye İçin Bir Arazi İdare Sistemi Yaklaşımı" başlıklı doktora tezi üzerine yapılandırılmıştır.

<sup>2</sup> Doç. Dr., Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 38039, Kayseri

<sup>3</sup> Prof. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul



faaliyetleri, taşınmaz değerlendirme ve arazi bilgi yönetimi alt başlıklarında sunulmaktadır.

## 2.1. Tapu-Kadastro

Ülkemizde Cumhuriyet döneminin kadastro çalışmalarını düzenleyen ilk kanun, 22.04.1925 tarih ve 658 sayılı Kadastro Kanunu'dur. Kanunun birinci maddesinde kadastro görevleri; (i) taşınmazlara ait hukuki işlemlerin yapılması ve belgelenmesi, (ii) taşınmazların geometrik konumlarının, yüzölçümlerinin, mevkiilerinin ve geometrik durumlarının gösterilmesi ve (iii) taşınmaz vergisinin belirlenmesine yarayacak defter ve belgelerin düzenlenmesi ve korunması olarak ifade edilmiştir (ERKAN 1991), (TÜDEŞ ve BIYIK 1997), (HKMO 2003). Yaklaşık 10 yıl yürürlükte kalan bu düzenlemeden sonra 15.12.1934 tarihinde 2613 sayılı Kadastro ve Tapu Tahriri Kanunu yürürlüğe koyulmuştur. Bu kanunda ise kadastro amacı; taşınmaz malların hukuki ve geometrik durumlarını tesbit etmek ve göstermek olarak tanımlanmıştır. Böylece, 2613 sayılı Kanunla kadastrodan taşınmaz vergilendirmesi, dolayısıyla da taşınmaz değerlemesiyle ilgili görev alınmıştır. Bunun nedeni yasa gerekçesinde şu şekilde açıklanmıştır: "Avrupa'daki kadastro sistemleri tahdit ve tahrir-i emlak, taşınmaz mal değer takdiri ve nirengi ve poligonların tesisi ile bunlara dayalı arazi ölçümü olmak üzere üç temel kısımdan oluşmaktadır. Ancak, ülkemizde taşınmazların değerlendirilmesi çalışmaları, ilgili kanunlar gereğince Maliye Bakanlığı Gelirler Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir. Bu nedenle kadastro ekiplerinin yeniden değer tespiti ile uğraşmaları emek ve ekonomi kaybına neden olacağından kadastroya bu konuda herhangi bir görev verilmemiştir." (ERKAN 1991). Dolayısıyla bu tarihten sonra ülkemiz kadastro, sadece taşınmaz mülkiyetini belirleyen, sınırlandıran ve yazım işlerini yürüten bir yapıya dönüşmüştür.

Bu kapsamda, ülkemizde 480.000 kilometrekarelik alanda gerçekleştirilmesi planlanan (DPT 2001) ve 1925 yılında başlatılan kadastro çalışmaları, 2011 yılı başı itibarıyla %98 oranında tamamlanmıştır (URL-1). Yaklaşık 85 yıllık bu süreçte, kadastroda bazı önemli dönüm noktaları dikkati çekmektedir. Bunlardan biri, kırsal alanlardaki kadastro çalışmalarının hızlandırılması amacıyla 1950 yılında yürürlüğe koyulan 5602 sayılı Tapulama Kanunu'dur. Bu kanunla, temelde aynı amaca hizmet eden kentsel ve kırsal alanlarındaki çalışmalar, kadastro ve tapulama olmak üzere birbirinden kopuk iki ayrı yapıya dönüştürülmüştür. Bu durum, mevcut 3402 sayılı Kadastro Kanununun yürürlüğe girdiği 1987 yılına kadar devam etmiştir. Bu süreçte üretilen ülke jeodezik ağından kopuk ve niteliksiz kadastro haritaları, bugün Tapu-Kadastro Teşkilatının önünde en önemli sorunlardan biri olarak durmaktadır. Bu nedenle Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM), sorunun çözümü için Modernizasyon Projesi kapsamında yaygın bir kadastro yenileme projesi başlatmış durumdadır.

Mülkiyet kayıtlarıyla ilgili bir diğer sorun veri/bilgilerin güncelleştirilmesinde yaşanmaktadır. Bugün, gerek tapu kayıtları gerekse kadastro haritalarının önemli bir bölümü fiili durumu yansıtmamaktadır. Bu durum, kayıtların sistematik güncellenmesini sağlayacak düzenleme ve sistemlerin tesis

edilememesinin bir sonucudur. Veraset intikal ve cins değişikliği işlemlerinin gerçekleştirilmemesi, özellikle kamu binaları ve yollarda meydana gelen değişikliklerin kadastro paftalarına yansıtılmaması gibi durumlar sorunun kaynağına örnek teşkil etmektedir.

Tapu ve kadastro ürünleriyle ilgili bu sorunlar göstermektedir ki; TKGM kendisine verilen "taşınmaz malların hukuki ve geometrik durumlarını tesbit etmek ve göstermek" görevini bugüne kadar mevcut yapısı, çalışmalarda uygulanan teknikler, mevzuattaki eksiklikler vb. nedenlerle tam olarak yerine getirmekte zorlanmıştır. Hâl böyleyken Teşkilata zaman içinde; ulusal jeodezik ağı tesisi ve sürdürülmesi, büyük ölçekli harita ve harita bilgilerinin üretimlerinin izlenmesi ve eşgüdümünün sağlanması, Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) Projesinin organizasyonu, mekansal bilgi sistemlerinin altyapısının oluşturulması, yabancıların mülk ediniminin izlenmesi gibi birçok yeni sorumluluk yüklenmeye devam etmiştir. Uluslararası alanda dile getirilen, kadastro sistemlerinin sürdürülebilir kalkınmayı destekleyecek şekilde kapsamının genişletilmesi gerektiği ifadeleri de göz önüne alındığında, TKGM'nin hem mevcut sorumluluklarını daha etkin bir şekilde yerine getirebilmesi hem de yeni sorumlulukları üstlenebilmesi için, hukuki, kurumsal ve teknik anlamda yeniden yapılandırılması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

## 2.2. Harita Faaliyetleri

Ülkemizdeki harita faaliyetleri, kalkınma hizmetlerinde kullanılması zorunlu harita ve planların üretiminin sağlanabilmesi amacıyla Cumhuriyetin ilanından sonra yeniden yapılandırılmış ve 1925'te bugünkü adıyla Harita Genel Komutanlığı (HGK) kurulmuştur (DOĞAN vd. 1995), (DPT 2001), (ÖNDER 2002). HGK bu tarihten itibaren hem ülke savunması hem de kalkınma amaçlı kullanılan 1/25.000 ve daha küçük ölçekli haritaların üretim sorumluluğunu üstlenmiştir. Ülke kalkınması ve mühendislik hizmetlerinin tasarımı ve projelendirilmesinde temel altlık olarak kullanılan 1/5.000 ölçekli standart topoğrafik haritaların üretimi HGK ve Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) tarafından gerçekleştirilmektedir (DOĞAN vd. 1995), (DPT 2001). 1/5.000'den büyük ölçekli haritalar ise çok sayıda kurum tarafından üretilmektedir.

HGK, ülke yüzeyini kapsayan 1/25.000 ve daha küçük ölçekli haritaların üretim ve güncelleştirilmesi gibi ağır bir görevi mevcut yapısı ve imkanlarıyla yerine getirmeye çalışmaktadır. Üstelik bu haritaların nesne yönelimli bir yapıya sahip olması istenmektedir. Diğer taraftan HGK'da bu kapsamdaki çalışmalara yeni başlanmıştır. Komutanlığın taşra teşkilatının bulunmadığı, yani sadece merkezi bir yapılanmaya sahip olduğu göz önüne alındığında, kısa sürede ülke yüzeyini kapsayacak nesne yönelimli haritaları üretmesi de kolay görünmemektedir.

Ülkemizdeki 1/5.000 ve daha büyük ölçekli harita üretim faaliyetlerine bakıldığında ise bu alandaki en önemli dokümanın, 15.07.2005 tarih ve 25876 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY) olduğu söylenebilir. Bu yönetmelik, verilerin gerek üretim gerekse

değişim standartlarını tanımlaması açısından önem taşımaktadır. Ayrıca, BÖHHBÜY, ülke kaynaklarının uygun kullanımı ve tekrarlı üretimin önlenmesi amacıyla harita ve harita bilgilerinin üretiminin koordinasyon ve izlenmesi görevini TKGM'ye vermiştir (URL-2). Bu bağlamda TKGM, ISO 19115 standartları temelinde internet tabanlı bir metaveri portalını 2008 yılında ilgili kamu kurum ve kuruluşlarının hizmetine sunmuştur (URL-3). Ancak, mevcut büyük ölçekli haritaların metaverilerinin sağlıklı bir yapıda olmaması ve/veya kurumların bu harita ve harita bilgilerini kendi özel ihtiyaçları için üretmiş olmaları gibi sebeplerle, portal üzerinden erişilen haritaların farklı uygulamalarda kullanımı istenen seviyede olamamaktadır.

Küçük, orta ve büyük ölçekli harita üretiminde yaşanan bu sorunlara, farklı seviyelerdeki harita üretiminde yaşanan tekrarlı veri toplama sorunu da eklenebilir. Bu ve benzeri sorunların çözüme kavuşturulabilmesi ve ülkemizde etkin bir sistemin tesis edilebilmesi için, mevcut harita üretim sistemimizin yeniden yapılandırılıp bütüncül bir yapıya kavuşturulması gerekmektedir.

### 2.3. Taşınmaz Değerleme

Ülkemizde; emlak vergisi, kamulaştırma, devletleştirme, özelleştirme, toprak düzenlemeleri, tescile esas işlemler, irtifak hakkı tesisi gibi kamusal uygulamalar ile sermaye piyasası, bankacılık, kredilendirme, sigortacılık vb. özel sektör uygulamalarında taşınmaz değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır (YOMRALIOĞLU 1997), (AÇLAR vd. 2003). Bu ihtiyaç, ülkemizde kurumsallaşmış bir değerlendirme sistemi mevcut olmadığından, genellikle kurumların bünyelerinde oluşturdukları değer takdir komisyonları veya taşınmaz mal değerlendirme şirketleri eliyle karşılanmaya çalışılmaktadır. Nitekim Sermaye Piyasası Kurulu (SPK) mevzuatı çerçevesinde değerlendirme faaliyeti yürütecek veya kamulaştırma davalarında bilirkişilik yapacak değerlemeciler dışındakilerden çalışmaları sırasında herhangi bir yeterlilik belgesi istenmemektedir.

Değerleme alanındaki yasal düzenlemeler ise temelde kamulaştırma ve vergilendirme ile ilgili yasalarda dağınık ve yetersiz bir yapıdadır. Bunların dışında, değerlendirme mevzuatı bağlamında bir de, SPK tarafından 2001 yılında yayınlanan "Sermaye Piyasası Mevzuatı Çerçevesinde Değerleme Hizmeti Verecek Şirketlere ve Bu Şirketlerin Kurulca Listeye Alınmalarına İlişkin Esaslar Hakkında Tebliğ" bulunmaktadır. Ancak, bu ve benzeri düzenlemeler, sadece sermaye piyasası mevzuatı çerçevesinde faaliyet yürütecek kişi ve şirketler üzerinde bağlayıcılığa sahiptir.

Taşınmaz mal değerlendirme sistemimizin teknik boyutunda da önemli sorunlar yaşanmaktadır. Bu sorunların başlıcaları arasında; değerlendirme çalışmalarının etkin bir şekilde yürütülmesini sağlayacak standartların, veri altyapılarının ve değer haritalarının bulunmaması yer almaktadır. Bu nedenle, çalışmalar standart bir yapıda yürütülememekte ve bir taşınmaza ait farklı kişi veya kurumlarca yapılan değerlendirme çalışmalarında birbirinden birkaç kat farklı değer takdirleri ortaya çıkabilmektedir. Ayrıca, ülkemizde değerlendirme faaliyeti yürüten kişiler, gerek taşınmaz karakteristikleri gerekse emsal alım-satım değerleriyle ilgili veritabanları mevcut olmadığından, çalışmaları sırasında ihtiyaç duydukları verileri kendileri

toplamak zorunda kalmakta, veri toplama sırasında da çeşitli zorluklarla karşılaşmaktadırlar. Bu durum sadece çalışmaların zorlaşmasına neden olmamakta, aynı zamanda taşınmaz değerlendirme sonuçlarının niteliğine de etki etmektedir.

### 2.4. Arazi Bilgi Yönetimi

Gerek arazi politikası gelişimi ve arazi yönetiminde gerekse özel veya tüzel kişilerce gerçekleştirilen birçok çalışmada, temelde arazi idare sistemi tarafından üretilen mekansal bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle arazi idare sistemlerinin en temel görevlerinden biri, ulusal bazda arazi bilgi altyapılarının oluşturmalarını ve sürdürülmesini sağlamaktır.

Bu bağlamda değerlendirilebilecek girişimlerden biri 2000'li yılların başında TKGM tarafından gerçekleştirilmiştir. TKGM, ürettiği tapu ve kadastro bilgilerini bütüncül bir yapıda kullanıcılara sunabilmek için Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi (TAKBİS) projesini başlatmış, ancak, özellikle projenin tasarım ve pilot proje aşamalarının kısa sürede ve sorunlar tam çözülmeden geçilmiş olması gibi nedenlerle projenin ilerleyen aşamalarında bazı problemlerle karşılaşmıştır. Bu sorunlara bir de mevcut kadastro altlıklarının yenilenmesi ihtiyacı eklenince, TAKBİS'in özellikle kadastro bileşeninin kısa sürede hayata geçirilebilmesi zorlaşmıştır (ÇETE vd. 2010).

Farklı seviyelerdeki harita bilgilerine ait ulusal mekansal bilgi sistemi oluşturma çalışmalarına bakıldığında ise bu alanda HGK tarafından üretilen 1/25.000 ve daha küçük ölçekli haritaların nesne yönelimli veritabanlarının oluşturulmaya başlanması dışında herhangi bir koordineli çalışma görünmemektedir. Bazı belediyelerin Kent Bilgi Sistemleri kapsamında oluşturdukları veritabanları ise bu alandaki ferdi çalışmalar olarak değerlendirilebilir. Taşınmaz mal değerlemesi alanındaki mekansal bilgi sistemi çalışmalarında da durum farklı değildir. Devlet Su İşleri ve Karayolları Genel Müdürlüğü gibi yoğun kamulaştırma yapan kurumların bünyesinde oluşturulan yerel çalışmalar hariç, ulusal bazda taşınmaz değerlendirme verilerinin yönetildiği bir veritabanı bulunmamaktadır.

Sonuç olarak, tapu-kadastro, harita üretimi ve taşınmaz mal değerlemesi faaliyetlerinin ürünlerinin etkin olarak yönetildiği bir arazi bilgi sisteminin mevcut olmadığı ve bunlara planlama ile diğer bazı arazi bilgilerinin de eklenmesi gerektiği düşünüldüğünde, ülkemizde bir arazi bilgi yönetim sistemi ihtiyacı açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda, TUCBS bir fırsat olarak değerlendirilebilir.

## 3. Avrupa'da Arazi İdaresi

Bu bölümde; Almanya, Hollanda, Danimarka ve İsviçre'nin arazi idare sistemleri üzerine gerçekleştirilen literatür araştırmasından ve bu ülkelerin arazi idare uzmanlarıyla yapılan görüşmelerden elde edilen bulgular özetlenmektedir (ÇETE 2008), (ÇETE ve YOMRALIOĞLU 2009).

### 3.1. Harita ve Tapu-Kadastro Faaliyetleri

Almanya, Hollanda, Danimarka ve İsviçre'de kadastro ve harita üretim faaliyetleri bir veya birkaç düzenlemeyle sınırlandırılmıştır. Arazi idare mevzuatı bağlamında en dikkat çe-

kici ülke İsviçre'dir. Ülkede, 2008 yılında yapılan bir düzenlemeyle, bu tarihten önce dağınık yapıda bulunan kadaströ, harita üretimi ve coğrafi bilgi yasaları ve Ulusal Topoğrafya Ofisi (Swisstopo)'nun tabi olduğu yasalar "Coğrafi Bilgi Kanunu" adı altında bir araya getirilmiştir. İsviçre Medeni Kanunu'nda 2004 yılında yapılan değişiklikle daha önce taşınmaz bilgilerine ilgisini ispatlayan kişiler erişebilirken, bu tarihten sonra üçüncü kişiler de taşınmazların malik ve kısıtlama bilgilerine erişebilir hale gelmiştir. Erişimin bu şekilde genişletilme sebebi ise "taşınmaz bilgilerini sayısal ortamda sürdürebilir ve internet ortamından erişilebilir kılmak" olarak tanımlanmıştır.

Arazi idare sistemleri incelenen ülkelerin tamamında kadaströ ve harita faaliyetleri aynı kurum bünyesinde gerçekleştirilmektedir. Bu yapı, önceleri askeri otoritelerce gerçekleştirilen orta ve küçük ölçekli harita üretim faaliyetlerinin zaman içinde yaşanan değişimle kadaströ idarelerine devredilmesiyle oluşturulmuştur. İlgili ülkelerdeki tapu ve kadaströ hizmetleri ise Hollanda dışındaki üç ülkede iki farklı bakanlık bünyesinde yürütülmektedir. Bu durum işle-yişte önemli koordinasyon sorunlarına yol açmasına rağmen, temelde kurumların ellerindeki yetkiyi devretmek istememeleri nedeniyle tek çatılı sisteme geçilememektedir. Ayrıca, Danimarka hariç diğer üç ülkenin arazi kayıt sistemlerinde noterler de yer almaktadır. Bunlardan Hollanda'da 2005'ten itibaren noterler hazırlamış oldukları sözleşmeleri tapu idaresine elektronik yolla göndermektedir. Ülkede yakın bir gelecekte noterlerin kayıt işlemlerini tapu idaresi olmadan doğrudan elektronik ortamda gerçekleştireceği ve böylece tapu ofislerine olan ihtiyacın ortadan kaldırılacağı ifade edilmektedir. Kadaströ faaliyetlerinde ise Hollanda'da lisanslı harita ve kadaströ büroları yer almazken, Almanya'da bu bürolar kadaströ ofisleriyle birlikte çalışarak kadastronun teknik boyutunu yürütmekte, Danimarka'nın tamamında ve İsviçre'nin birçok kantonunda ise yerel kadaströ ofisleri gibi hareket etmektedirler.

İlgili ülkelerin tapu-kadaströ ve harita sistemlerinde teknik anlamda da bazı dikkat çekici özellikler bulunmaktadır. Örneğin, bu ülkelerin tamamında tapu-kadaströ verilerinin büyük bir bölümü sayısal ortamdır, ancak, sayısal kadaströ verilerinin niteliği ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Almanya'da sayısal kadaströ haritalarındaki detayların konum doğruluğu sekiz sınıfa ayrılmış, İsviçre'de ise bu haritaların tamamı yasal bağlayıcılığa sahip olacak şekilde üretilmiştir. Diğer iki ülkenin sayısal ortamdaki kadaströ verilerinde ise önemli nitelik sorunları yaşanmaktadır. Tapu ve kadaströ verilerinde güncelliği sağlama bağlamında Almanya'da dikkat çekici iki uygulama bulunmaktadır. Bunlardan biri, taşınmaz malikin vefatından itibaren iki yıl içinde gerçekleştirilen veraset intikal işlemlerinden harç alınmaması ve böylece varislerin intikal işlemlerini bu süre içinde gerçekleştirmelerinin teşvik edilmesidir. Diğer uygulama ise, kadaströ haritaları üzerindeki detayların sistematik güncellenmesini sağlamak üzere Alman kadaströ ofisleri bünyesinde grupların oluşturulmuş olmasıdır. Topoğrafik veriler bağlamında ise, dört ülkede de, gerek orta ve küçük ölçekli topoğrafik/kartoğrafik haritalar, gerekse topoğrafik veritabanları oluşturulmuş ve kullanıcıların hizmetine sunulmuştur. Nesne yönelimli ve temel topoğrafik kayıtlar niteliği ta-

şıyan bu veritabanları, Almanya, Hollanda ve Danimarka'da 1/10.000, İsviçre'de ise 1/25.000 ölçeğindedir.

### 3.2. Taşınmaz Değerleme Sistemi

Arazi idare sistemleri incelenen ülkelerde taşınmaz değerleme faaliyetleri bir kanun veya tüzükle düzenlenmiş, ayrıca bu düzenlemeler değerlemenin ilke ve standartlarını detaylandıran rehber dokümanlarla desteklenmiştir. Böylece kurumsallaşmış bir gayrimenkul değerleme altyapısı oluşturulmuştur.

Bu ülkelerin taşınmaz değerleme sistemlerinin kurumsal yapılarında ise farklılıklar bulunmaktadır. Almanya'da değerleme faaliyetleri, sekreterlikleri kadaströ idarelerinde yer alan Değerleme Uzmanları Komiteleri tarafından gerçekleştirilirken, Hollanda'da bu görev belediyelere verilmiştir. Belediyeler değerleme çalışmalarını kendileri yürütebildikleri gibi, değerleme şirketlerinden hizmet satın alma yoluyla da gerçekleştirebilmektedir. Ülkede bir de değerleme çalışmalarının denetimini gerçekleştirme ve edinilen bilgi ve deneyimlerin diğer belediyelerle paylaşılmasını sağlama gibi görevleri yerine getiren ulusal bir Taşınmaz Değerleme Konseyi bulunmaktadır. Danimarka ve İsviçre'de ise değerleme çalışmaları vergi idarelerinin sorumluluğuna bırakılmıştır.

Emsal alım-satım fiyatları ve taşınmaz karakteristikleri, taşınmaz değerlemesinde ihtiyaç duyulan temel verilerdir. Özellikle çok sayıda taşınmaz değerinin belirlenmesi gereken uygulamalarda, bir de otomasyon yazılımlarına ihtiyaç vardır. Nitekim Almanya, Hollanda, Danimarka ve İsviçre'nin taşınmaz değerleme sistemlerinde teknik anlamda, alım-satım fiyatları ve taşınmaz karakteristiklerinin bulunduğu veritabanları ile kitlesel değerleme yazılımları ortak nokta olarak göze çarpmaktadır. Değerleme sonuçlarının "değer haritaları" üzerinde gösterimi ve internet üzerinden ulaşılabilirliğinin sağlanması da yine bu ülkelerin değerleme sistemlerinin çağdaş uygulamalarındandır.

### 3.3. Arazi Bilgi Yönetimi

İnceleme kapsamındaki ülkelerde arazi bilgi yönetiminin bir parçası olarak Tapu ve Kadaströ Bilgi Sistemi oluşturma çalışmaları mevcuttur. Bu çalışmaların ortak özelliği, daha önceden bağımsız veritabanları şeklinde oluşturulmuş olan tapu ve kadaströ verilerinin, uluslararası standartlar temelinde bütüncül bir yapıya kavuşturulmasıdır.

Almanya ve İsviçre'nin arazi idare sistemlerinde arazi bilgisinin bütüncül yönetimi bağlamında başka çabalar da bulunmaktadır. Örneğin, Alman Kadaströ Bilgi Sistemi, Topoğrafik Kartoğrafik Bilgi Sistemi ve Jeodezik Kontrol Noktaları Bilgi Sistemi ortak bir veri modelinde geliştirilerek, ulusal konumsal veri altyapısının temel bileşenleri bütüncül bir yapıya kavuşturulmuştur. İsviçre'nin kadaströ bilgi sistemi ise Kadaströ 2014'ün öngörülerıyla uyumlu olarak, her biri nesne yönelimli yapıya sahip sekiz bilgi katmanından oluşmaktadır. Topoğrafik detaylar ile jeodezik kontrol noktaları da sistemin bileşenleri arasındadır. Yani, İsviçre'nin arazi bilgi sistemlerinde de Almanya'dakine benzer bir bütüncüllük söz konusudur.



#### 4. Arazi İdaresine Uluslararası Bakış

Uluslararası Haritacılar Federasyonu, Birleşmiş Milletler, Avrupa Birliği ve Dünya Bankası gibi bazı uluslararası organizasyonlar, sürdürülebilir kalkınmanın desteklenmesinde önemli rollere sahip olan arazi idare sistemlerinin etkin bir yapıya kavuşturulabilmesine katkıda bulunmak amacıyla zaman zaman bildiri, rapor ve deklarasyonlar yayınlamaktadır. Buna göre, ilgili yayınlarda, arazi idare sistemleri ve sağlıklı işleyen bir arazi idare sisteminde bulunması gereken temel özelliklerle ilgili yer alan ifadelerden bazıları şunlardır (FIG 1995), (UN 1996), (UNECE 1996), (KAUFMANN ve STEUDLER 1998), (UN ve FIG 1999), (PCCEU 2003), (EU 2004):

- Kadastral sistemler başlangıçta vergilendirme, taşınmaz mülkiyetini güvence altına alma vb. amaçlara hizmet etmek için tesis edilmişken, bugün sürdürülebilir kalkınmayı destekleyen Arazi İdare Sistemlerine doğru genişletilmekte ve bu bağlamda birçok ülkede reform çalışmaları yürütülmektedir.
- Arazi idare mevzuatı ve kurumsal yapısı bütüncül bir yapıya sahip olmalıdır.
- Arazi ve arazi verilerinin idare ve yönetiminden sorumlu lider bir ulusal kuruma ihtiyaç vardır.
- Ulusal taşınmaz değerlendirme sistemleri tesis edilerek taşınmaz pazarlarının şeffaflığı sağlanmalıdır.
- Arazi kaydı ve kadastro aynı çatı altında olmalıdır.
- Arazi idaresinde özel sektör daha fazla rol almalıdır.
- Kadastroda kamusal hak ve kısıtlamalar kaydı da bulunmalıdır.
- Arazi idare sistemleri kapsamında üretilen verileri sunan Arazi Bilgi Sistemleri, hem arazi politikası gelişiminde hem de etkin arazi yönetiminin sağlanmasında büyük öneme sahiptir.
- Arazi bilgi sistemlerinin oluşturulması ve sürdürülmesi, arazi nesnesi yaklaşımıyla kurumsal ve teknik açıdan kolaylaştırılabilir.

#### 5. Türkiye Arazi İdare Sistemi: TAİS

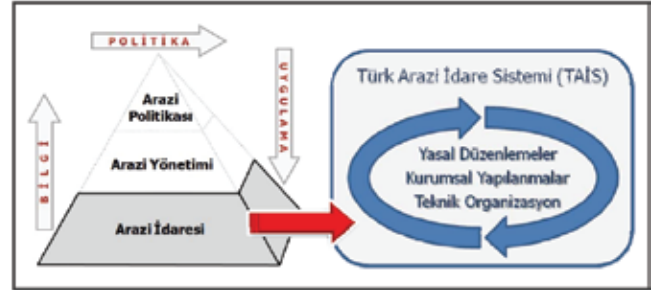
Buraya kadar ifade edilenlerden de anlaşılacağı gibi, ülkemizde etkin bir arazi idare sistemi bulunmamakta, mevcut yapıdaki küçük değişikliklerle sistemin etkin hale getirilmesi de mümkün görünmemektedir. Bu sebeple;

- Arazi kurumlarının idareci ve çalışanlarıyla gerçekleştirilen mülakatlardan,
- Avrupa ülkelerinin arazi idare sistemlerinden ve
- Uluslararası organizasyonların iyi işleyen bir arazi idare sisteminin karakteristikleri üzerine yayınlamış oldukları bildiri, rapor ve deklarasyonlardan

elde edilen bulgular çerçevesinde, ülkemiz için Türkiye Arazi İdare Sistemi (TAİS) olarak adlandırılan yeni bir arazi idare sistemi yaklaşımı geliştirilmiştir.

TAİS; “yasal düzenlemeler”, “kurumsal yapılanmalar” ve “teknik organizasyon” olmak üzere üç temel bileşenden oluşmaktadır. Zaman içindeki gelişmelere uyum sağlanabilmesi ve yaşanan sorunların çözüme kavuşturulabilmesi için TAİS dinamik bir yapıya sahip olmalıdır. Bu, teknik organizasyonda yaşanan bir gelişme veya sorunun öncelikle

kurumsal yapılanmalardaki düzenlemelerle, eğer bu şekilde çözülemezse yasal düzenlemelerde yapılacak değişikliklerle çözüme kavuşturulması şeklinde gerçekleştirilmelidir (Şekil 1). Böylece sistemin ilerleyen süreçte eskimemesi ve etkin bir şekilde sürdürülebilmesi sağlanabilecektir.



Şekil 1: TAİS'in fonksiyonel yapısı ve temel bileşenleri (ÇETE 2008), (ÇETE ve YOMRALIOĞLU 2009)

Ülkemizin arazi idare sistemindeki mevcut yasal dağınıklığın giderilebilmesi, düzenlemelerdeki boşluk ve tekrarların ortadan kaldırılabilmesi ve böylece etkin bir arazi idare sistemi altyapısının oluşturulabilmesi için TAİS çerçeve bir “Arazi Kanunu”na sahip olmalıdır. Bu Kanun; mülkiyet, imar, çevre, arazi bilgi yönetimi vb. alanlardaki temel kuralları tanımlamalı, ancak, bu temel kurallar mutlaka yönetmelik ve rehber dokümanlarla detaylandırılarak ülke genelindeki uygulamalarda standart birliği sağlanmalıdır. Araziye yönelik faaliyetlerin Anayasası olarak değerlendirilebilecek bir Arazi Kanunu, aceleyle getirilmeden ve katılımcı bir yaklaşımla düzenlenmelidir. Ülkemizde bazı alanlarda arazi politikalarının sağlıklı olmadığı, bazı alanlarda da politika boşluğu veya çatışmalarının yaşandığı dikkate alındığında, Arazi Kanunu’ndan önce, sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu ulusal arazi politikaları geliştirilmelidir.

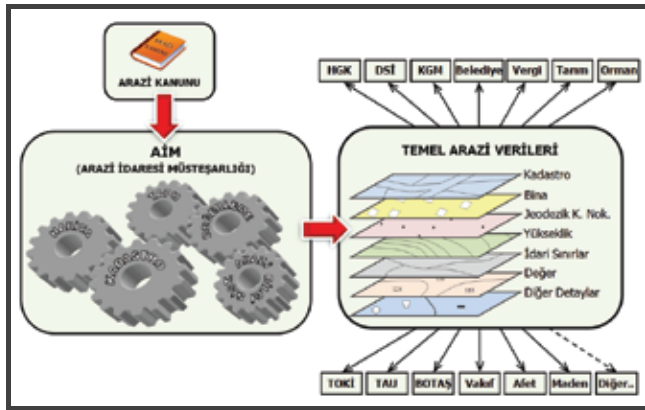
TAİS kapsamındaki faaliyetler; tapu-kadaströ, harita üretimi, taşınmaz değerlendirme ve arazi bilgi yönetimi gibi kapsamlı, ancak, birbiriyle etkileşimli ve bütünleşik faaliyetlerdir. Bu tür yapılarda faaliyetler arasında eşgüdümün etkin bir şekilde tesis edilebilmesi ancak faaliyetlerin lider bir kurum çatısı altında gerçekleştirilmesiyle sağlanabilmektedir. Bu bağlamda, mevcut kurumlar arasında TAİS’in lider kurumu olmaya en yakın aday TKGM’dir. Ancak, Genel Müdürlüğün, mevcut yapısıyla kendisine verilmiş görevleri yerine getirmekte zorlanırken; değerlendirme, harita faaliyetleri ve arazi bilgi yönetimi gibi yeni görev alanlarının yönetim sorumluluğunu üstlenmesi uygun görülmemektedir. Bu bağlamda, TAİS’in lider kurumu, kurumsal hiyerarşide genel müdürlüğün üstünde bir yapıya sahip olan, yeni yapılandırılacak, “Arazi İdaresi Müsteşarlığı (AİM)” gibi bir kurum olmalıdır. AİM bünyesinde; Harita, Kadaströ, Tapu, Arazi Bilgi Yönetimi ve Taşınmaz Değerlemesi Genel Müdürlükleri ile ihtiyaca göre bunların taşra teşkilatları yapılandırılmalıdır (Şekil 2). Bu sayede her bir faaliyet bütüncül bir yapıda ve uzmanları tarafından gerçekleştirilebilecektir.





Şekil 2: Önerilen Arazi İdaresi Müsteşarlığı'nın kurumsal yapısı (ÇETE 2008), (ÇETE ve YOMRALIOĞLU 2009).

TAİS'in teknik anlamda en dikkat çekici özelliği ise Türk Arazi Bilgi Sistemi'nin etkin bir şekilde tesis edilmesi ve sürdürülmesinin altyapısını oluşturacak olmasıdır. Nitekim arazi idare sistemlerinin en temel görevlerinden biri, arazi politikası gelişimi ve arazi yönetiminde ihtiyaç duyulan veri ve bilgilerin sağlanmasıdır. Bu bağlamda, AİM, arazi bilgi sistemlerinin temel katmanları olan kadastro, bina, topografya, jeodezik kontrol noktaları, idari sınırlar, taşınmaz değerleri vb. verilerin bütünlük bir yapıda oluşturup sürdürülmesini sağlayacak ve ihtiyaç duyan kullanıcılara yetkilendirmelerle sunacaktır (Şekil 3). Bu, Arazi Bilgi Yönetimi Genel Müdürlüğü bünyesinde organize edilecek Arazi Bilgi Sistemi ile sağlanabilecektir. Ayrıca bu sistem, sadece AİM tarafından üretilen temel verilerin değil, aynı zamanda araziye yönelik veri üreten diğer kurumların verilerinin de tek elden yönetimini sağlayacaktır.



Şekil 3: Türkiye Arazi İdare Sistemi (TAİS)'in genel işleyişi (ÇETE 2008), (ÇETE ve YOMRALIOĞLU 2009).

## 6. Sonuç

Geçmişte taşınmaz mülkiyetini güvence altına alma, arazi pazarlarının işlerliğini sağlama, vergilendirmeyi ve planlamayı destekleme gibi misyonlar üstlenmiş olan kadastral sistemlerin bugün sürdürülebilir kalkınmayı destekleyen Arazi İdare Sistemlerine dönüştürülmesi hedeflenmektedir. Bu bağlamda, çalışmada ilk olarak, ülkemizin arazi idare sisteminin etkinliği değerlendirilerek yeniden yapılanma ihtiyacı vurgulanmıştır. Daha sonra, bazı Avrupa ülkelerinin Arazi İdare Sistemleri ile uluslararası organizasyonların raporla-

rından elde edilen bulgular ışığında geliştirilen Türkiye Arazi İdare Sistemi (TAİS) yaklaşımı sunulmuştur. Yasal düzenlemeler, kurumsal yapılanmalar ve teknik organizasyon olmak üzere üç ana bileşenden oluşan TAİS'te, çerçeve bir "Arazi Kanunu"na ihtiyaç vardır. Kapsamında tapu-kadastro, harita faaliyetleri, taşınmaz değerlendirme ve arazi bilgi yönetimi bileşenlerini barındıran sistem, Arazi İdare Müsteşarlığı (AİM) gibi güçlü bir kurumsal yapıya sahip olmalıdır. AİM, sadece arazi idare sistemi kapsamında üretilen verilerin değil, farklı kurum ve kuruluşlarca üretilen diğer mekansal verilerin de yönetimini sağlamalı ve bu verileri ihtiyaç duyan kurumlara yetkilendirmeler çerçevesinde sunmalıdır.

## Teşekkür

Bu çalışmanın hazırlanmasındaki katkılarından dolayı Prof. Dr. Holger MAGEL'e, Prof. Dr. Paul van der MOLEN'e, Prof. Dr. Stig ENEMARK'a ve Dr. Daniel STEUDLER'e teşekkür ederiz. Ülkemizde ve Avrupa ülkelerinde gerçekleştirilen mülakatlar sırasında bilgi ve deneyimlerini bizimle paylaşan arazi idare uzmanlarına ve bu çalışmanın finansmanını sağlayan Karadeniz Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu'na da teşekkürlerimizi sunarız.

## Kaynaklar

- AÇLAR A., DEMİR H., ÇAĞDAŞ V.: **Taşınmaz Değerleme Uzmanlığı ve Jeodezi ve Fotogrametri (Harita) Mühendisliği**, hkm Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, Yıl: 2003, Sayı: 88, Sayfa: 15-20, 2003.
- ÇETE M.: **Türkiye İçin Bir Arazi İdare Sistemi Yaklaşımı**, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 225 sayfa, 2008.
- ÇETE M., YOMRALIOĞLU T.: **Türkiye İçin Bir Arazi İdare Sistemi Yaklaşımı**, hkm Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 2009/1, Sayı 100, Sayfa: 34-44, 2009.
- ÇETE M., PALANCIOĞLU H.M., GEYMEN A., ALKAN M.: **The Turkish cadastral information system and lessons learned**, Scientific Research and Essays, 5 (7), pp. 625-633, 2010.
- DOĞAN E., ÖZTAN O., ÖZGEN M.G.: **Harita Bilgisi**, İstanbul Üniversitesi Basımevi ve Film Merkezi, ISBN: 975-404-392-2, İstanbul, 355 sayfa, 1995.
- DPT: **VIII Beş Yıllık Kalkınma Planı**, Harita, Tapu Kadastro, Coğrafi Bilgi ve Uzaktan Algılama Sistemleri (Arazi ve Arsa Politikaları, Arazi Toplulaştırması, Arazi Kullanımı) Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara, 214 sayfa, 2001.
- ERKAN H.: **Kadastro Tekniği**, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Yayını, 2. Baskı, Ankara, 293 s., 1991.
- EU: **European Union Land Policy Guidelines**, Guidelines for Support to Land Policy Design and Land Policy Reform Processes in Developing Countries, EU Task Force on Land Tenure, 2004.
- FIG: **FIG Statement on Cadastre**, Fédération Internationale des Géomètres, Publication No. 11, 1995.
- HKMO: **Kadastro 2023 Geleceğin Kadastro**, Türkiye Kadastro İlişkin Çerçeve Rapor, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Yayını, ISBN: 975-395-749-1, Ankara, 34 sayfa, 2003.
- KAUFMANN J., STEUDLER D.: **Cadastre 2014, A Vision for a Future Cadastral System**, FIG Publication, 1998.

- ÖNDER M.: **Geçmişten Günümüze Resimlerle Türk Haritacılık Tarihi**, Harita Genel Komutanlığı, 1. Baskı, Ankara, 392 sayfa, 2002.
- PCCEU: **Common Principles on Cadastre in the European Union**, Permanent Committee on Cadastre in the European Union (PCCEU), Rome, 2003.
- TÜDEŞ T., BIYIK, C.: **Kadastro Bilgisi**, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, 2. Baskı, 518 Sayfa, Trabzon, 1997.
- UN: **The Bogor Declaration**, United Nations Interregional Meeting of Experts on the Cadastre, Bogor, Indonesia, 1996.
- UNECE: **Land Administration Guidelines**, United Nations Publication, ISBN 92-1-116644-6, New York and Geneva, 1996.
- UN, FIG: **Report of the Workshop on Land Tenure and Cadastal Infrastructures for Sustainable Development**, Final Edition, Bathurst, Australia, 1999.

- URL-1: **TKGM internet sitesi**, Proje ve Performans İzleme, <http://www.e-tkbm.gov.tr/publisher/projeizleme.htm>, 22 Şubat 2011.
- URL-2: **T.C. Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü İnternet Sitesi**, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği, <http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr/>, 22 Şubat 2011.
- URL-3: **TKGM internet sitesi**, Harita Bilgi Bankası Metadata Portalı, <http://hbb.tkgm.gov.tr/metadata/>, 22 Şubat 2011.
- YOMRALIOĞLU T.: **Taşınmazların Değerlendirilmesi ve Kat Mülkiyeti Mevzuatı**, Kentsel Alan Düzenlemelerinde İmar Planı Uygulama Teknikleri, Jeodezi ve Fotogrametri Derneği (JEFOD) Yayını, Trabzon, Sayfa: 153-167, 1997.

# İzmir Coğrafi İmar Bilgi Sistemi

Lütfi ÜNAL<sup>1</sup>

## Özet

İzmir Büyükşehir Belediyesi, 5216 sayılı yasa ile birlikte genişleyen sınırları içerisinde kalan ilçe belediyelerindeki imar denetim yetkisini etkin bir şekilde gerçekleştirebilmek ve güncel hâlihazır ve mülkiyet bilgisi ile birlikte planlama çalışmalarını ilçe belediyeleri ile koordinasyon içerisinde sağlıklı bir şekilde yürütebilmek için Coğrafi İmar Bilgi Sistemi'ni kurmuştur. Sistem, planlama ve harita modüllerini içeren masaüstü araçları ile birlikte 5 yıllık ve ek imar programlarının hazırlanması, imar planlarının üretimi, 16. ve 18. Madde uygulamaları, kamulaştırma işlemleri, imar hattı, kitle ve imar durum belgesi verilmesi vb. iş ve işlem süreçlerinin web servisleri ile izlenerek yönetilebildiği bir otomasyonu da içermektedir. Ayrıca plan kararlarına esas teşkil edecek analiz ve sentezlerin de web servisleri ile gerçekleştirildiği sistemde şehrin gelişiminin izlenmesi dışında verinin güvenliği için, tüm veriler kullanıcı izleri ve tarihçesi ile kayıtlanarak arşivlenmektedir.

İzmir Büyükşehir Belediyesinin mevcut Coğrafi Adres Bilgi Sistemi ile bütünlük olarak kurulan sistemde bu sayede tüm adres sorgulamaları gerçekleştirilebilmekte, bina ve yollara ait fotoğraflar raporlanabilmektedir.

Bu bildiride özetle; Büyükşehir ve ilçe belediyelerinin ilgili birimlerinde, imar planlarının üretimi ve uygulanma süreçleri ile ilgili gerçekleştirilen iş ve işlemlere ilişkin oluşturulan otomasyon sistemi tüm yönleri ile ele alınarak anlatılmaya çalışılmıştır.

## Anahtar Sözcükler

İzmir Büyükşehir Belediyesi, İmar Bilgi Sistemi, İmar Planları, İmar Uygulamaları, Otomasyon

## Abstract

### İzmir Geographic Zoning System

İzmir Metropolitan Municipality has built a Geographic Zoning Information System in order to effectively achieve the supervision of zoning works in metropolitan sub-provincial municipalities within the boundaries expanding according to the municipal law no. 5216 and perform planning works together with current basemap info and property ownership records in coordination with these municipalities. In addition to its desktop tools including planning and mapping modules, the system has an automation which enables monitoring and administration of processes like preparation of the five-year and additional zoning programs, production of zoning plans, applications of the 16th and 18th articles, expropriation, assignment of the zoning line, mass and zoning status, etc. through web services. The analysis and synthesis that constitute the basis for the plan decisions are also carried out through web services too. Moreover, for data security all of them are archived with trace files.

This system that has been built in accordance with Geographic Address Information System enables querying all of the addresses and reporting photos of buildings and roads.

Briefly, this paper tries to depict automation system relating to works and procedures for zoning plans ranging from production to application in the relevant departments of the Metropolitan and its sub-provincial municipalities.

## Key Words

İzmir Metropolitan Municipality, Zoning Information System, Zoning Plans, Zoning Applications, Automation

## 1. Giriş

İmar kelimesi, yaşadığımız yerleşmelerin hayat şartlarına uygun hale getirilmesi, geliştirilip güzelleştirilmesi eylemlerini tanımlamaktadır. İmar hizmeti bu nedenle yaşamsal öneme sahip bir çalışma alanı, bir tür meslek ve disiplinler arası bilimsel bir uğraş haline gelmiş ve yasalarda da tanımlanan bir işleyişe kavuşmuştur (AKÇAL 2005). Yerleşim yerlerinde bu işleyiş belediyeler üstlenmiştir. İmar hizmetlerinin disiplinler arası bir uğraş olması nedeni ile planlama, uygulama ve denetleme süreçlerinin izlenmesi ve koordinasyonu sağlıklı bir kentleşme için büyük önem arz etmektedir. Bu durumda plan yapıcı ve uygulayıcı merci olan belediyelerin gelişen teknolojilere paralel olarak görev ve sorumluluklarını yapılandırmaları; yasadan kaynaklanan planlama ve imar denetim yetkisini, coğrafi bilgi sistemleri kurma görevleri kapsamında değerlendirerek iş süreçlerinin izlenebildiği, planlama, uygulama ve denetimlerin gerçekleştirilebildiği bir imar otomasyonu oluşturmaları zorunlu hale gelmektedir.

## 2. Proje Amacı

İzmir Büyükşehir Belediyesi (İBB) ve ilçe belediyelerinde;

- Tekrarlı veri üretiminin engellenmesi,
- Belediyeler ve birimlerin arasında gerçek zamanlı, güncel veriye ulaşılmasının sağlanması,
- Kent Bilgi Sisteminin temel altlıklarından olan plan, mülkiyet ve hâlihazır verilerin güvenliğinin sağlanması,
- Birim ve personel iş hacminin ve kapasitesinin ölçülmesi,
- Gerçek zamanlı güncel veri paylaşımı sayesinde karar verme ve planlama süreçlerinin sağlıklı ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi,
- İmar denetimlerinin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi,
- Bürokratik iş ve işlemlerin azaltılması,

amaçlanmaktadır.

<sup>1</sup> İzmir Büyükşehir Belediyesi, CBS Müdürlüğü, Harita Mühendisi

### 3. Proje Aşamaları

2005 yılından itibaren çalışmalarına başlanan projede başta İBB İmar Şehircilik Dairesi Başkanlığı olmak üzere özellikle eski anakent sınırları içerisinde yer alan ilçe belediyeler ile yapılan toplantılar sonucunda projenin ana çerçevesi oluşturulmuştur. Daha sonra aşağıda belirtilen aşamalar kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar ile proje hayata geçirilmiştir.

- Analiz ve Tasarım Çalışmaları
- Veri Modelinin Oluşturulması
- Verilerin/Bilgilerin Veri Tabanına Aktarılması
- Uygulama Yazılımlarının Hazırlanması
- Otomasyon Yazılımlarının Hazırlanması
- Verilerin Web üzerinden Yayınlanması

#### 3.1. Analiz ve Tasarım Çalışmaları

Otomasyon ve uygulama yazılımları; kullanıcı gereksinimlerinin yanında sistem paydaşlarının (Harita, Planlama, İmar, Emlak, Kamulaştırma) veri sağlayıcı, sorgulayıcı, izleyici görev ve yetkilerine göre ve ayrıca kent bilgi sistemlerinin temel altlıklarından olan plan, mülkiyet ve hâlihazır verilerin tescil ve onay prosedürleri göz önünde bulundurularak otomasyon ve uygulama yazılımları tasarlanmıştır.

#### 3.2. Veri Modelinin Oluşturulması

Analiz ve tasarım çalışmaları sonucunda oluşturulan veri modelinin oluşturulmasında; yetki alanında yer alan tüm belediye ve birimler tarafından ortak veri katmanlarında, verinin bütünlüğü bozulmadan mevcut İzmir Coğrafi Adres Bilgi Sistemi ile aynı yapıda veri tabanında tutulması, ilişkilerinin kurulması ve kullanıcı erişim yetkileri göz önünde bulundurulmuşlardır. Veri setleri belirlenirken Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHH-BÜY) referans alınmıştır.

#### 3.3. Verilerin Veri Tabanına Aktarılması

Oracle Veri Tabanı Yönetim Sisteminde, RAC (Real Application Cluster) yapısında aktif-aktif çalışan iki sunucuda tutulan adres verileri ile birlikte plan, hâlihazır ve mülkiyet verileri öznitelik bilgileri ile birlikte veri tabanına aktarılmıştır.

##### 3.3.1. Veriler

###### 3.3.1.1. Planlar

Yürürlükteki imar planları ile ilgili tüm belediyelerin paftaları üzerinde gerekli güncellemelerin yapılması istenilmiş, verilen süre sonunda tarih bilgisi ile birlikte planlar taratılarak veri tabanına aktarılmıştır. Belediyelerin iş süreçleri göz önünde bulundurularak belirli bir takvim dâhilinde arşivden alınan planlar şartnamesinde belirtilen ölçütlere (en az 300 dpi) uygun olarak tif kayıt biçiminde taratılmıştır.

Paftalar uygun dağılımda en az 4 referans nokta ve en fazla 0.40 m karesel ortalama hata ile koordinatlandırılması şeklinde vektörleştirmeleri gerçekleştirilmiştir. Ancak, pafta kenarının okunmaması, kâğıdın deformasyonu vb. sorunlar nedeniyle daha fazla sapma hatalarının kabul edildiği özel

durumlar olmuştur. Koordinatlandırılan paftalar idarece belirtilen ölçütlere göre yüksek hassasiyette vektörleştirilmiştir. Buna göre taranmış imar paftaları ile sayısallaştırılmış vektör paftalarının karşılaştırılması sonucunda ortaya çıkan sapmaların  $\pm 15$  cm.'yi aşmaması öngörülmüştür.

İlgili belediyelerden sadece şeffaf orijinal paftalar değil, aynı zamanda belediye arşivinde bulunan farklı CAD dosyaları (ncz, dxf) derlenerek, veri tabanı içeriğinde ilgili katmanlara dönüştürülmüştür. Dönüştürülme aşamasında ilçe belediyelerin kullandığı tanımlamalar çözümlenmiş ve yeni katmanlara aktarılmıştır (Tablo 1).

|                     |                           |
|---------------------|---------------------------|
| Uygulama İmar Planı | Ada İç hattı              |
|                     | Bina cephe hattı          |
|                     | Bina kitle                |
|                     | Cephe yönü                |
|                     | Kentsel donatılar         |
|                     | Koruma kuşakları alanları |
|                     | Pafta kontrol             |
|                     | Plan adası                |
|                     | Plan adası (nokta)        |
|                     | Plan adası sembol         |
|                     | Plan alanı                |
|                     | Sınır hattı               |
|                     | Uygulama yol sembol       |
|                     | Yazı                      |
| Ulaşım              | Cephe çizgisi             |
|                     | Kaldırım                  |
|                     | Otopark                   |
|                     | Plan yol orta hattı       |
|                     | Platform                  |
|                     | Refüj                     |
|                     | Refüj kaldırımı           |
|                     | Yönlendirme adası         |

Tablo 1: Veritabanında Uygulama İmar Planı ve Ulaşım Veri setlerinde Kullanılan Katmanlar

Vektörleştirmede her katman için ayrı yöntemler izlenmiştir. Örneğin yapı adasını çevreleyen cephe hattı, adanın dışından saat yönünde çizilmiş, çizginin kalınlığı yapı adası dâhilinde sayılmıştır. Sayısallaştırılmış cephe hatlarına topoloji kuralları uygulandıktan sonra alansal katmanlar üretilmiştir. Veriler vektörleştirildikten sonra 3194 sayılı imar kanununa göre önceden tanımlı sınıflandırılmış alanlardan, altlık olan raster paftalardaki bilgiler baz alınarak yapılandırılmıştır.

Yapılandırma aşamasında katmanların, özellikle yapı adasının öznitelik hanelerinde oldukça kapsamlı bilgiler tutulmuştur. Raster paftaların vektörleştirilerek sayısallaştırılmasından sonra ilgili ilçe belediyesinden sayısallaştırılmış verinin kontrol edilmesi istenmiştir. Ayrıca yüklenici tarafından veri tabanına aktarılan imar planlarında, sonradan yapılan onaylı değişiklikler ile ilgili güncelleme çalışmaları da yürütülmüştür.



### 3.3.1.2. Hâlihazır Haritalar

50 km' lik çapa göre sınırları yeniden belirlenen İBB yetki alanındaki belediye sayısı 9 ilçe belediyesinden 19 ilçe belediyesine çıkmıştır. Bu durumda yetki sınırları içerisindeki yeni alanlar ile ilgili hâlihazır harita bilgisi araştırılmış ve CBS Müdürlüğü tarafından haritası bulunmayan alanlar ile ilgili hâlihazır bilgiler alınarak Harita Müdürlüğü arşivine eklenmiştir. Daha sonra veri tabanına aktarılması için farklı zamanlarda farklı katman yapısı ile üretilen veya zamanla katman içerikleri bozulan CAD ortamındaki verilerin katmanları ve topolojik düzeltmeleri yapılarak standart hale getirilmiş ve BÖHHBÜY referans alınarak oluşturulan hâlihazır katman yapısına aktarımları gerçekleştirilmiştir.

### 3.3.1.3. Mülkiyet Verileri

İBB yetki alanında ilçe belediyeleri arşivindeki mülkiyet verilerinin katman yapıları ve topolojik düzeltmeleri gerçekleştirilerek veri tabanına aktarılmıştır. Diğer taraftan mülkiyet verisinin web servisleri ile gerçek zamanlı ve güncel kullanımı için Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün gerekli teknik altyapıyı oluşturulması beklenmektedir.

### 3.3.2. Verilerin Üretiminde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözümleri

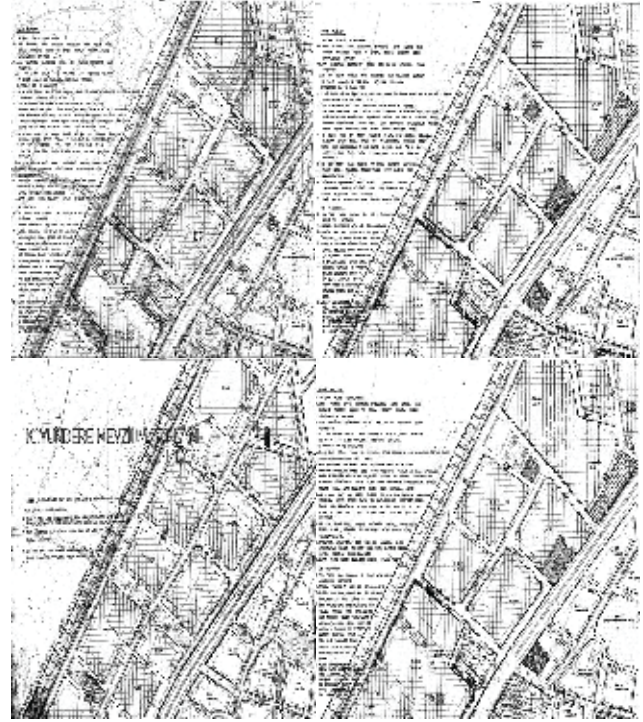
#### 3.3.2.1. İdari Sınırlar

Planların ilçe belediyelerinin ortak sınırlarında diğer ilçeye taşması nedeni ile bazı bölgelerde tekrarlı plan üretimi olduğu tespit edilmiştir. İlçe belediyeleri ile koordinasyon içerisinde çözülen ve tüm alanların yaklaşık yüzde yirmisine karşılık gelen söz konusu sorun nedeniyle işin gerçekleştirilmesi sürecinde ciddi işgücü ve zaman kaybı yaşanmıştır.

#### 3.3.2.2. 1/1000 Ölçekli Plan Altıtları

Arşivde tutulan mevcut planların köşe koordinatlarının okunamaması, paftaların önemli boyutlarda deformasyona uğraması, okunamayan paftalar, arşivde bulunamayan paftalar, aynı paftanın Büyükşehir Belediyesi ile ilçe belediyesi arşivinde farklı olması (Şekil 1), pafta birleşimlerinde birleşmeyen yapı adaları, aynı belediyede aynı paftadan birden fazla bulunması ve güncel olanın tespit edilememesi gibi paftalara ilişkin birçok sorun tespit edilmiştir.

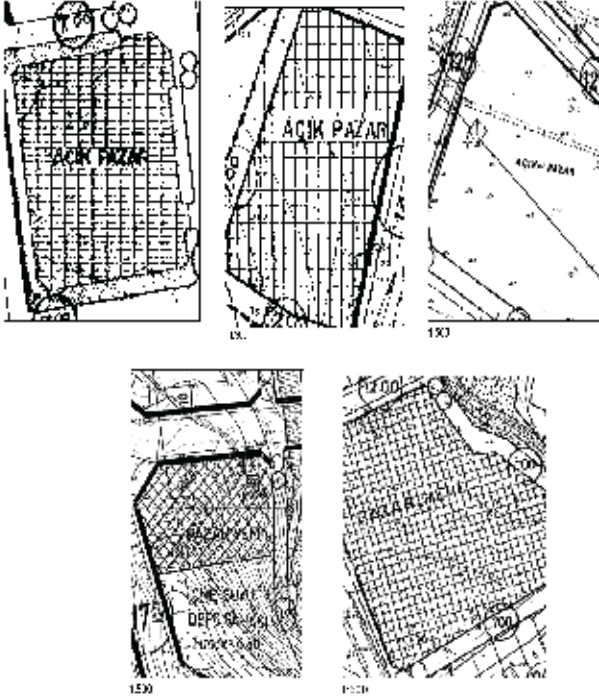
Pafta kenarlaşması problemi planların kontrol aşaması sürecinde ilgili belediye personeli tarafından birebir kontrol ile çözülmüş, diğer taraftan personel yetersizliği nedeni ile kontrol yapamayan belediyelerde ise kenarlaşmayan alanlar kapalı alan oluşturacak şekilde birleştirilmiş, üzerine kontrol noktaları işaretlenerek ileride belediyelerin daha detaylı bir şekilde çözmelerine olanak sağlanmıştır.



Şekil 1: Paftalardan Güncel Olanının Tespit Edilememesi

#### 3.3.2.3. Plan Lejantı (1/1000)

Sayısallaştırma esnasında plandaki kullanım gösterimleri her bir belediye için listelenerek işaret arşivleri oluşturulmuş ve yapılan kontrollerde lejanttaki gösterimin paftada farklı taranması, diğer bir anlatımla paftadaki taramaların (kullanım gösteriminin) lejantta olmaması, tanımsız taramalar, aynı adanın birden fazla kullanıma sahip olması, aynı kullanım birden fazla gösterim ile çizilmesi (Şekil 2), 1/5000 ölçeğinde simge ve taramaların kullanılması gibi lejanta ilişkin sorunlar tespit edilmiştir. Yönetmelikte yer almayan gösterimlerin 3194 sayılı İmar Kanunu ve İmar Planı Yapılması ve Değişikliklerine Ait Esaslara Dair Yönetmelik hükümlerine uygun biçimde türdeş hale getirilmesine çalışılmıştır. Çalışmada öncelikle aynı kullanım birden fazla olduğu gösterimler çözülmüş olup; bunun yanında bir ada üzerinde birden fazla kullanım olan durumlar için ise "kullanıma karar verilemeyen adalar" bilgisi sisteme girilerek ilgili belediyesine çözümü için bilgi verilmiştir. Yine çeşitli sembolojilerle gösterilen ticaret bölgelerinin plan notları incelenmiş ve her birinin farklı kullanımları ifade ettiği görülmüş ve yine adalar için uygulanan yöntem uygulanarak ilgili belediyesine bilgi verilerek çözümü istenilmiştir.



Şekil 2: Aynı Kullanımın Birden Fazla Gösterimi

### 3.3.2.4. Mülkiyet Verileri

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından üretilen verilerin güncel ve kesin koordinatlarını içermesi projenin amacına ulaşması bakımından anahtar verilerden biridir. Ancak İBB yetki alanı içerisinde mülkiyet verilerinin tutarlılığında ve kesinleştirilmesinde sorunlar yaşanmakta olup, kadastro yenileme çalışmalarına gereksinim duyulmaktadır. Bu aşamada gerçek zamanlı ve güncel veri paylaşımına ilişkin Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün gerekli altyapı çalışmalarını tamamlamaları beklenmekte olup, her iki kurum arasında imzalanması hedeflenen protokol hazırlıkları devam etmektedir.

### 3.3.2.5. Yerel-Ülke Koordinat Dönüşüm Parametreleri

Yürürlükteki 1/1000 ölçekli imar planlarının büyük çoğunluğu yerel koordinat sisteminde olduğundan ülke koordinat sistemine dönüşümleri için gereksinim duyulan parametrelerin bazı belediyelerde bulunmadığı, bazılarının ise var olan parametre değerlerinin hatalı olduğu tespit edilmiştir. Bu alanlar için dönüşüm parametreleri elde edilemediğinden 2005 yılında alımı gerçekleştirilen 1m çözünürlüklü ikonos uydu görüntüleri referans olarak kullanılmış ve geçici olarak konumlandırılmaları sağlanmıştır. Bununla birlikte Harita Şube Müdürlüğü tarafından gerekli Jeodezik çalışmalar yürütülmekte olup, yerel, ED-50 ve ITRF 96 dönüşüm parametreleri üretildiğinde gerekli dönüşümler yapılacaktır.

### 3.3.2.6. Personel ve Donanım

Proje süresince en önemli sorunlardan birisi de gerek ilçe ve ilk kademe belediyelerindeki donanım ve teknik personel eksikliği ya da hiç olmayışı, gerekse İzmir Büyükşehir Bele-

diyesi ilgili birimlerinin personelinin olmasına rağmen iş yoğunluğu nedeniyle sürece yeterli katılım sağlayamamasıdır. İlk kademe belediyelerinin ilçe belediyeleri ile birleşmesi, personel ve donanım sorununu belirli bir ölçüde çözmesine karşın sorun halen devam etmektedir.

Diğer taraftan proje alanının büyüklüğü ve paftalarda ki genel sorunlar nedeni ile ilçe ve ilk kademe belediyeleri kontrol sürecine dâhil edilmiş ve bu amaçla yaklaşık 140 belediye personeline yazılım eğitimi verilmiştir.

### 3.3.2.7. Uygulama Yazılımları

İmar otomasyon sisteminde, masaüstü yazılımlarında planlama ve haritacılık işlemlerinde kullanıcıya kolaylık sağlama amacıyla yeni modüller oluşturulmuştur. Bu modüllerin tasarlanan temel özellikleri idarece şartnamede belirtilmiş olup kullanıcılar ile yapılan birebir çalışmalar doğrultusunda iletilen yeni istekler ile de fonksiyonları artırılarak proje sürecinde geliştirilmiştir.

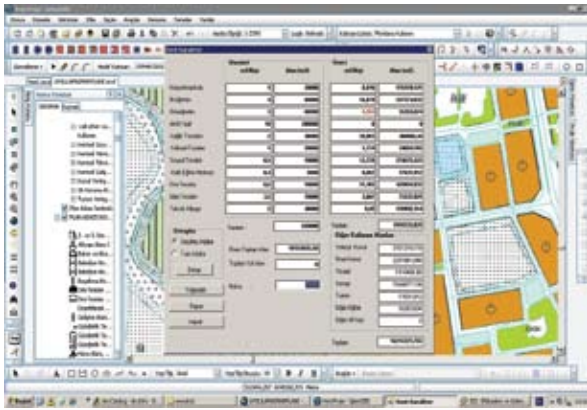
### 3.3.3. Planlama Modülü

Plan üretimi için hazırlanan araçlar, uygulama imar planı ve nazım imar planı üretimi ile detay çizimlere de olanak sağlayan araçlar bütünüdür. İzmir CBS masaüstü programında kullanılmakta olan her katman ve nitelik önceden belirlenerek veritabanında oluşturulmuş ve modüller üzerinden yapılan çizimler de doğrudan ilgili katmanlarla ilişkilendirilmiştir. Planlama modülünün içeriğinde yer alan en önemli özelliklerden bazıları şunlardır: Örneğin, tek buton ile 4 farklı katmanı (cephe çizgisi katmanı, kaldırım katmanı, yol orta hattı katmanı ve refüj katmanı) içerecek biçimde yol hatları çizilebilmektedir. Tasarlanan butonlar ile kavşakların, ana yol devamlılığı kurallarına göre topolojik temizlemesi yapılabilmekte ve sonrasında yollara göre imar adalarını topolojik ilişki içerisinde kapalı alan olarak oluşturulabilmekte, imar kullanım ve yapılaşma koşulları bilgilerinin girişi yapıldıktan sonra da, kullanım tiplerine göre adaların işaretleri otomatik verilerek yapı adaları tanımlanabilmektedir.

Yine imar planları için oldukça önemli olan gösterim teknikleri de, özniteliklerine göre yapılandırıldıktan sonra işareti bu değere göre atanabilmektedir. Katmanların gösterimleri öznitelik değiştirildiğinde otomatik olarak değiştiği gibi yapılaşma koşulları, yoğunluk bilgileri, açıklamalar da yapı adası üzerinde değiştirildiğinde ilişkili gösterim katmanında da otomatik olarak değişmektedir. Özellikle imar planı değişikliklerinde oldukça sık kullanılan alansal değişimler, yolun genişletilmesi veya daraltılması şeklindeki değişiklikler plan adalarının özniteliklerini değiştirmeden yapılabilmektedir. Plandaki yol alanlarından seçili olanları veya hepsinin alansal hesabı çıkarılabilmektedir.

Planlama modülünde ayrıca İmar planlarından yapılan hesapları kolaylaştıracak özellikler de mevcut olup bunlardan en önemlileri; plan standartları ve kişi başına düşen birimlere göre alansal hesaplamaları hazırlayabilen kent karakter tablosu (bkz. Şekil 3) ve imar adaları üzerinden yerleşim geneli için hesaba alınacak değerler alındıktan sonra alansal dağılımı belirleyen nüfus projeksiyonları araçlarıdır.





Şekil 3: Planlama Modülünde Kent Karakter Tablosu

### 3.3.4. Harita Modülü

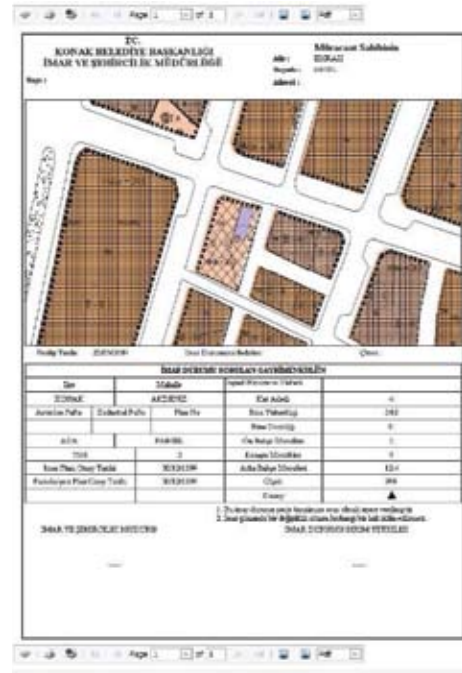
İmar Bilgi sistemi kapsamında belediyelerde haritacılık işlemlerinin yapılabilmesi için uygulama yazılımı içinde gerekli olan Harita Modülü için önce Belediyelerin ilgili birimleri ile görüşülerek ihtiyaç ve talepler belirlenmiştir. Belediyelerin yetkisi dâhilinde kontrol edilen veya re'sen yapılan 18. ve 16. Madde ile İslah İmar Planı gibi İmar Uygulamalarına yönelik gerekli haritacılık araçları geliştirilmiştir. Uygulama yazılımında jeodezik hesaplamalar, koordinat hesaplamaları, çeşitli yöntemlerle otomatik ayırma ve birleştirme işlemleri yapılabilmekte bu işlemlerin belgeleri alınmaktadır.

Nokta koordinatı hesaplamaları ve çizimler için referans/ yardımcı nokta üretilmesini sağlayan ve veri tabanına kayıt işlemleri yapılmadan ön bellekte tutulmak suretiyle performans kazanımı amacı ile oluşturulan “Sanal Nokta” araçları aracılığıyla farklı yöntemler kullanılarak geçici nokta koordinatları hesaplanabilmektedir.

Harita Modülünde, 18. Madde ve İslah İmar Planı uygulamalarına yönelik “İmar Uygulama Araçları” ile DOP (Düzenleme Ortaklık Payı) Hesabı ve Dağıtım (bkz. Şekil 4), İmar Kanununda ve ilgili yönetmeliklerde belirlenen esaslar ile kesinleşen mahkeme kararlarına uygun olarak gerçekleştirilebilmektedir. Hangi parsellerin hesaba gireceği, parsellerden DOP alınıp alınmayacağı, alınacaksa ne oranda alınacağı, ihdasların yola verilip verilmeyeceği belirlendikten sonra her parselin DOP kesintisi ve dağıtılacak miktarı otomatik olarak hesaplanabilmektedir.

Veri tabanı ilişkisi nedeniyle de uygulamaya giren kadastr parsellerine isabet eden imar parselleri hem dağıtım tablosunda hem de grafik ekranda izlenebildiğinden, dağıtım kullanıcı tarafından manuel yapılabildiği gibi otomatik olarak da yapılabilmektedir.

Şekil 4: Harita Modülünde Dağıtım Tablosu



Şekil 5: Tamamlanmış İmar Durum Belgesi

### 3.4. Proje Paydaşları

İBB ve ilçe belediyeleri bazında iş ve yetkiler listelenmiş, bunun sonucunda İmar Bilgi Sistemi projesinde yer alması gereken birimler belirlenmiştir (Tablo: 2).

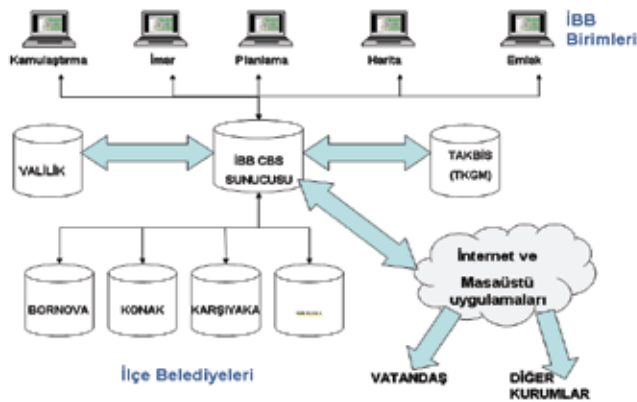
| Büyükşehir Belediyesi                | İlçe Belediyeler                      |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1/1000 Plan Yapma Ve Onama           | 1/1000 İmar Planı Değişikliği         |
| 1/5000 Plan Yapma Ve Onama           | 5 Yıllık İmar Programı Değişikliği    |
| 5 Yıllık İmar Programı Yapma-Onama   | 5 Yıllık Ek İmar Programı Değişikliği |
| 5yıllık Ek İmar Programı Yapma-Onama | İmar Hattı Çalışması                  |
| 18 Uygulamaları                      | Kitle Çalışması                       |
| Kamulaştırma İşlemleri               | İmar Durum Belgesi                    |
| Analiz-Sentez                        | 16 Uygulaması                         |
|                                      | 18 Uygulamaları                       |
|                                      | Kamulaştırma İşlemleri                |
|                                      | Analiz-Sentez                         |

Tablo 2: Proje Paydaşlarının Otomasyonda Yapacakları İşler

İlçe belediyelerindeki yapılanmalar farklılıklar göstermesine karşın proje Planlama, Harita, İmar, Emlak ve Kamulaştırma birimlerini kapsamaktadır. Bu birimlerden Planlama ve Harita temel verilerin üretiminden sorumlu olmaları nedeni ile sistemin temel paydaşı konumundadırlar.

### 3.5. Sistem Mimarisi

Sistem içinde her ilçe belediyesi tüm verileri görmesine karşın sadece kendi sınırları içindeki verileri güncelleme yetkisi verilmiştir. Ayrıca her bir belediyedeki birim de yetkili olduğu veri setleri üzerinde güncelleme yapabilmekte ve her bir kullanıcının da yetkileri ayrı ayrı tanımlanabilmektedir. Tüm veriler İBB-CBS sunucusunda Oracle Veri Tabanı Yönetim Sisteminde, RAC (Real Aplication Cluster) yapısında aktif-aktif çalışan iki sunucuda tutulmaktadır. Mevcutta kopyalanarak alınan kadaströ verilerinin TKGM den web servisleri alınması öngörülen sistem mimarisinde veri alışverişi İBB ne ait fiber optik kablolar, olmayan ilçelerde ise kiralık hatlar ile gerçek zamanlı olarak sağlanmaktadır.



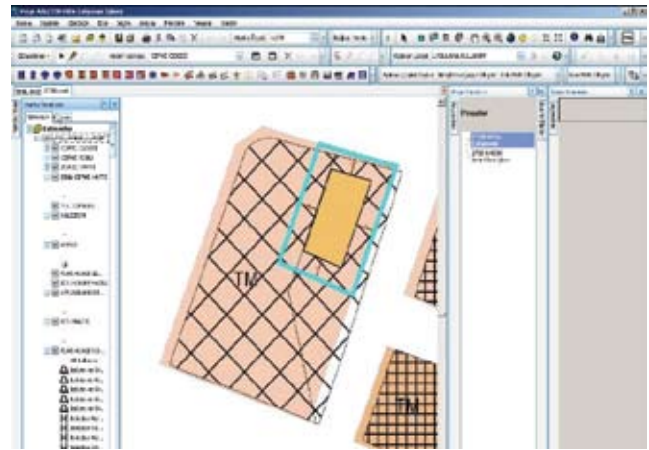
Şekil 6: Sistem Mimarisi

### 3.6. Web Uygulamaları

Web Uygulamaları sayesinde iş süreçlerinin otomasyona dahil edilmesi, yetki yönetimi, iş ve işlemler ile ilgili dokümanların depolanıp sorgulanması, kitle ve imar hattı çalışmalarının yapılması, imar durum belgesinin (bkz. Şekil 5) online olarak verilmesi ve plan kararlarında altlık veri olarak kullanılmak üzere analiz ve sentez paftalarının hazırlanması ve kullanılması sağlanmaktadır. Ayrıca sistem, web üzerinden yayınlanan kent rehberlerine verdiği web servisleri ile imar durum bilgisinin verilmesini de sağlamaktadır (URL 1).

### 3.6.1. Otomasyon

İBB ile tüm ilçe belediyeleri arasında fiber optik ve kiralık hat altyapısı ile bağlantıları sağlanan İBB-CBS sunucularındaki sisteme ait tüm veriler web üzerinden veri alma ve yazma (check out/in) işlemleri aracılığı ile güncellenmektedir (bkz.Şekil 7). Yukarıda bahsedilmiş olan web uygulamaları ile yürütülmeye çalışılan otomasyon sisteminin bileşenleri aşağıda sıralanmıştır.



Şekil 7: Kitle Çalışmasında Veri Alma/Yazma İşlemleri

### 3.6.1.1. Güvenlik ve Yetki

İBB’ ne bağlı bulunan birimler ve belediyeler kendilerine sağlanan yetkiler dâhilinde sisteme girmektedirler. Sistemde önceden hangi birimin hangi işleri gerçekleştirebileceği belirlenebilmektedir. Ayrıca her bir kullanıcının da sitemdeki rolleri (izleyici, yönetici, personel vb) ve hangi verinin kimler tarafından güncellenebileceği yetkisi de tanımlanabilmektedir. Her bir belediyenin birimlerindeki kullanıcı sayısı ve yönetim şeklinde farklılıklar olduğundan istenilen sayıda ve konfigürasyonda kullanıcı ve yetkilerinin belirlenebileceği esnek bir yetki modülü hazırlanmıştır (bkz. Şekil 9).



Şekil 8: Yetkilendirme

### 3.6.1.2. Tarihçe

Sistemin geri planda kullanmış olduğu ArcSDE teknolojisi sınırsız tarihçe tutulmasını sağlamaktadır. Verinin güncellenmeye başlanma tarihinden itibaren veri üzerinde yapılan tüm değişiklikler ArcSDE tarafından tutulmaktadır. Tarihçe, tarih ve saat bazlı ve versiyon (kişi) bazlı olarak tutulabilmekte ve her iki yöntemle de geriye dönüş sağlanabilmektedir. Bu özellik verinin güvenliğini sağlamanın yanında kentin gelişiminin izlenmesine de olanak sağlamaktadır.



### 3.6.2. Analiz – Sentez

İmar Planı yapım aşamaları, analiz, sentez ve plan kararları olmak üzere genel olarak üç kısma ayrılmaktadır. Web uygulamaları ile gerçekleştirilen plan kararları öncesi Analiz ve Sentez çalışmaları, plan kararlarına esas teşkil eden, altlık olarak kullanılan önemli verilerdendir. Jeolojik durum, bitki örtüsü, toprak analizi, topoğrafik analiz, mülkiyet durumu, bölgeleme haritaları, doku analizi, ekonomik yapı analizi, ulaşım analizleri, nüfus analizleri, donatı alanları analizi, bina analizleri, tarihi gelişim, teknik altyapı, görsel veriler, tescil durumları, iklim gibi analizler ile eşik sentezi, yerleşilebilirlik sentezi gibi sentezler hazırlanabilmekte ve kullanılabilmektedir (bkz. Şekil 9).



Şekil 9: Doku Analizi

## 4. Sonuç

Proje ile birlikte planların üretiminden kaynaklanan birçok sorunun tespiti ve bazılarının çözümü sağlanmış olmasına karşın sistemin sağlıklı bir şekilde işleyebilmesi için kesin plan değerlerine gereksinim duyulmaktadır. Diğer taraftan planların kesinleştirilmesinde kullanılacak kesin kadastral değerler ve 1/1000 ölçekli hâlihazır haritalar İzmir Büyükşehir Belediyesi yetki alanının önemli bir bölümünde bulunmamaktadır. Hâlihazır haritaların üretimi ile ilgili Harita Şube Müdürlüğü tarafından gerekli çalışmalar yürütülmekle

birlikte kesin kadastral verilerin bulunmaması sistemi doğrudan etkilemektedir. Bu durumda sistem tek başına çözüm üreten bir araç olarak görülmemelidir. Ayrıca kesin kadastral değerleri olan planlama alanlarının daha önce yapılan hatalı uygulamalar veya zemin durumu nedeni ile tekrar değerlendirilmesi gerekmektedir. Projenin bu yönüyle bir diğer önemli sorunu imar bilgi sistemi kapsamında ilçe belediyelerince yapılacak iyileştirme çalışmaları ile ilgili alınması gereken meclis kararlarının Büyükşehir Belediyesince onaylanma sürecidir. 21 ilçe belediyesi bulunan İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin mevcut iş yükü dışında bu tür çalışmalara ayırabileceği personel ve zaman, ilçe belediyelerinin bu alanlardaki uygulamaları başlatma açısından büyük önem taşımaktadır.

Sonuç olarak; planların üretiminden ve güncellenmesinden kaynaklanan birçok teknik sorunu içerisinde barındıran İmar Bilgi Sistemi'nin işleyen bir uygulama haline dönüştürülmesi, sorumluluk gerektiren önemli İdari kararların alınmasını da zorunlu hale getirmektedir.

Belediyelerin en önemli görevlerinden biri olan imar ile ilgili tüm çalışmaların bir otomasyon dâhilinde gerçekleştirilmesi henüz ülkemizde tam anlamıyla gerçekleştirilebilir değildir. Otomasyon paydaşlarının fazlalığı ve temel veri gereksinimlerinin büyük olduğu sistemde imar otomasyonunun sınırsız tarihçeli olması, kullanıcı izlerinin tutulması, teknik arşiv belgelerinin tutulması büyük önem arz etmektedir ve tüm bunlar doğru kurgulanmış, güçlü bir altyapı gerektirmektedir.

İzmir Büyükşehir Belediyesi doğru sistem, güçlü teknik altyapı konusunda gerekli adımları atmakla birlikte sistemi doğrudan etkileyen güncel verilerin temini ile sistemi kullanacak olan donanımlı personel eksikliği konusundaki çözümleri geliştirmekte ve örnek alınabilecek bir imar otomasyon modelini oluşturma yönünde gerekli çalışmaları yürütmektedir.

## Kaynaklar

AKÇAL, R.: “İmar Hukuku ve Uygulamaları Ders Notları”, İstanbul Kültür Üniv. Yay. No: CE 883, İstanbul, (2005).

URL 1.: İzmir Büyükşehir Belediyesi İnternet sitesi,

<http://www.izmir.bel.tr/StandartPages.asp?menuID=2040&MenuName=> (son giriş tarihi: 10 Ekim 2011).

# Sıklaştırma Ağlarının Yer Kabuğu Hareketlerine Karşı Duyarlılıkları ve Olası Algılayabilirlik Düzeyleri

Pakize KÜREÇ<sup>1</sup>, Haluk KONAK<sup>2</sup>

## Özet

TUTGA ağının sıklaştırılması çalışmalarında oluşturulan C1 ve C2 dereceden AGA ve SGA sıklaştırma ağlarının topluca değerlendirilmesi aşamasında, yer kabuğu hareketlerinin de izlenebilme olanaklarının araştırılması bu çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır. Jeodezik ağların değerlendirilmesi ve kalite sorgulaması işlemlerinde, duyarlık ve güven ölçütlerinin yanı sıra bu ölçütlerden türetilen ve ağı datumundan bağımsız olan yeni ölçütler de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma içerisinde bu ölçütlerden bir ağı deformasyonları algılama gücü anlamına gelen algılayabilirlik (sensitivity) düzeyleri araştırılmıştır. Bununla birlikte dengeleme modeline eklenen ek koşulların deformasyonları algılayabilirlik düzeylerini nasıl etkilediği incelenmiştir.

## Anahtar Sözcükler

Doğruluk Analizi, Güvenirlilik, Algılayabilirlik, Yetersizlik, Jeodezik Ağlar.

## Abstract

### Precision of Densification Networks Against to Crustal Movements And Possible Sensitivity Levels

The main purpose of this study is to investigate the possibilities of monitoring of crustal movements, during the evaluation of First and Second Order Networks are collectively evaluated. The new criteria which are independent of the network datum are widely used for evaluation of geodetic networks and quality assesment processing. In this study, capacity of the detection of network's deformation (levels of sensitivity) are investigated. Furthermore, how levels of sensitivity are effected by additional conditions which are added to the adjustment model are investigated.

## Key Words

Accuracy Analysis, Reliability, Sensitivity, Worst Capability, Geodetic Networks.

## 1. Giriş

Farklı zamanlarda ölçülen jeodezik ağların karşılaştırılması sürecinde elde edilen koordinat farkları içerisinde ortaya çıkarılamayan düzenli hatanın kestirilebilen en küçük değeri, ele alınan jeodezik ağların ayırma gücü hakkında önemli bilgiler verebilmektedir. Bu amaçla belirlenebilen en küçük konumsal yer değiştirme değeri, deformasyon modelinin güvenilirliği başka bir deyişle algılayabilirlik düzeyi olarak adlandırılmaktadır (KONAK, 2008). Günümüzde farklı

amaçlarla karşılaştırılan jeodezik ağlarda ağı iç duyarlılığı ve güvenilirliğinin yanı sıra algılama gücü ya da algılayabilirlik düzeylerinin araştırılması işlemleri giderek daha çok önemsenmektedir (HSU ve HSIAO, 2002; KÜREÇ, 2010).

## 2. Yöntemin Esasları

Araştırılan jeodezik ağda yapılan ölçümler Gauss-Markoff modelinde, En Küçük Kareler İlkesine göre Dolaylı Ölçüler olarak topluca değerlendirilir ve bunun sonucunda bilinmeyenlerin en uygun değeri;

$$\hat{x} = (A^T P A)^{-1} A^T P l \quad (1)$$

elde edilir.  $t_1$  ve  $t_2$  anlarında değerlendirilen bir jeodezik ağı dengeli koordinatları arasında;

$$d = \hat{x}_2 - \hat{x}_1 \quad (2)$$

fark vektörleri oluşturulur. Ters ağırlıkların yayılması ilkesine göre Deformasyon modelinin ters ağırlıklar matrisi;

$$Q_{dd} = (A_1^T P_1 A_1)^{-1} + (A_2^T P_2 A_2)^{-1} = Q_{x_1 x_1} + Q_{x_2 x_2} \quad (3)$$

olarak elde edilir. Deformasyon modelini temsil eden fark vektörü ve onun ters ağırlıkları yardımıyla; deformasyon modeline ilişkin test büyüklüğü ( $T = \frac{d^T Q_{dd}^{-1} d}{s_0^2 h}$ ) ve test büyüklüğünün sınır değeri ( $F_{h, f, 1-\alpha}$ ) hesaplanır. Ön görülen sınır değerini aşılması durumunda ele alınan ağ noktaları arasında anlamlı bir yer değiştirme olduğu kanısına varılır.

Bir jeodezik ağı, herhangi bir periyotta değerlendirilmesi sonucunda elde edilen kesin değerlerin büyüklüğü ( $\hat{x}$ ), ölçüler vektöründe ( $l$ ) ortaya çıkan olası hatalara bağlıdır. Farklı zamanlarda değerlendirilen bu ağlarda, ağı datumunun, geometrik şeklinin ve ağırlık dağılımının değişmemesi önerilmektedir. Ağ noktaları arasında herhangi bir yer değiştirme yoksa ölçüler vektörünün rasgele dağılımlı ölçülerden oluştuğu varsayılır.

Bu durumda deformasyon modeli, rasgele dağılımlı diferansiyel ölçülerin ( $\mathcal{A}$ ) bir fonksiyonu olarak;

$$d = N^{-1} A^T P \mathcal{A} \quad (4)$$

biçiminde yeniden düzenlenir ve yer değiştirme vektörünün ters ağırlıkları da hata yayılma ilkesine göre;

$$Q_{dd} = N^{-1} \quad (5)$$

<sup>1</sup> Arş. Gör., <sup>2</sup> Prof. Dr., Kocaeli Üniv., Müh. Fak., Harita Müh. Bölümü, Kocaeli, Türkiye

olarak elde edilir. Yer değiştirme vektörü ( $d$ ), ortalaması ( $\bar{d}$ ), varyansı ( $\Sigma_d$ ) ve serbestlik derecesi ( $u$ ) ile normal dağılımda olmak üzere,  $\xi_0^2 = \bar{d}^T \Sigma_d^{-1} \bar{d}$  büyüklüğü Chi-Kare dağılımındadır. Chi-Kare Dağılımı,

$$\xi^2 = \bar{d}^T \Sigma_d^{-1} \bar{d} = \frac{d^T P_{dd} d}{\sigma^2} \approx \chi_{u, \xi_0^2}^2 \quad (6)$$

$\sigma^2$ , birim ölçünün ortalama hatasının öncül varyansı olmak üzere, sıfır hipotezini belirtir. Hipotezin geçerli olduğu durumlarda Dış Merkezlik Parametresi,

$$\frac{d^T P_{dd} d}{\sigma^2} \leq \delta_0^2 \quad (7)$$

eşitliğini sağlar. Bu durumda  $d$  vektörü, istatistiksel anlamda, anlamlı bir deformasyon bilgisi içermeyen, rasgele özellikli aykırı bir hata vektörü (marginal random error vector) olarak düşünülür (HSU ve HSIAO, 2002). Bu eşitliğin çözümlenmesi sonucunda belirlenebilir en küçük yer değiştirme miktarı, algılayabilirlik düzeyi de elde edilir. (7) eşitliğindeki karesel büyüklük  $d^T P_{dd} d = d^T S \Lambda S^T d$ , özdeğerler ayrımı ile açık olarak yazılır ve ortogonalite özelliğine göre katkısı olmayan çarpanlardan arındırılırsa,

$$d^T P_{dd} d = \|d\|^2 \sum_{i=1}^u \lambda_i \quad (8)$$

biçiminde yeniden düzenlenebilir. Deformasyon modelinin dış merkezlik parametresinden ( $\xi^2$ ) yararlanarak aykırı rasgele hatalar vektörünün büyüklüğü,

$$\|d\|^2 = \frac{\delta_0^2 \sigma^2}{\sum_{i=1}^u \lambda_i} \quad (9)$$

elde edilir. Bu büyüklük, en büyük özdeğer ( $\lambda_{\max}$ ) için yazılırsa, ağırlık en iyi duyarlık derecesi olarak, belirlenebilir en küçük yer değiştirme değeri yani algılayabilirlik düzeyi;

$$\|d\|_{\min} = \frac{\delta_0 \sigma}{\sqrt{\lambda_{\max}}} \quad (10)$$

elde edilir. Buna karşın, bu eşitlik en küçük özdeğer ( $\lambda_{\min}$ ) için yazılırsa, ağırlık en kötü duyarsızlık derecesi anlamına gelen ağırlık yetersizlik düzeyi;

$$\|d\|_{\max} = \frac{\delta_0 \sigma}{\sqrt{\lambda_{\min}}} \quad (11)$$

olarak hesaplanabilir.  $\|d\|_{\min}$  ve  $\|d\|_{\max}$  değerleri ağırlık genel ayırma gücü (global sensitivity) hakkında bilgi verirler. Uygulamalarda noktalara göre tanımlanan duyarlık ölçütleri oldukça kullanışlıdır. Lokal duyarlılıklarından basit bir aritmetik ortalama hesaplanması durumunda ağırlık global duyarlılıkları için dolaylı da olsa global bir değer kestirilebilmektedir (HSU ve HSIAO, 2002).

(4) numaralı eşitlikte verilmekte olan yer değiştirme vektörü ( $d$ ), üç boyutlu GPS ağları için;

$$\begin{bmatrix} d_{x_1} \\ d_{x_2} \\ \vdots \\ d_{x_u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} N_{11} & N_{12} & \dots & N_{1u} \\ N_{21} & N_{22} & \dots & N_{2u} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ N_{u1} & N_{u2} & \dots & N_{uu} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_u \end{bmatrix} \quad (12)$$

biçiminde düzenlenirse, tek bir durak noktası için;

$$d_i = [N_{11} \quad N_{12} \quad \dots \quad N_{1u}]^{-1} \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ \vdots \\ n_u \end{bmatrix} \quad (13)$$

olarak elde edilir. Ters ağırlıkların yayılması ilkesine göre

$$d_i = \begin{bmatrix} \delta x_i \\ \delta y_i \\ \delta z_i \end{bmatrix} = \ddot{N}_i A^T P \delta dl \quad (14)$$

olmak üzere herhangi bir durak noktasındaki GPS ölçülerinin ters ağırlıkları,

$$Q_{d_i d_i} = \ddot{N}_i A^T P Q_{ll} P A \ddot{N}_i \quad (15-a)$$

$$Q_{d_i d_i} = \ddot{N}_i N \ddot{N}_i \quad (15-b)$$

olarak, ya da ağırlıkları kısaca

$$P_{d_i} = Q_{d_i d_i}^{-1} \quad (16)$$

olarak hesaplanır.

Herbir nokta için elde edilen ağırlık matrisinin özdeğerleri irdelenerek, jeodezik ağ noktalarında, belirlenebilir en küçük yer değiştirme büyüklükleri, başka bir deyişle, yer kabuğu hareketlerine karşı duyarlık dereceleri ve algılayabilirlik düzeyleri kestirilebilmektedir (KÜREÇ, 2010).

## 2.1. Sıklaştırma Amaçlı Jeodezik Ağlarda Algılayabilirlik

Jeodezik ağ noktaları için Algılayabilirlik değeri olarak, en küçük yer değiştirme büyüklükleri ayrı ayrı hesaplanır. Bu amaçla;

a) Herbir durak noktasındaki  $N_{ii}$  ağırlık matrisi hesaplanır.

$$N_{ii} = (\ddot{N}_i N \ddot{N}_i^T)^{-1} \quad (17)$$

$$N_{ii} = \begin{bmatrix} n_{11} & n_{12} & n_{13} \\ n_{21} & n_{22} & n_{23} \\ n_{31} & n_{32} & n_{33} \end{bmatrix}_i \quad (18)$$

$$N_{ii} = P_{d_i}^{-1} \quad (19)$$

- b) Herbir durak noktasındaki ağırlık matrisi  $N_{ii}$  özdeğerlerine ve özvektörlerine ayrılır.
- c) Özvektörler matrisinden herbir koordinat bilinmeyen için doğrultu kosinüsleri hesaplanır. Bu değerler azimut ve başucu yönünde bilgiler taşırlar.
- d) Herbir durak noktası için elde edilen doğrultu kosinüsleri, enlem ve boylam değerleri yardımıyla yerel toposentrik bir koordinat sistemine dönüştürülür.

Bu amaçla;

$$\begin{bmatrix} n \\ e \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin \varphi \cos \lambda & -\sin \varphi \sin \lambda & \cos \varphi \\ -\sin \varphi & \cos \lambda & 0 \\ \cos \varphi \cos \lambda & \cos \varphi \sin \lambda & \sin \varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} \quad (20)$$

biçiminde yazılan dönüşüm bağıntısından  $[\Delta X \ \Delta Y \ \Delta Z]^T$  vektörü yerine  $N_{ii}^{-1}$  matrisinden  $\lambda_{\max}$  için asal gerilme doğrultusuna denk gelen özvektörlerden hesaplanan doğrultu kosinüsleri konulur.

$$\begin{bmatrix} n \\ e \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin \varphi \cos \lambda & -\sin \varphi \sin \lambda & \cos \varphi \\ -\sin \varphi & \cos \lambda & 0 \\ \cos \varphi \cos \lambda & \cos \varphi \sin \lambda & \sin \varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \alpha \\ \cos \beta \\ \cos \gamma \end{bmatrix} \quad (21)$$

- e) İki boyutlu izdüşüm doğrultularına denk gelen özvektörün azimutu,

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{e}{n} \quad (22)$$

ve başucu açısı,

$$\varsigma = 90^\circ - \tan^{-1} \frac{w}{\sqrt{e^2 + n^2}} \quad (23)$$

yerel koordinatlar türünden ayrı ayrı hesaplanır.

- f) Azimut ve başucu açıları yardımıyla doğu-batı ve kuzey-güney yönündeki yer değiştirme elemanları

$$\tilde{e} = \|d\| \sin \varsigma \sin \alpha ; \tilde{n} = \sin \varsigma \cos \alpha \quad (24)$$

hesaplanır.

- g)  $\|d\|$  yerine  $\|d\|_{\min}$  ve  $\|d\|_{\max}$  değerleri yazılarak doğu-batı ve kuzey-güney yönündeki yer değiştirme vektörlerinin en küçük ve en büyük elemanları elde edilir (HSU ve HSIAO, 2002).
- h) Ağ noktaları için elde edilen algılayabilirlik ve yetersizlik düzeyleri ayrı ayrı sergilenir.
- i) Sayısal ve çizgisel sonuçlar yorumlanır (KÜREÇ, 2010).

### 3. İZDOĞAP Kocaeli GPS Sıklaştırmaya Ağında Algılayabilirlik Değerleri

Bu çalışma için, bilimsel ve mühendislik amaçlı bir üniversite araştırma projesi kapsamında izlenmekte olan KOCAELİ İZDOĞAP GPS Sıklaştırmaya Ağı (İZDOĞAP GPS Ağı), sayısal uygulama modeli olarak seçilmiştir.

106 noktadan oluşan bu ağda, TUTGA ve AGA noktalarından oluşan 83 adet eşlenik nokta kullanılmış ve bu noktaların  $t_i$  epoğuna ötelenmiş değerleri ile serbest dengeleme sonuçları karşılaştırılmıştır (İZDOĞAP, 2009a). Bu değerlendirme işlemlerinin yanı sıra İZDOĞAP GPS Ağına gerçekleştirilen GPS ölçülerinin sağladığı olanaklar ölçüsünde, ağ noktalarında belirlenebilir en küçük yer değiştirme araştırması anlamına gelen algılayabilirlik irdelemeleri de yapılmıştır.

Bu amaçla; İZDOĞAP GPS Ağı jeodinamik yapısı gereği iki ana blok şeklinde ele alınmıştır.

- Ağı ikiye bölen Kuzey Anadolu Fay (KAF) Kuşağının güney kısmı jeolojik ve jeodinamik yapısı gereği, farklı bir ağırlık merkezi etrafında ayrı bir dönüklüğe sahip olabileceği düşünülmüş ve bu nedenle ayrı bir blok (Hareketli Blok; Blok B) olarak ele alınmıştır.
- Bu ağ; KAF kuşağının kuzeyinde kalan eşlenik noktaların (Blok A) belirlediği datumda değerlendirilmiştir. Bu koşul altında değerlendirilen B bloğuna ilişkin eşlenik noktalar kümesi, 3B Genişletilmiş Helmert Dönüşüm Modeli kullanılarak dış merkezli bir ağırlık merkezinin belirlenmiş olduğu ayrı bir datuma dönüştürülmüştür (Şekil 1).

Değerlendirme işlemleri, adımlar halinde aşağıda sıralanmaktadır.

- a) Datum noktası olarak seçilen noktalar için, p ağdaki nokta sayısı olmak üzere, dönüşüm matrisi;

$$G_{3u} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{p}} & 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{p}} & 0 & 0 & \dots & \frac{1}{\sqrt{p}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{p}} & 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{p}} & 0 & \dots & 0 & \frac{1}{\sqrt{p}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{p}} & 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{p}} & \dots & 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{p}} \end{bmatrix} \quad (25)$$

oluşturulur. Tüm İz Minimum koşulu için oluşturulan G matrisi, datumu belirleyen noktalar için köşegen elemanları "1" diğer elemanları "0" olan  $E_i$  matrisi yardımıyla yeniden düzenlenir. Böylece uygun bir datum koşulu altında bilinmeyenlerin ters ağırlık matrisi elde edilir (ESHAGH, 2009).

$$B_i = E_i G \quad (26)$$

$$Q_{xx} = (A^T P A)^{-1} = (A^T P A + B_i B_i^T)^{-1} - G (G^T B_i B_i^T G)^{-1} G^T \quad (27)$$

- b) Eşdeğerlik testleri sonucunda hareket olduğu belirlenen noktaların dağılımına ve bölgenin tektonik yapısına göre ağın hareketli olan bloğu belirlenir. Hareketli Blok olarak düşünülen noktalar kümesi bilinmeyenlerin ters ağırlık matrisi içinden ayrı bir

alt matris olarak ele alınır ve  $Q_{xx} = Q_{x_2 x_2}$  şeklinde gösterilir. Bu nokta kümesine uygulanan 12 parametrelili Helmert dönüşümü sonucunda dönüşüm parametreleri elde edilir (PAPO, 1999; EVEN-TZUR, 2006).

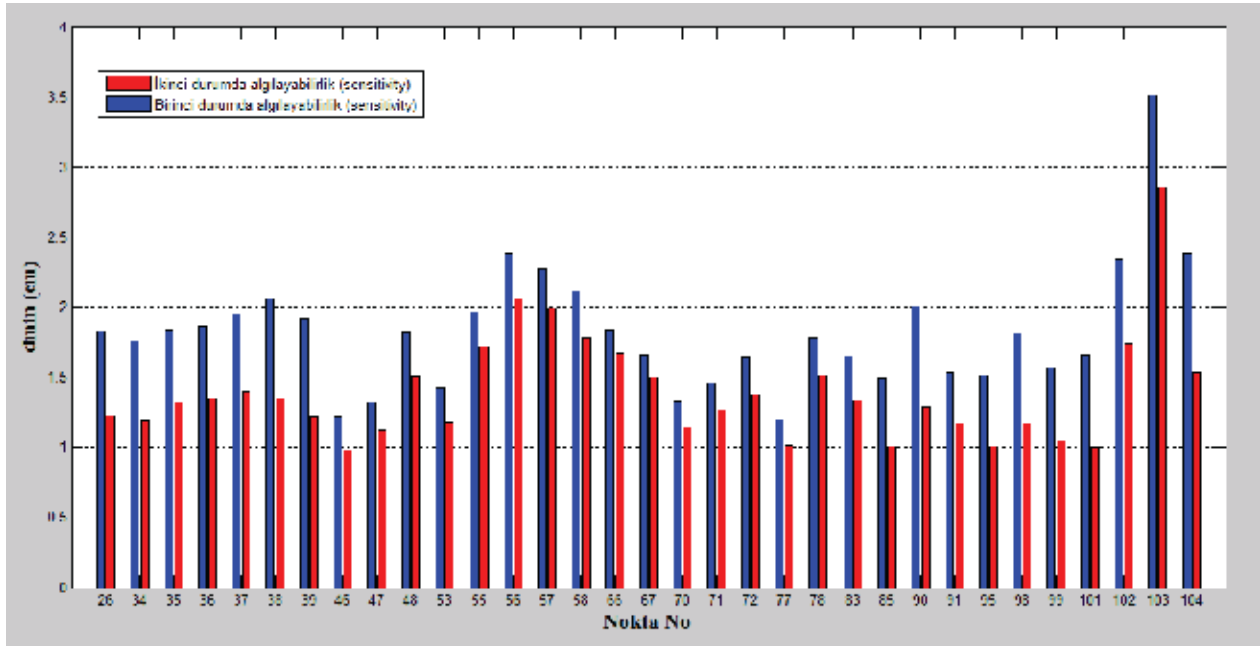
On iki (12) parametrelili genişletilmiş Helmert dönüşüm matrisi (H)



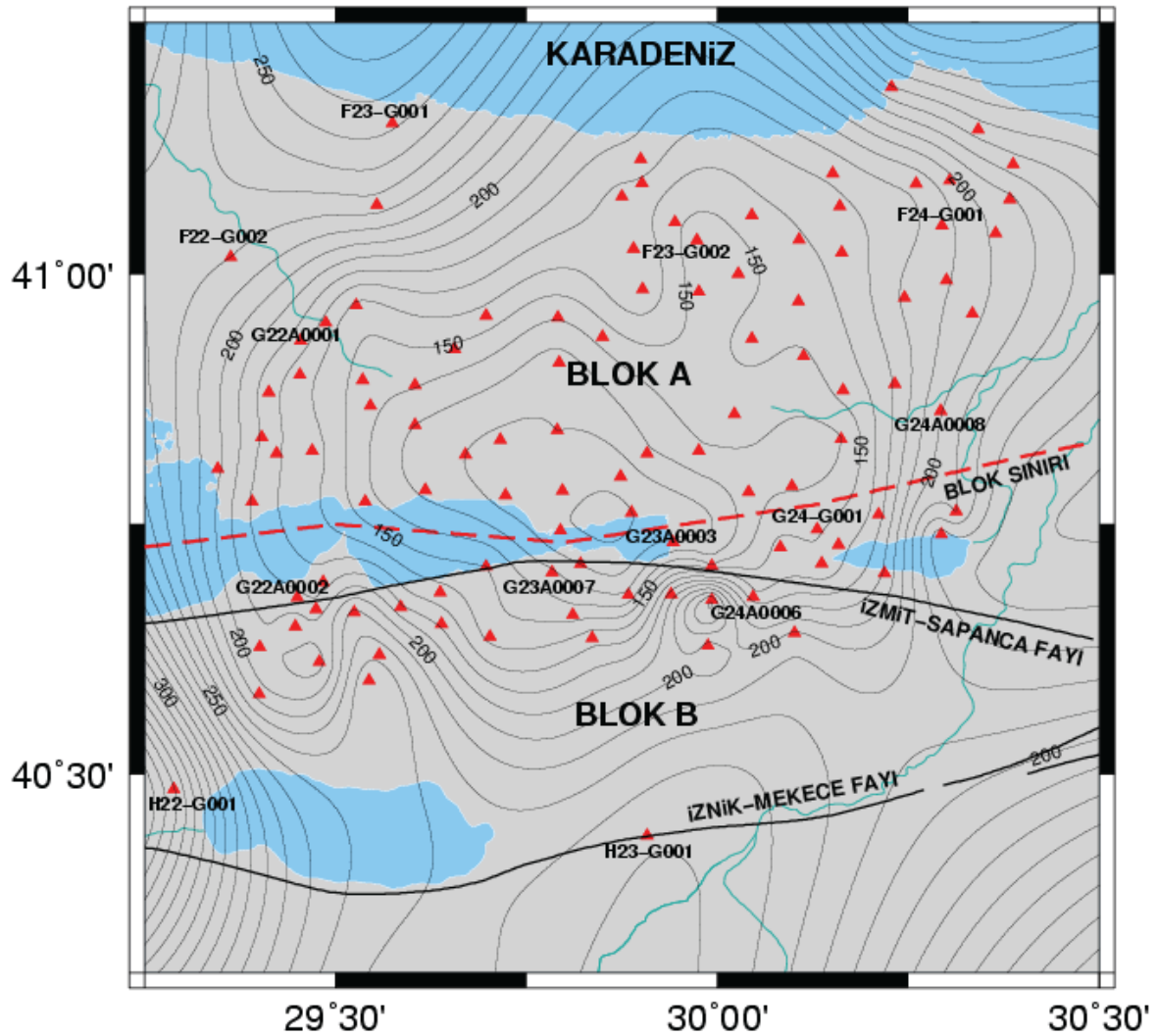


Tablo 1: Belirlenen Olası Hata Miktarlarının ve Yönlerinin Karşılaştırılması

| N              | I.Durum                                      |                  |        |        | II. Durum                                    |                  |        |         |                                              |                  |        |         |
|----------------|----------------------------------------------|------------------|--------|--------|----------------------------------------------|------------------|--------|---------|----------------------------------------------|------------------|--------|---------|
|                | Tüm iz min.                                  |                  |        |        | Tüm iz min.                                  |                  |        |         | Kısmi iz min.                                |                  |        |         |
|                | d <sub>min</sub>                             | d <sub>max</sub> | azimut | zenit  | d <sub>min</sub>                             | d <sub>max</sub> | azimut | zenit   | d <sub>min</sub>                             | d <sub>max</sub> | azimut | zenit   |
| 101            | 1.66                                         | 4.69             | 89.890 | 74.894 | 1.00                                         | 3.02             | 89.849 | 75.816  | 0.99                                         | 2.94             | 89.839 | 76.745  |
| 102            | 2.34                                         | 6.57             | 89.932 | 83.857 | 1.74                                         | 5.07             | 89.958 | 270.243 | 1.75                                         | 5.08             | 89.958 | 270.906 |
| H22-G001 (103) | 3.51                                         | 9.71             | 89.983 | 86.822 | 2.86                                         | 8.09             | 89.978 | 270.243 | 2.87                                         | 8.11             | 89.974 | 270.527 |
| H23-G001 (104) | 2.38                                         | 6.61             | 89.915 | 64.827 | 1.53                                         | 4.54             | 89.903 | 55.334  | 1.51                                         | 4.53             | 89.904 | 55.099  |
| G22A0002 (26)  | 1.83                                         | 5.02             | 89.980 | 81.299 | 1.23                                         | 3.38             | 89.988 | 84.770  | 1.26                                         | 3.46             | 89.997 | 85.836  |
| 34             | 1.76                                         | 5.01             | 89.998 | 83.746 | 1.19                                         | 3.57             | 90.034 | 89.732  | 1.19                                         | 3.64             | 90.048 | 272.114 |
| 35             | 1.84                                         | 5.07             | 89.984 | 82.548 | 1.32                                         | 3.66             | 89.992 | 85.274  | 1.35                                         | 3.74             | 89.998 | 86.048  |
| 36             | 1.87                                         | 5.12             | 89.974 | 83.544 | 1.35                                         | 3.73             | 89.972 | 85.578  | 1.38                                         | 3.80             | 89.977 | 85.572  |
| 37             | 1.95                                         | 5.27             | 89.947 | 75.038 | 1.40                                         | 3.77             | 89.918 | 73.178  | 1.43                                         | 3.84             | 89.922 | 73.195  |
| 38             | 2.06                                         | 5.41             | 89.961 | 81.545 | 1.35                                         | 3.41             | 89.943 | 85.026  | 1.37                                         | 3.43             | 89.948 | 86.238  |
| 39             | 1.92                                         | 5.11             | 89.965 | 79.596 | 1.22                                         | 3.14             | 89.952 | 80.133  | 1.24                                         | 3.18             | 89.960 | 81.614  |
| G23A0003 (46)  | 1.22                                         | 3.85             | 89.990 | 71.073 | 0.98                                         | 3.27             | 90.001 | 70.240  | 0.96                                         | 3.27             | 89.997 | 68.550  |
| G23A0007 (47)  | 1.32                                         | 3.89             | 89.937 | 70.963 | 1.13                                         | 3.42             | 89.925 | 69.714  | 1.12                                         | 3.43             | 89.923 | 68.983  |
| G23-G001 (48)  | 1.82                                         | 5.08             | 89.940 | 74.267 | 1.51                                         | 4.27             | 89.918 | 73.302  | 1.54                                         | 4.37             | 89.915 | 73.396  |
| 53             | 1.42                                         | 4.07             | 89.977 | 77.553 | 1.18                                         | 3.43             | 89.992 | 80.716  | 1.18                                         | 3.39             | 89.988 | 80.585  |
| 55             | 1.97                                         | 5.26             | 89.937 | 74.801 | 1.72                                         | 4.52             | 89.932 | 75.421  | 1.74                                         | 4.58             | 89.933 | 75.954  |
| 56             | 2.38                                         | 6.23             | 89.922 | 82.980 | 2.06                                         | 5.37             | 89.900 | 85.060  | 2.10                                         | 5.48             | 89.904 | 85.495  |
| 57             | 2.27                                         | 5.88             | 89.948 | 78.032 | 1.99                                         | 5.07             | 89.941 | 77.322  | 2.04                                         | 5.20             | 89.943 | 77.543  |
| 58             | 2.12                                         | 6.09             | 89.983 | 84.356 | 1.78                                         | 5.21             | 89.992 | 85.864  | 1.82                                         | 5.32             | 89.995 | 86.230  |
| 66             | 1.84                                         | 5.12             | 90.037 | 85.400 | 1.67                                         | 4.69             | 90.061 | 86.346  | 1.67                                         | 4.69             | 90.062 | 85.774  |
| 67             | 1.66                                         | 4.48             | 89.938 | 73.179 | 1.50                                         | 4.01             | 89.941 | 72.643  | 1.50                                         | 4.03             | 89.943 | 72.577  |
| 70             | 1.33                                         | 3.99             | 90.016 | 75.296 | 1.14                                         | 3.53             | 90.039 | 75.001  | 1.12                                         | 3.53             | 90.042 | 73.722  |
| 71             | 1.46                                         | 4.04             | 89.952 | 73.721 | 1.27                                         | 3.53             | 89.957 | 72.782  | 1.26                                         | 3.53             | 89.959 | 72.450  |
| 72             | 1.64                                         | 4.71             | 89.933 | 76.428 | 1.38                                         | 4.03             | 89.921 | 75.673  | 1.41                                         | 4.12             | 89.918 | 75.644  |
| 77             | 1.20                                         | 3.65             | 89.972 | 69.785 | 1.02                                         | 3.19             | 89.975 | 67.912  | 1.00                                         | 3.19             | 89.976 | 66.371  |
| 78             | 1.78                                         | 5.06             | 89.959 | 72.823 | 1.52                                         | 4.40             | 89.951 | 71.530  | 1.54                                         | 4.50             | 89.948 | 71.803  |
| G24A0006 (83)  | 1.65                                         | 4.35             | 89.952 | 82.296 | 1.34                                         | 4.47             | 89.961 | 273.331 | 1.34                                         | 3.44             | 89.951 | 276.898 |
| G24-G001 (85)  | 1.49                                         | 4.26             | 89.931 | 73.051 | 1.01                                         | 3.01             | 89.938 | 70.851  | 1.00                                         | 2.95             | 89.937 | 73.380  |
| 90             | 2.01                                         | 5.65             | 89.927 | 73.926 | 1.29                                         | 3.80             | 89.932 | 74.927  | 1.30                                         | 3.86             | 89.937 | 76.906  |
| 91             | 1.53                                         | 4.08             | 89.927 | 75.308 | 1.17                                         | 3.04             | 89.932 | 78.154  | 1.15                                         | 2.95             | 89.923 | 84.073  |
| 95             | 1.52                                         | 4.14             | 89.933 | 76.857 | 1.01                                         | 2.74             | 89.943 | 82.972  | 1.00                                         | 2.69             | 89.938 | 87.978  |
| 98             | 1.81                                         | 4.98             | 89.901 | 78.245 | 1.17                                         | 3.28             | 89.970 | 81.241  | 1.17                                         | 3.26             | 89.965 | 82.613  |
| 99             | 1.57                                         | 4.43             | 89.916 | 75.087 | 1.05                                         | 3.04             | 89.903 | 76.061  | 1.05                                         | 3.00             | 89.896 | 77.934  |
|                | $\frac{\sum d_{\min}}{33} = 1.82 \text{ cm}$ |                  |        |        | $\frac{\sum d_{\min}}{33} = 1.40 \text{ cm}$ |                  |        |         | $\frac{\sum d_{\min}}{33} = 1.40 \text{ cm}$ |                  |        |         |



Şekil 2: Algılayabilirlik Analizleri



Şekil 3: KOCAELİ İZDOĞAP GPS Ağı Algılayabilirlik Haritası (Eş yükseklik eğrileri milimetrenin ondalık kısmını göstermektedir.)

- İkinci durumda ise; olası en küçük yer değiştirme büyüklükleri belli bir oranda küçülmüştür (Şekil 3, Tablo 1). Bu durum aynı zamanda, anlamlı olmaları durumunda, ek koşulların her zaman ağı kalitesini iyileştirebileceğini göstermektedir.
- İZDOGAP GPS Ağı'nın deformasyonları ayırt edebilme gücü, Kuzey Anadolu Fay Kuşağı (KAF) boyunca en iyi değerlerine ulaşabilmektedir.
- 1.2cm ile 1.8cm aralığında değişen bu değerlerin
  - » Ağı kendisinden beklenen yıllık hızları karşılayabilecek yeterlikte tasarlandığını,
  - » Ağda gerçekleştirilen GPS oturumlarından elde edilen gözlemler ile deneysel Varyans-Kovaryans bilgilerinin yeterli doğrulukta elde edildiklerini göstermektedir.

#### 4. Sonuç

- Ağı ayırma gücü ya da algılayabilirlik düzeyi anlamına gelen olası yer değiştirme miktarları, yaklaşık koordinatlar ve datum seçiminden bağımsız bir güvenilirlik ölçütüdür. Ancak genişletilmiş Helmert dönüşümü ile bu büyüklükler belli bir oranda küçülebilir.
- Bu durumda, ağı noktalarımızdan elde edilen ortalama algılayabilirlik düzeyi 1.82 cm olarak belirlenmiştir.
- Bu çalışmada bulunan kuramsal sınırlar ancak  $t = \sqrt{2} = 1.41'$  lik bir yıla denk düşen bir kestirim değerini temsil edebilmektedir.
- Kocaeli İZDOGAP GPS Ağı'nın kuramsal algılayabilirlik düzeyi, olası deformasyonları ve beklenen yıllık hızları yeterince ayırt edebilecek durumdadır.
- Ağı ayırma gücünün deneysel olarak belirlenebilmesi, bu ağı en az iki periyotta ölçülerek karşılaştırılmasıyla olanaklıdır.

#### Kaynaklar

- EVEN-TZUR G.: **Datum Definition and its Influence on the Sensitivity of Geodetic Monitoring Networks**, 12th FIG Symposium, (2006), 4-9.
- ESHAGH M.: **Scalar Risk Functions as Criteria for Datum Definition in Geodetic Networks**, Islamic Azad University, 3-7, İran, 2009.
- HSU R. ve HSIAO K.: **Pre-Computing The Sensitivity of a GPS Station for Crustal Deformation Monitoring**, Journal of the Chinese Institute of Engineers, 12-15, 2002.
- İZDOGAP 2009a: **İzgaz Doğal Gaz Alt Yapısının Ulusal Jeodezik Ağlar ve Arazi Bilgi Sistemi ile İzlenmesi Projesi (İZDOGAP)**, Teknik Rapor I, (Ed. Kurt, O., Konak, H.), 17-19, Kocaeli, 2009.
- KONAK H.: **Mühendislikte Genel Amaçlı Optimizasyon Stratejileri**, Yüksek Lisans Ders Notları, KOÜ Mühendislik Fakültesi, 6-12, Kocaeli, 2008.
- KÜREÇ P.: **Yüzey Ağlarının Değerlendirilmesi**, KOÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2010.
- PAPO H. B.: **Datum Accuracy and its Dependence on Network Geometry**, International Scientific And Technical Conference, 4-9, 1999.



## LiDAR ve Hava Fotoğrafları ile Otomatik Bina Çıkarımı

Melis UZAR<sup>1</sup>, Naci YASTIKLI<sup>2</sup>

### Özet

Kent yönetiminde, kontrol ve karar verme süreçlerinde yapılaşmanın izlenmesi ve mevcut durum tespiti ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle deprem kuşağında yer alan ülkemizde, kaçak yapılaşmanın önlenmesi ve yapı denetimi gibi hususlar binaların klasik ölçme yöntemleri ve fotogrametrik üretim süreçlerine gerek duyulmadan otomatik bina çıkarımının önemini artırmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalar, kentsel alanlarda insan yapımı objelerin özellikle binaların ve yolların otomatik çıkarımı üzerine yoğunlaşmıştır. Yapılan araştırmalar çoğunlukla klasik yöntemler ile elde edilen hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri kullanılarak yapılmıştır. Yeni ve aktif bir algılama sistemi olan LiDAR, yeryüzeyi ve üzerindeki objelere ilişkin binlerce nokta üretebilmekte ve otomatik bina çıkarımına yeni imkanlar sunmaktadır. Bu çalışmada, LiDAR ve sayısal hava fotoğrafları verileri ile otomatik bina çıkarımı olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla nesne-tabanlı sınıflandırma yöntemi ile farklı segmentasyon yöntemleri ve bulanık mantığa dayalı sınıflandırma yöntemleri kullanılmıştır. Bina çıkarımı sonuçlarını iyileştirmek amacıyla mevcut veriler kullanılarak Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), Hough dönüşümü ve Eğim analizi yöntemleri ile görüntüler MATLAB 7.0 programlama dili kullanılarak hazırlanan uygulama yazılımları ile üretilmiştir. Otomatik bina çıkarımı, Definiens e-Cognition Developer 8.64 ortamında kural setleri ile gerçekleştirilmiştir. Önerilen yaklaşım ile otomatik olarak çıkarılan binalar referans verilerle karşılaştırılarak doğruluk analizleri yapılmıştır.

### Anahtar Sözcükler

LiDAR, Segmentasyon, Hough, Bulanık-mantık, Sınıflandırma

### Abstract

#### Automatic Building Extraction with LiDAR and Aerial Photographs

The monitoring of the construction activities and current situation needs increasing day by day for urban management in control and decision-making process. The automatic extraction of the building is become more important in our country which is on the earthquake zone, for prevention of illegal construction and building inspection issues without the need for traditional measurement methods and photogrammetric production processes. The recent research activities are focused on the automatic extraction of man-made objects, especially buildings and roads. These research studies have been made using the aerial photographs and satellite images which is acquired by classical method. The new and active sensor system LiDAR, can produce thousands of points belonging to earth surface and serve new possibilities for building extraction. In this study, the automatic building extraction possibilities were investigated

with LiDAR data and digital aerial photographs. For this purpose, different segmentation and fuzzy-logic classification methods have been used based on the object-based classification method. The images are produced using NDVI, Hough transform and slope analysis methods to improve extraction results using MATLAB 7.0. The automatic building extraction is performed by the rule set which were developed under Definiens e-Cognition Developer 8.64 program. The accuracy assessment of automatic extracted buildings with suggested approach has been performed by comparing the extracted buildings with the reference data.

### Key Words

LiDAR, Segmentation, Hough, Fuzzy-logic, Classification

### 1. Giriş

Kentlerin, sağlıklı ve sürdürülebilir bir şekilde gelişmesi insan yaşamında önemli bir etkidir. Bu sebeple, yaşam kalitesinin artırılması ve daha iyi bir kent yönetimi için güncel mekansal veriye ihtiyaç vardır. Özellikle insan yapımı objelere ait bilgilerin, hızlı ve doğru bir şekilde elde edilmesi kent planlama ve kentin gelişimine ilişkin kritik kararların verilmesinde önemli rol oynamaktadır. Kentsel alanlardaki bina, yol ve yeşil alan gibi objelerin otomatik çıkarımı çeşitli altyapı projelerinin planlanması, nüfus hareketliliğinin incelenmesi, kaçak yapılaşmanın izlenmesi ve önlenmesi için oldukça önemlidir. Özellikle deprem kuşağında yer alan ülkemizde deprem sonrası acil afet planlaması, kurtarma çalışmalarının yönlendirilmesi için binaların sürekli izlenmesi kritik bir öneme sahiptir.

Bina, yol, yeşil alan vb. objelerin otomatik çıkarımı, fotogrametri ve bilgisayar görüntüleme çalışma gruplarının önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir. Otomatik obje çıkarımındaki geleneksel yaklaşım, hava fotoğrafları kullanılarak piksel tabanlı görüntü işleme ve sınıflandırma yöntemleri ile obje çıkarımıdır. Bu klasik yaklaşımda, karşılaşılan temel sorun, çıkarılması hedeflenen obje ile diğer sınıfların karışmasıdır. Buna ek olarak hava fotoğraflarının görsel niteliği, gölge ve kontrast özellikleri obje çıkarımının kalitesini doğrudan etkilemektedir. Son yıllarda sadece hava fotoğraflarını kullanarak obje çıkarımı (AMERI 2000) yerine, çok bantlı görüntüler (HAALA ve BRENNER 1999), LiDAR algılama sistemi ile elde edilen nokta bulutu (SITHOLE 2005) ve özellikle bu verilerin birlikte kullanımı (ROTTENSTEINER vd. 2007, PENG vd. 2005, ELBERINK 2010) ile otomatik obje çıkarımı üzerine araştırmalar yapılmıştır.

Bu çalışmada, tek bir algılama sisteminden elde edilen veriler yerine hava fotoğrafları, LiDAR ile elde edilen nokta bulutu ve GPS/IMU ile elde edilen dış yöneltme elemanları

<sup>1</sup> Arş. Gör., <sup>2</sup> Doç. Dr. Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Esenler/İstanbul

kullanılarak otomatik bina çıkarımı hedeflenmiştir. Bu amaçla piksel tabanlı görüntü işleme ve sınıflandırma yöntemleri yerine nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan yöntem ve teknik yaklaşımın detayları bir sonraki bölümde açıklanmıştır. Uygulama bölümünde ise, bütünlük sistem ile elde edilen veri setinin özellikleri, uygulanan nesne tabanlı sınıflandırma yönteminin detayları verilmiştir. Ayrıca elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve analizler yapılmıştır. Bu sonuçlar ışığında farklı algılama sistemlerinin bütünlük kullanımının sağladığı olanaklar sonuç ve öneriler kısmında irdelenmiştir.

## 2. Yöntem

Objeye çıkarımının amacı nokta, kenar ve bölgelerin anlamlı bir şekilde organize edilmesi, gruplandırılması ve uygun formda temsil edilmesidir (VOSSelman vd. 2004). Geleneksel yaklaşım olan piksel tabanlı görüntü analiz yönteminde, sadece pikselin spektral değeri kullanılır. Ancak bu yaklaşımın başarısı benzer spektral bilgilere sahip objelerde sınırlıdır (YAN 2003). Bu durum sınıflandırma işleminin doğruluğunu olumsuz etkiler. Kentsel alanlardaki bina, yol ve yeşil alan gibi objelerin çıkarımı oldukça karmaşık bir sınıflandırma problemidir. Bu problemin çözümünün geleneksel piksel tabanlı sınıflandırma yöntemi ile yapılması mümkün değildir ve bu nedenle nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi tercih edilir.

Nesne tabanlı analiz yönteminde spektral bilgiler ve objeye ilişkin doku, şekil ve komşuluk ilişkisi gibi parametreler birlikte kullanılır. Sonuç olarak elde edilen doğruluk, piksel tabanlı yöntemlere göre daha yüksektir (NAVULUR 2007). Bu analiz yöntemi segmentasyon ve sınıflandırma olarak iki aşamadan oluşmaktadır. Segmentasyon aşamasında, görüntü homojen obje kümelerine; ölçek, bütünlük, şekil, eğim vb. özellikleriyle ayrılır. Bu özellikler ile amaca uygun belirlenen aralık değerleri ve ağırlık parametreleri kullanılarak farklı seviyelerde segmentler üretilir (DASH vd. 2004). Oluşturulan segmentler anlamlı bölgeleri ifade eder ve birbirleri ile ilişkisi yoktur. Seçilen örnek bir piksele ilişkin parametre değeri, diğer tüm yönlerdeki pikseller ile karşılaştırılarak benzer özellikteki pikseller aynı bölge içine alınır. Segmentlerin, objeleri doğru temsil etmesi için çoklu çözünürlüklü, kontrast ayırma, satranç tahtası vb. segmentasyon yöntemleri kullanılır. Bu segmentler ölçek parametresi, şekil, bütünlük, parlaklık, kontrast farkı ve istatistik parametre değerlerine göre oluşturulur (NAVULUR 2007). Segmentasyon yöntemleri ayrıca LiDAR ile elde edilen nokta bulutu (SITHOLE2005) ve çok bantlı spektral görüntüler (ROTTENSTEINER vd. 2005a) kullanılarak da uygulanabilir.

Nesne tabanlı analiz yönteminin sınıflandırma aşamasında, objeleri temsil eden segmentler; komşuluk ilişkisi, morfolojik ilişkiler, alan, yükseklik değeri, mesafe, geometrik şekil, standart sapma, yoğunluk vb. değerleri kullanılarak analiz edilir ve hedef sınıflara atanır. Bu değerler, bina (DEMİR vd. 2009), yeşil alan (HAALA ve BRENNER 1999) ve yol (ELBERINK 2010) sınıfının çıkarılmasında kullanılır. Spektral değerleri birbirine çok yakın olan objelerin sınıflandırılmasında bulanık mantık yöntemi kullanılır (ROTTENSTEINER ve CLODE 2009).

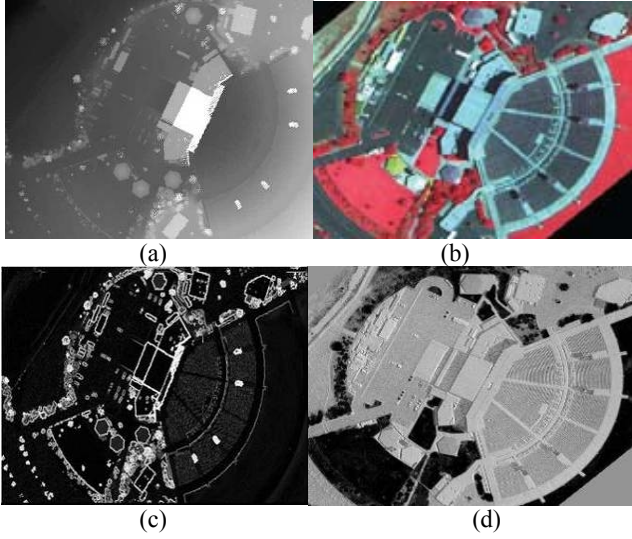
Bina çıkarımında en çok karşılaşılan sorun bina sınıfının, diğer sınıflar ile karışmasıdır. Bu sorunun çözümü için farklı yaklaşım ve yöntemler izlenmektedir. Bu yöntemlere örnek olarak görüntü üzerinde uygulanan Hough dönüşümü (HOUGH 1962), Ransac algoritması (TARSHA-KURDI vd. 2007) Eğim analizi yöntemi (ZEVENBERGEN ve THORNE 1987), Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi (NDVI) yöntemi (ROTTENSTEINER vd. 2007), Dempster Shafer metodu (ROTTENSTEINER ve CLODE 2009), Snake metodu (KABOLIZADE vd. 2010, PENG vd. 2005), Douglas Peucker algoritması (ZHANG vd. 2009) vb. yöntemler verilebilir. Bu yöntemlere ek olarak, kontrolsüz sınıflandırma yöntemlerinden ISO DATA (RICHARDS 1999, HAALA ve BRENNER 1999) ve K means algoritması gibi farklı sınıflandırma yöntemleri de bina çıkarımında tercih edilir. Bu alternatif yöntemlerden biri veya birkaçı birlikte kullanılarak nesne tabanlı analiz yönteminde kurallar geliştirilerek sınıflar oluşturulur. Daha öncede ifade edildiği gibi otomatik bina çıkarımında çok sık karşılaşılan sorun sınıfların birbirine karışmasıdır. Bina sınıfı ile yeşil alan sınıfı ayırımında NDVI yöntemi tercih edilir. Bu yöntem ile yakın kızılötesi bant ile kırmızı bant farkının yakın kızılötesi bant ile kırmızı bant toplamına oranı ile yeni bir görüntü elde edilir. Bitki örtüsünün kızılötesi bantta yüksek, görünür kırmızı bantta düşük yansıma değeri kullanılarak yeşil alan ve bina sınıfı birbirinden ayrılır. Karışan sınıfların birbirinden ayrılmasında diğer bir yöntem sayısal yüzey modeli kullanılarak eğim görüntüsünün oluşturulmasıdır (ZEVENBERGEN ve THORNE 1987, ROTTENSTEINER vd. 2005b).

## 3. LiDAR ve Hava Fotoğrafları ile Bina Çıkarımı

Bu çalışmada otomatik bina çıkarımı, aynı platform üzerine yerleştirilen çoklu algılama sistem verileri olan LiDAR ve hava fotoğrafları ile nesne tabanlı görüntü analiz yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Segmentasyon ve sınıflandırma adımları sonrasında elde edilen bina sınıfı referans veri ile karşılaştırılarak doğruluk analizi yapılmış, izlenen yaklaşımın doğruluğu test edilmiştir. Otomatik bina çıkarımına ilişkin çalışma alanı ve veriler, izlenen yaklaşım ve elde edilen doğruluk ilerleyen bölümlerde ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

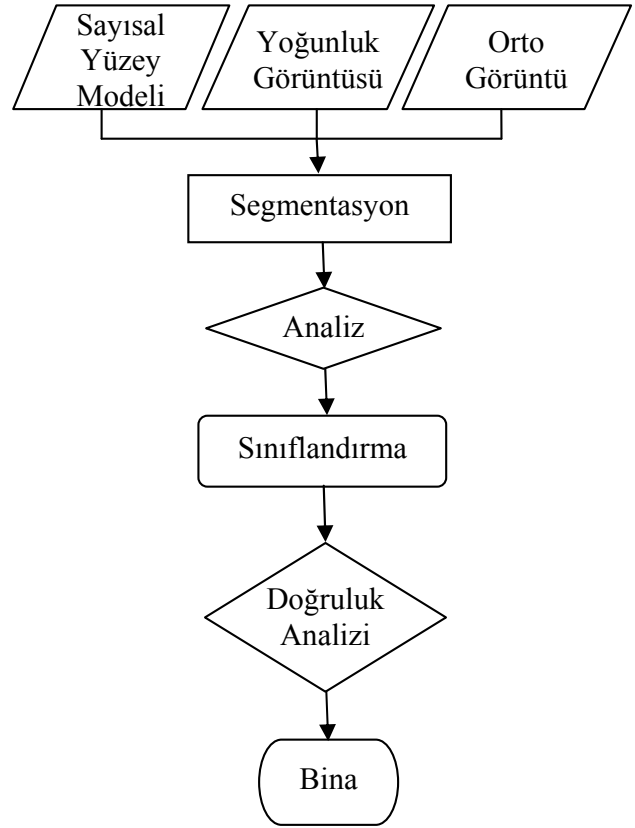
Bu çalışmanın uygulama aşamasında, Amerika Birleşik Devletleri Güney Kaliforniya Eyaleti'nde bulunan San Andreas ve San Jacinto Fay hatlarının LiDAR algılama sistemi ile izlenmesi amaçlı, "B4" isimli proje verileri kullanılmıştır. National Science Foundation (NSF) sponsorluğunda, Ohio State Üniversitesi (OSU) ve U.S. Geological Surveys (USGS) ortak çalışması ile gerçekleştirilen bu projede, LiDAR nokta bulutu, sayısal hava kamerası ile elde edilen yapay renkli görüntüler (CIR) ve kamera ile ilişkin dış yöneltme elemanları üretilmiştir (CSANYI ve TOTH 2007). Çalışma alanına ilişkin LiDAR verileri kullanılarak 0.2m çözünürlüğe sahip sayısal yüzey modeli üretilmiştir (Şekil 1a). Üretilen sayısal yüzey modeli, yapay renkli görüntüler ve dış yöneltme elemanları kullanılarak 0.2 m yer örnekleme aralığına sahip ortogörüntüler üretilmiştir (Şekil 1b). Karışan sınıfların birbirinden ayrılması için sayısal yüzey modeli kullanılarak

eğim analiz yöntemi ile eğim görüntüsü ve ortogörüntüler kullanılarak NDVI görüntüsü MATLAB programlama dilinde hazırlanan uygulama programları kullanılarak üretilmiştir (Şekil 1c ve 1d).



Şekil 1: Sayısal yüzey modeli (a), orto-görüntü (b) eğim görüntüsü (c) ve NDVI görüntüsü (d)

LiDAR nokta bulutu, sayısal hava kamerası ile elde edilen yapay renkli görüntüler (CIR) ve kameraya ilişkin dış yöneltme elemanları kullanılarak otomatik bina çıkarımına ilişkin işlem adımları Şekil 2’de verilmiştir. Otomatik bina çıkarımı için nesne tabanlı görüntü analizi ve kural tabanlı sınıflandırma yöntemi ile Definiens e-cognition Developer 8.64 yazılımı kullanılarak kurallar oluşturulmuştur. Segmentasyon ve sınıflandırma aşamalarında farklı yaklaşımlar kullanılarak bina, yeşil alan, zemin, diğer vb. sınıflar üretilmiştir. Yeşil alan sınıfı için, NDVI görüntüsündeki yeşil alan ve bitki örtüsünü temsil eden minimum ve maksimum endeks aralıkları belirlenerek, bulanık mantık yöntemiyle yeşil alan sınıfı oluşturulmuştur ve iyileştirme için morfolojik filtreler kullanılmıştır. Çıplak yeryüzünü temsil eden zemin sınıfı, sayısal yüzey modeli ve istatistiksel hesaplamalar sonucu oluşturulmuştur. Bina sınıfı, sayısal yüzey modeli ile zemin sınıfı farkı alınarak oluşturulmuştur. Bina sınıfı, yoğunluk görüntüsü ve eğim görüntüsüne uygulanan kontrast ayırma segmentasyon yöntemi ve yapay renkli görüntüye uygulanan çoklu çözünürlüklü segmentasyon yöntemi ile iyileştirilmiştir. Bina sınıfının oluşturulması için geliştirilen kural seti Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 2: Otomatik bina çıkarımı işlem adımları

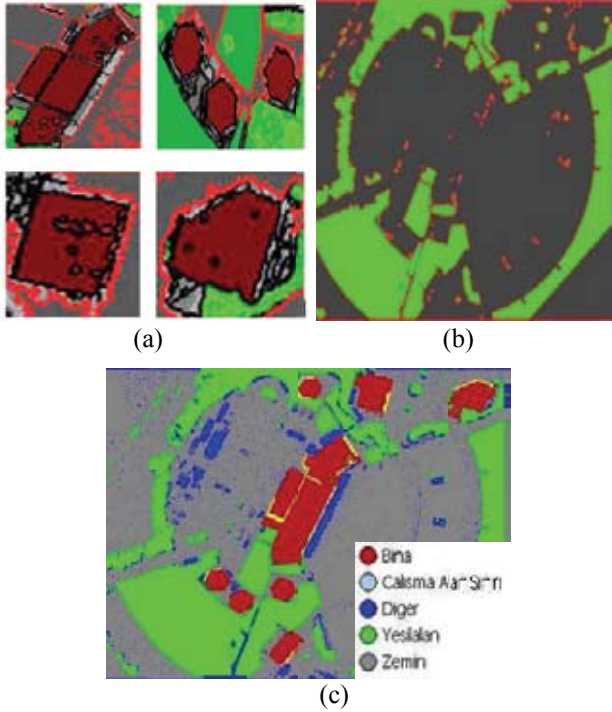
Tablo 1: Bina sınıfı kural seti

| Yöntem                          | Kural Seti                                                                                                            |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kontrast ayırma segmentasyonu   | Minimum eşik değeri = 120<br>Maksimum eşik değeri= 200<br>Adım sayısı=25<br>Görüntü katmanı = Eğim Görüntüsü          |
| Kontrast ayırma segmentasyonu   | Görüntü katmanı = Yoğunluk Görüntüsü                                                                                  |
| İstatistiksel değer hesaplaması | Sıklık derecesi= [10](Mean SYM)<br>Değer="sıklık derecesi _ zemin"<br>Katman="Mean SYM"                               |
| Bina sınıfı                     | Eşik değeri =MeanDiff Mean SYM<br>_Zemin>= 1                                                                          |
| Alan parametresi                | Eşik değeri =Alan <= 95 m2                                                                                            |
| Çoklu çözünürlüklü segmentasyon | Bant ağırlıkları: Layer 3=1, Layer 4=1<br>Layer 5=1, Layer 6=1<br>Ölçek parametresi= 25, Şekil= 0.4,<br>Bütünlük= 0.5 |
| Bina sınıfı                     | Eşik değeri = Mean yoğunluk                                                                                           |
| Bina sınıfı                     | Görüntü katmanı =Hough Görüntüsü                                                                                      |

Otomatik bina çıkarımı için Şekil 2’de verilen işlem adımları gerçekleştirilerek, herbir sınıf için geliştirilen yaklaşım ve kural setleri ile yapılan sınıflandırma sonucunda, bina sınıfı

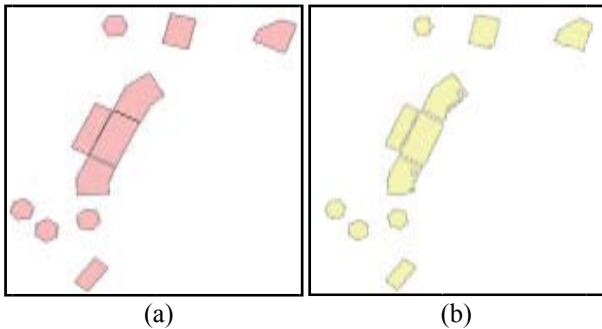


ile birlikte yeşil alan, zemin vb. hedef sınıflar oluşturulmuştur (Şekil 3a, 3b ve 3c). Çalışma alanındaki insan yapımı olan ve bina olmayan objeler örneğin taşınabilir konteyner ve ufak alana sahip güvenlik kulüpleri bina sınıfına dahil edilmemiş diğer isimli sınıfa atanmıştır.



Şekil 3: Sınıflandırma aşaması sonrası oluşan bina sınıfı (a), yeşil alan sınıfı (b) ve diğer sınıflar (c)

Nesne tabanlı sınıflandırma işlemi sonrasında oluşturulan sınıfların doğruluk analizi, kural seti geliştirmek için kullanılan yazılımının içerdiği doğruluk analizi yöntemlerinden “Error Matrix based on TTA Mask” yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir sınıf için seçilen örnek segmentler ile görüntüdeki sınıflandırılmış segmentlerin uyumu test edilmiş ve %94 genel doğruluk seviyesine ulaşılmıştır. Otomatik olarak çıkarılan binaların alansal özelliklerinin de karşılaştırılması için ortogörüntü üzerinden çalışma alanındaki binalar sayısallaştırılarak referans veri oluşturulmuştur (Şekil.4). Referans verideki binalar ile otomatik olarak sınıflandırma sonucu elde edilen binaların alanları karşılaştırılmış ve sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir. Bu yöntemle ilk yöntemden daha yüksek %96 genel doğruluk değeri elde edilmiştir.



Şekil 4: Bina sınıfı için oluşturulan referans veri (a) ve otomatik çıkarılan bina sınıfı (b)

Tablo 2: Bina sınıfı için doğruluk analizi

| Bina No | Referans (m <sup>2</sup> ) | Sınıflandırma (m <sup>2</sup> ) | Doğruluk (%) |
|---------|----------------------------|---------------------------------|--------------|
| 1       | 140.42                     | 152.74                          | 91.9         |
| 2       | 302.77                     | 306.32                          | 98.8         |
| 3       | 323.74                     | 328.22                          | 98.6         |
| 4       | 519.83                     | 515.99                          | 99.3         |
| 5       | 551.58                     | 556.35                          | 99.1         |
| 6       | 352.39                     | 339.51                          | 96.3         |
| 7       | 406.27                     | 339.19                          | 83.5         |
| 8       | 137.07                     | 147.40                          | 93.0         |
| 9       | 197.08                     | 198.30                          | 99.4         |
| 10      | 140.75                     | 138.05                          | 98.1         |
| 11      | 136.98                     | 131.48                          | 96.0         |

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, otomatik bina çıkarımı LiDAR, sayısal kamera ve GPS/IMU’ dan oluşan algılama sistemleri ile toplanan veriler kullanılarak nesne-tabanlı görüntü analiz yöntemi ile segmentasyon ve bulanık mantığa dayalı sınıflandırma yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Otomatik bina çıkarımının doğruluğunun artırılması amacıyla bina sınıfı ile diğer sınıfların birbirinden ayrılması için Hough, eğim ve NDVI görüntüsü üretilmiştir. Çalışma alanı özellikleri dikkate alınarak belirlenen parametrelerle yapılan analizler sonucu bina sınıfına ek olarak yeşil alan, zemin vb. sınıflar için kural setleri geliştirilmiş ve bu sınıflarda çıkarılmıştır. Nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile otomatik bina çıkarımına ilişkin doğruluk analiz iki farklı yöntemle gerçekleştirilmiş ulaşılacak genel doğruluk %94 ve %96 olarak belirlenmiştir. Geliştirilen yaklaşım ve kural setleri oldukça küçük bir alanı kapsamakla birlikte geniş alanlar için revize edilebilecek şekilde tasarlanmıştır.

Ülkemizde özellikle büyük kentlerdeki planlama ve kentin gelişimine ilişkin kritik kararların verilmesi, kentin gelişim akslarının belirlenmesi, kaçak yapılaşmanın izlenmesi ve önlenmesi, ormanların korunması için güncel mekansal verilere ihtiyaç vardır. Kentsel alanlardaki bina, yol, yeşil alan vb. objeler kent yönetimine ilişkin kararlardan doğrudan etkilenen yada kritik kararları doğrudan etkileme potansiyeline sahip mekansal verilerdir. Bu verilerin otomatik olarak çıkarılması kent yönetimi yanında başta İstanbul olmak üzere deprem kuşağında yer alan birçok kent için mevcut bina sayılarının belirlenmesi, depreme ilişkin acil afet planlaması, kurtarma çalışmalarının yönlendirilmesi için kritik bir öneme sahiptir. Bu çalışmada geliştirilen yaklaşım ve kural setleri büyük kentler için revize edilebilir ve birçok uygulamada kullanılabilir.

#### Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan veri setini sağladıkları için Ohio State Üniversitesine teşekkür ederiz.



## Kaynaklar

- AMERI B.: **Automatic Recognition and 3D Reconstruction of Buildings from Digital Imagery**, PhD Thesis, German Geodetic Commission 526, Institute of Photogrammetry, Stuttgart University, 2000.
- CSANYI N., TOTH C.: **Improvement of LiDAR Data Accuracy Using LiDAR Specific Ground Targets**, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 73, No. 4, s.385-396, 2007.
- DASH J, STEINLE E, SINGH R. P., BÄHR H. P.: **Automatic Building Extraction from Laser Scanning Data: An Input Tool For Disaster Management**. Advances in Space Research, 33, 2004
- DEMİR N., POLI D., BALTSAVIAS E.: **Detection of Buildings at Airport Sites Using Images & Lidar Data and a Combination of Various Methods**, IAPRS, Vol. 38, Part 3/ W4, s.71-77, Paris, France, 2009
- ELBERINK O.: **Acquisition of 3D Topography: Automated 3D Road and Building Reconstruction Using Airborne Laser Scanner Data and Topographic Maps**, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands, PhD Thesis, 2010.
- HAALA N., BRENNER C.: **Extraction of Buildings and Trees in Urban Environments**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 54, s. 130-137, 1999.
- HOUGH P.: **Methods and Means for Recognizing Complex Patterns**. U.S. Patent 3,069,654, 1962.
- KABOLIZADE M., EBADI H., AHMADI S.: **An Improved Snake Model for Automatic Extraction of Buildings from Urban Aerial Images and Lidar Data**. Computers, Environment and Urban Systems, 2010.
- NAVULUR K.: **Multispectral Image Analysis Using the Object-Oriented Paradigm**, CRC Press, Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton, FL 33487-2742, 2007.
- PENG J., ZHANG D., LIU Y.: **An Improved Snake Model For Building Detection from Urban Aerial Images**. Pattern Recognition Letters, 26, s. 587-595, 2005.
- RICHARDS J.A.: **Remote Sensing and Digital Image Analysis**. Springer-Verlag, Berlin, 1993
- ROTTENSTEINER F., CLODE S.: **Building and Road Extraction by LiDAR and Imagery**. Topographic Laser Ranging and Scanning Principles and processing. Taylor & Francis Group, ISBN 978-1-4200-5142-1, s. 445-478, 2009.
- ROTTENSTEINER F., TRINDER J., CLODE S., KUBIK K.: **Building Detection by Fusion of Airborne Laser Scanner Data and Multi Spectral Images: Performance Evaluation and Sensitivity Analysis**, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 62, s. 135-149, 2007.
- ROTTENSTEINER F., TRINDER J., CLODE S., KUBIK K.: **Using The Dempster-Shafer Method For The Fusion Of LIDAR Data And Multi-Spectral Images For Building Detection**, Information Fusion 6, s. 283-300, 2005a.
- ROTTENSTEINER F., SUMMER G., TRINDER J., CLODE S., KUBIK K.: **Evaluation of a Method For Fusing LIDAR Data And Multispectral Images For Building Detection**, IAPRS 36 (Part 3/W24), s.1520, 2005b.
- SITHOLE G.: **Segmentation and Classification of Airborne Laser Scanner Data**. Ph.D. Thesis. University of Delft. The Netherlands. Publications on Geodesy, 59, 2005.
- TARSHA-KURDI F., LANDEST T., GRUSSENMEYER, P.: **Hough Transform and Extended RANSAC Algorithms For Automatic Detection Of 3D Building Roof Planes From Lidar Data**. IAPRS, Vol. 36, Part 3/ W52. s.407-412, 2007.
- VOSSELMAN G., SESTER M., MAYER H.: **Basic Computer Vision Techniques**. Manual Of Photogrammetry. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS), Fifth edition. s. 455-504, 2004.
- YAN G.: **Pixel Based and Object Oriented Image Analysis for Coal Fire Research**. Master Thesis. ITC The Netherlands, 2003.
- ZEVENBERGEN L., THORNE C.: **Quantitative Analysis of Land Surface Topography**, Earth Surface Processes and Landforms 12, s. 47-56, 1987.
- ZHANG K., YAN J., CHEN S.: **A Framework for Automated Construction of Building Models from Airborne LiDAR Measurements**. Topographic Laser Ranging and Scanning Principles and processing. Taylor & Francis Group, ISBN 978-1-4200-5142-1, s. 511-534, 2009.

## Ulaşım Ağları Veri Altyapısı

Murat GÜNERİ<sup>1</sup>, Fatmagül BATUK<sup>2</sup>

### Özet

Gün geçtikçe daha kapsamlı ve daha karışık hale gelen ulaşım sistemlerinin gerek kontrol altında tutulabilmesi, gerek planlanması, gerekse kullanıcıları tarafından verimli şekilde kullanılabilmesi için coğrafi bilgi sistemleri yönteminin kullanılması kaçınılmaz hale gelmektedir. Ulaşım sistemlerinin coğrafi bilgi sistemi konusu olmaya başladığı noktada ise devreye ağ kavramı girmektedir. Bu çalışmada ulaşım sistemlerinin CBS ortamına aktarılması ve bu sistemlerin bir ağ yapısı içerisinde irdelenmesi üzerinde durulmuş, farklı ulaşım ağlarının birbirlerine bağlanması için gerekli yöntem irdelenmiş ve buna yönelik örnek bir uygulama yapılmıştır.

### Anahtar Sözcükler

Ağ analizi, Coğrafi Bilgi Sistemi, Veri yapısı, Veri tabanları, Ulaşım

### Abstract

#### Transportation Network Data Infrastructure

Keeping under control the transportation systems, which become increasingly comprehensive and more complex day after day, both in planning and ensuring effectiveness, using geographical information systems are becoming inevitable. Networks engage when transportation systems are becoming an issue of GIS. In this study; integration of transportation networks to GIS and scrutinizing these in a network structure, connection of different types of transportation systems and a sample application are applied.

### Key Words

Network analysis, Geographical Information System, Data structure, Database, Transportation

### 1. Giriş

Gelişmiş veya gelişmekte olan kentlerde, artan nüfusa bağlı olarak, özellikle ulaşım ağının karmaşık hale gelmesi, bu ağın yönetilmesi ve planlanması açısından büyük zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Farklı kent ulaşım ağlarının birbirleri ile ilişkilerinin kurulması, gerek yerel yönetimler, gerekse kullanıcılar açısından kullanım kolaylığı getirmektedir. Örneğin yerel yönetimlerce yapılacak olan ulaşım planlamasında farklı ulaşım türlerinin birbirleri ile bağlantılarının analiz edilmesi ile birçok ulaşım planlaması uygulamasının kolayca yapılacağı açıktır. Ayrıca yerel kullanıcılar karmaşık halde bulunan ulaşım sistemlerinin analiz edilmesi ile ağ

analiz sonucuna göre kolaylıkla ulaşım planlaması yapılacaktır. Özellikle İstanbul gibi karmaşık ulaşım ağına sahip kentlerde, bu ağın yönetilmesi ancak ulaşım ağlarının birbiri ile entegrasyonu ile mümkün olabilmektedir.

Farklı ulaşım ağı sistemlerinin entegrasyonunun yapılabilmesi, bu ağın yönetilmesi, birbiri ile ilişkilerinin belirlenebilmesi amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kullanılması, özellikle kurulum aşamasında birçok kolaylığı beraberinde getirmektedir. Özellikle karmaşık ağ yapılarının birbiri ile entegre edilmesi, her bir ulaşım ağının ayrı ayrı değerlendirilmesini gerektirdiğinden, CBS yönteminin kullanılması, sonucun daha doğru ve hızlı olmasını sağlayacaktır. Bütün bunlara ek olarak, özellikle ulaşım ağlarının kendi içlerinde yönetilmesi, düzenlenmesi, yeni ağların eklenmesi işlemlerinin özellikle yeni geliştirilen yazılımlarla daha hızlı ve doğru yapılabileceği açıktır. Ayrıca farklı ulaşım ağlarının birbirleri ile bağlantılarının belirlenmesi, bunların bağlantı türlerinin CBS yöntemi ile ortaya konması, klasik yöntemlere göre daha hızlı ve doğru olacaktır.

Bu çalışmada, taşıt yolları, raylı sistemler ve deniz hatlarına ait ulaşım ağının kendi içerisinde analize hazır hale getirilmesi için gerekli işlemler çıkartılarak belirli bir sistematik elde edilmiştir. Bu sistematik bu üç ulaşım ağı için ayrı ayrı yapılarak belirli bir düzenleme sistemi oluşturulmuştur. Ardından her bir ulaşım ağının birbiri ile entegrasyonu için gerekli işlemler belirlenerek, bu işlem neticesinde meydana gelebilecek hata türleri tespit edilmiş, bunlar için çözüm önerileri oluşturulmuştur.

#### 1.1. Ağ Kavramı ile İlgili Genel Bilgiler

CBS bakış açısı ile ağ, nesneler arasındaki ilişkiyi, bağlantı özelliklerini kullanarak belirleyen bir matematiksel grafik tipidir. Ağlar, temel olarak düğüm ve bağlantılardan oluşur.

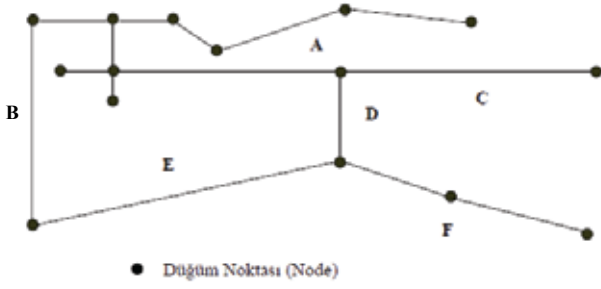
Kara yolları, tren yolları, nehirler, boru hatları, telefon ve elektrik hatları gibi birbirlerine çizgi özelliklerle bağlı sistemler ya da yapılar ağ olarak adlandırılır. Ağ yapıları üzerinden bir noktadan diğer bir noktaya erişebilme özelliği vardır (ESRI, 1996).

Bir ağ çeşitli yollarla aralarında bağ kurulmuş hat parçalarından (bağlantı) oluşur. Her hat parçası koordinatları bilinen başlangıç ve bitiş noktaları ile tanımlıdır. Bir parça başlangıç ve bitiş noktaları arasında koordinatları bilinen ara noktaları da içerebilir. Düğüm noktaları ile tanımlanan topolojik ilişkiler bir ağın bağlantılılığını belirlemektedir.

Şekil 1'de bir sokak ağı yapısına benzeyen tipik bir ağ yapısı örneği görülmektedir. Şekildeki noktalar düğüm noktalarını temsil etmektedir.

<sup>1</sup> İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Coğrafi Bilgi Sistemi Müdürlüğü, Merter, İstanbul

<sup>2</sup> YTÜ, Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Müh.Bölümü, Esenler, İstanbul



Şekil 1: Ağ yapısı Örneği (ERDEN vd., 2003).

Bir hat parçası iki düğüm noktası ile tanımlanabilir. Örneğin B,C,D,E parçaları ara noktalara sahip değil iken diğer parçalar bir veya daha fazla ara noktaya sahiptir. Her iki durumda da her parça başlangıç ve bitişte iki düğüm noktasına sahiptir. Şekil 1’den de görüldüğü gibi her parçanın son noktası ile parçaların kesişim noktası bir düğüm noktası olmalıdır. Diğer bir deyişle bir düzlemsel çizgede (graph) kesişen iki hat parçasında, kesişim noktasında, bir düğüm noktası olması zorunluluğu vardır (ERDEN vd., 2003).

## 1.2. Toplu Taşıma Ağları

Toplu taşıma ağlarında, istasyonlar, istasyon girişleri düğümleri, bunların birbirleri arasındaki yollar da bağlantıları oluşturmaktadır (Şekil 2). Toplu taşıma ağlarındaki önemli işlemlerden birkaçı; bir istasyondan ulaşılabilir diğer istasyonların bulunması, iki istasyon arasındaki durak sayısının bulunması ve iki istasyon arasındaki seyahat süresinin hesaplanmasıdır. Bu çalışmada üzerinde durulacak ve uygulanması yapılacak iki ağ çeşidinden biri toplu taşıma ağıdır.



Şekil 2: Toplu taşıma ağı örneği

## 2. Örnek Uygulama

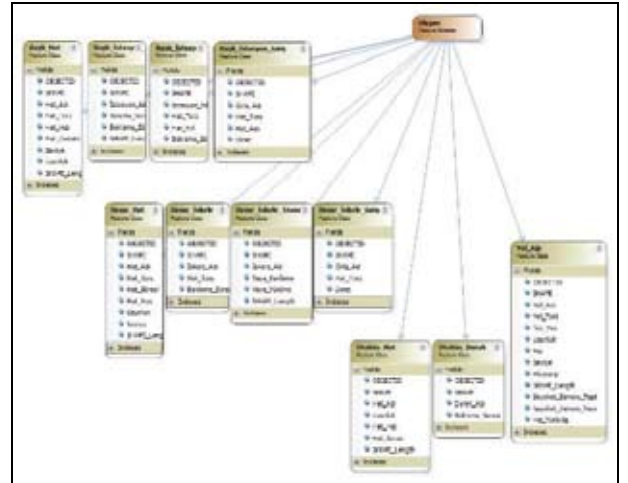
Bu çalışmada, İstanbul ili, Beyoğlu ilçesinde seçilen, birden fazla toplu taşıma sistemi içeren bir bölgede, ağ analizi uygulaması yapılmıştır. Seçilen bölgenin, çok modlu (multimodal) ağ kurulumunun pek çok özelliğini bir arada barındırmasına özen gösterilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3: Çalışma alanı

### 2.1. Veritabanının Oluşturulması

Çalışmada ArcGIS 9.3.1. kullanılmıştır. Koordinat sistemi olarak, verilerin bir kısmının sağlandığı İstanbul Büyükşehir Belediyesi Coğrafi Bilgi Sistemi Müdürlüğü’nün kullandığı ED1950 UTM Zone 35N kullanılmıştır. Tasarlanan katmanlar Şekil 4’de gösterilmiştir.



Şekil 4: Katman yapısı

### 2.2. Topoloji Kurulması

Veritabanının, veri setinin ve katmanların oluşturulmasının ardından, bağlantıların düzgün bir şekilde çalışabilmesi için katmanlar içinde ve katmanlar arasında topoloji kurulur. Topoloji kurarken kullanılacak kuralların seçimi, topolojinin işlevini yerine getirmesi bakımından oldukça önemlidir. Bu çalışmada kullanılan kurallar şunlardır;

- Yol Ağı çizgileri kendileriyle kesişmemeli.
- Raylı İstasyon noktaları Raylı Hat çizgilerinin ucunda bulunmalı.
- Raylı İstasyon Giriş noktaları Raylı İstasyon Transfer çizgilerinin ucunda bulunmalı.
- Raylı İstasyon Giriş noktaları Yol Ağı çizgilerinin ucunda bulunmalı.
- Raylı Hat çizgileri kendileriyle kesişmemeli.
- Raylı İstasyon Transfer çizgileri kendileriyle kesişmemeli.

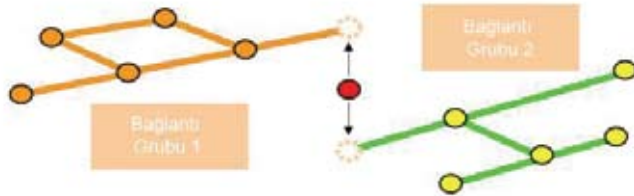
- Deniz İskele noktaları Deniz İskele Transfer çizgilerinin ucunda olmalı.
- Deniz İskele noktaları Deniz Hat çizgilerinin uç noktasında olmalı.
- Deniz İskele Giriş noktaları Yol Ağı çizgilerinin ucunda olmalı.
- Deniz İskele Transfer çizgileri kendileriyle kesişmemeli.
- Deniz Hat çizgileri kendileriyle kesişmemeli.
- Otobüs Durak noktaları Yol Ağı çizgilerinin üzerinde olmalı
- Otobüs Durak noktaları Otobüs Hat çizgilerinin ucunda olmalı

### 2.3. Ağ Kurulumu

Ağ kurulumu kavramından kasıt, ağı oluşturan katmanlar kullanılarak, üzerinde analizlerin yapılabileceği, düğüm ve bağlantı tablolarından oluşan ağ veri setinin yaratılmasıdır. Bunun yapılabilmesi için gereken 2 temel aşama, bağlantırlık kurallarının belirlenmesi ve ağ veri setini oluşturacak özniteliklerin hesaplanmasıdır.

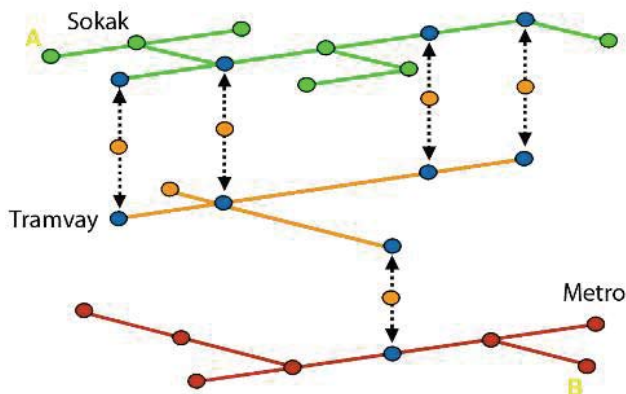
### 2.4. Bağlantırlık

Bağlantırlık, düğümlerin ve bağlantıların birbirlerine hangi koşullar altında bağlanabileceklerini açıklayan kurallardır (Şekil 5).



Şekil 5: İki bağlantı grubunun birbirlerine bağlanması

Özellikle birden fazla ağın bir araya gelmesinden oluşan ağlarda bu kurallar oldukça önem taşır (Şekil 6).



Şekil 6: Yol, tramvay ve metrodan oluşan ağın bağlantıları

11 katmanın birbirleriyle hangi bağlantı kuralı çerçevesinde bağlantı kurdukları Şekil 7'de gösterilmiştir. Burada, katmanların adları, bağlantı kuralı ve bağlantı yüzeyleri görülmektedir. 6 bağlantı yüzeyi tanımlanmıştır.

- Yol yüzeyi
- Otobüs hat yüzeyi
- Deniz transfer yüzeyi
- Deniz hat yüzeyi
- Raylı transfer yüzeyi
- Raylı hat yüzeyi

Çalışmada, 3 ayrı bağlantı kuralı kullanılmıştır. Çizgi katmanları, birbirleriyle sadece uç noktalarında bağlantı kuracak şekilde End Point kuralıyla bağlanmıştır. Çizgi katmanları arasındaki bağlantıyı sağlayan nokta katmanları ise, çizgi katmanlarının uç noktalarında olmak zorunda olduğu durumlarda Honor kuralıyla, çizgi katmanının üzerindeki kırık noktalarından bağlantı kurabilecekleri durumda ise Override kuralı uygulanmıştır.

| Connectivity Groups:    |                     | 1                                   | 2                                   | 3                                   | 4                                   | 5                                   | 6                                   |
|-------------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Source                  | Connectivity Policy |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |
| Deniz_Hat               | End Point           | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |
| Deniz_İskele_Transfer   | End Point           | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |
| Otobüs_Hat1             | End Point           | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Raylı_Hat               | End Point           | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |
| Raylı_İstasyon_Transfer | End Point           | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |
| Yol_Ağı1                | End Point           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |
| Deniz_İskele            | Honor               | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |
| Deniz_İskele_Giriş      | Honor               | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |
| Otobüs_Durak            | Override            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Raylı_İstasyon          | Honor               | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |
| Raylı_İstasyon_Giriş    | Honor               | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |

Şekil 7: Bağlantı şeması

### 2.5. Analizler

#### 2.5.1. Toplu Taşıma Analizi

Bu analizde, yaya yürüme analizinde kullanılan başlangıç ve bitiş noktaları kullanılmıştır. Analiz sırasında funiküler hattı da devreye sokulmuştur. Sonuçta sistem, bu iki nokta arasındaki en kısa süreyi verecek rotayı hesaplanmıştır. Bu süreye, yayanın toplu taşıma hattına ulaşmaya dek yürüme süresi, taşıtı bekleme süresi (tahmini taşıt bekleme süresi) ve istasyon girişinden istasyon platformuna kadar olan yürüme süresi de dahildir (Şekil 8).





Şekil 8: İki nokta arasında toplu taşıma analizi

### 2.5.2. Taşıt Analizi

Taşıt analizinde, kullanıcının taşıtıyla harita üzerinde seçilen 2 nokta arasında en kısa sürede seyahat etmesi amaçlanmıştır. Trafik akış yönleri, tek yönlü yolların çok sayıda bulunduğu ağlarda, sonucun güvenilirliği bakımından oldukça önemlidir.



Şekil 9: İki nokta arasında taşıt rotası analizi

## 3. Sonuç ve Öneriler

Ulaşım sistemlerinin birbirleri ile olan ağ bağlantılarının kurulması, gerek ulaşım sistemlerinin planlanmasında gerekse son kullanıcıların sistemi etkili olarak kullanması açısından önemli hale gelmektedir. Özellikle karmaşık ulaşım ağlarına sahip olan gelişmiş kentlerde, bu organizasyonun yapılması birçok parametrenin birlikte kullanılabilmesi ile birlikte, ağ çözümlerinin daha kolay halde yapılabilmesini sağlamaktadır. Ulaşım ağlarının birlikte organize edilerek entegrasyonunun sağlanması için en kolay ve etkili yöntem Coğrafi bilgi Sistemleri yöntemi olup, bu sistem özellikle birçok ulaşım probleminin çözümünde etkili bir çözüm yolu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada, özellikle farklı ulaşım ağlarının kullanıldığı ve gelişen nüfusu nedeni ile karmaşık bir ulaşım sistemine sahip olan İstanbul ili sınırlarında bulunan iki adet mahalle

örnek alan olarak seçilmiş, ulaşım ağının entegrasyonu, bu entegrasyon sırasında karşılaşılan sorunlar, bu sorunlara ait çözüm önerilerinin geliştirilmesi ile, entegrasyon için gerekli veri düzenleme uygulamaları gösterilmiştir.

Ulaşım ağlarının entegrasyonu süreci ilk olarak, veri toplama aşaması ile başlamaktadır. Bu aşamada ulaşım ağı için gerekli veri gereksinimleri ortaya konmalı, yapılmak istenilen analizin türü belirlenmeli belirlenen gereksinimler çalışma bölgesinin spesifik özellikleri doğrultusunda oluşturulmalıdır. Özellikle, bu aşamada veri gereksinimleri çalışma alanı özellikleri ile paralellik gösterdiğinden, çalışma alanının özelliklerinin iyi belirlenmesi gerekmektedir (GÜNERİ, 2010).

Veri toplama aşamasını toplanan verilerin düzenlenmesi işlemi takip etmektedir. Bu aşamada ise toplanan verilerin ağ analizinde sorgulanabilir hale getirilmesi ve entegrasyonun sağlanabilmesi için gerekli düzenleme işlemleri yapılmaktadır. Bu aşamada özellikle topolojik yapının düzgün olması önemlidir.

Gerekli verilerin düzenlenmesinin ardından ağı oluşturan farklı parametreler kullanılarak, ağın düğüm ve bağlantılardan oluşan düzenlenmiş veri setinin oluşturulup, entegrasyonun tamamlandığı son aşamada bağlantı kuralları ve özelliklerin hesaplanması analizlerin etkinliği bakımından oldukça önem taşımaktadır.

Ulaşım ağının yönetilmesi özellikle karmaşık ağ yapısına sahip bölgelerde imkansız hale gelmektedir. Ulaşım sisteminin yönetilmesi CBS kullanılarak çok daha kolay hale gelmektedir. Ancak genel olarak ülkemizde yapılan uygulamalar incelendiğinde sayısal ortamda bulunan ulaşım ağlarının analizi sırasında karşılaşılan problemler daha çok ulaşım ağının oluşturulması sırasındaki veri düzenleme işlemlerinin tam olarak belirli standartlarda yapılmamış olması nedeni ile ortaya çıkmaktadır. Bu problemin en büyük nedeni özellikle yol ağının sayısallaştırılması işlemini gerçekleştirecek olan kurumların o anki ihtiyaçlarını karşılamak için bu işlemi gerçekleştirmeleri, bu işlem içinde herhangi bir standart belirlemeleridir.

Ulaşım ağlarının entegrasyonun sağlanabilmesi için en önemli koşul tüm ülke çapında ulaşım ağ standartlarının belirlenmesine dayanmaktadır. Belirli standartların getirilmesi birçok işlemde kolaylık sağlayarak ve tüm entegrasyon işlemleri bunun üzerinden yapılabilir.

## Kaynaklar

- ERDEN T., COŞKUN M. Z. ve İPBÜKER, C.: 2003. "Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Ağ Analizi", Harita Dergisi, Sayı 129.
- ESRI: 2010. <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=An%20overview%20of%20Network%20Analyst>
- GÜNERİ M.: 2010. **Ulaşım Ağları Temel Veri Altyapısının Oluşturulması**, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- KARAS İ. R.: 2007. **Objelerin Topolojik İlişkilerinin 3b Cbs ve Ağ Analizi Kapsamında Değerlendirilmesi**, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

# Hassas Nokta Konumlama Tekniğinin Hidrografik Ölçmelerde Kullanılabilirliği

Reha Metin ALKAN<sup>1</sup>, Yunus KALKAN<sup>2</sup>

## Özet

Bu çalışmada, hassas nokta konumlama (Precise Point Positioning-PPP) yönteminin dinamik ortamlardaki performansını test etmek üzere bir dizi çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda İstanbul Haliç'te bir tekneyle yaklaşık 2 saat süren bir uygulama yapılmıştır. Tekneye konulan jeodezik çift frekanslı GPS antenine bir anten splitter yardımıyla çift frekanslı jeodezik (Ashtech Z-Xtreme) ve tek frekanslı OEM tipi tek frekanslı GPS alıcısı (Ashtech AC12) bağlanmıştır. Antenin rölatif yöntemle koordinatını belirlemek için kıyıda tesis edilen koordinatı bilinen bir noktaya da bir başka jeodezik GPS alıcısı kurulmuş ve veri toplanmıştır. Kıyıdaki ve teknedeki jeodezik GPS alıcıları ile toplanan verilerden yararlanarak antenin konumu cm mertebesindeki doğrulukla belirlenmiştir. Teknede hem jeodezik hem de OEM alıcıları ile toplanan veriler Kanada CSRS-PPP servisine gönderilerek her bir ölçme anının (epoch) PPP yöntemi ile koordinatı belirlenmiş ve bu koordinatlar rölatif yöntemden elde edilenlerle karşılaştırılmıştır. Değerlendirme sonucunda, tek frekanslı düşük maliyetli OEM tipi alıcıdan elde edilen sonuçların, rölatif yöntemle 1-2 metre doğrulukla yakınsadığı görülmüştür. Çalışmada kullanılan çift frekanslı alıcı ile toplanan veriler değerlendirilirken yazılım, hem faz hem de kod ölçülerini kullanmakta olduğundan daha yüksek mertebede doğruluklara (1-2 dm) ulaşılmıştır. Elde edilen bu sonuçlar söz konusu yöntemin birçok hidrografik ölçme uygulamasında gereksinim duyulan doğrulukları karşılayabilecek düzeyde olduğunu göstermiştir.

## Anahtar Sözcükler

Hassas Nokta Konumlama (PPP), GPS, Hidrografik Ölçmeler.

## Abstract

### Usability of Precise Point Positioning (PPP) Technique In Hydrographic Surveying

In this study, a series of studies were conducted in order to test the performance of the Precise Point Positioning (PPP) Technique in marine applications (dynamic environments). 2-hour measurements were carried out in Haliç, İstanbul in this context. A dual frequency geodetic GPS antenna, located on the vessel, was connected to a dual frequency geodetic grade GPS receiver (Ashtech Z-Xtreme) and an OEM single frequency GPS receiver (Ashtech AC12) via an antenna splitter. Another geodetic GPS receiver was set up on a reference point on the shore for relative positioning of the antenna. The coordinates of the antenna were calculated in cm accuracy level using the data gathered by the geodetic GPS receivers on the vessel and at the shore. Coordinates of each epoch were calculated with the PPP technique by sending the data to the on-line GPS processing service, CSRS-PPP, gathered by both the geodetic and OEM receivers and the PPP-derived coordinates obtained from the

service were compared with the ones calculated by relative positioning. According to the assessments, results obtained from single frequency low-cost OEM receivers converges the results of the relative positioning results within 1-2 meters of positioning accuracy. The results from dual frequency receivers meet at decimeter-level positioning accuracy level the service used code and carrier phase data when dual frequency data is available. The obtained results show that the proposed method is able to meet the accuracy requirements in several hydrographic surveying applications.

## Key Words

Precise Point Positioning (PPP), GPS, Hydrographic Surveying.

## 1. Giriş

Günümüz teknolojik gelişmeleri ve hızla devam eden GNSS sistemlerindeki modernizasyon çalışmaları sonucunda tek bir alıcı ile metre mertebesinde konum doğruluğuna ulaşabilmek mümkün hale gelmiştir. Yaklaşık 10 yıl önce 100 metre mertebesinde olan bu değerin günümüzde ulaştığı nokta büyüleyici olmakla beraber hala çok sayıdaki ölçme uygulaması için yeterli değildir. Son yıllarda bu doğruluğu artırmak için yeni algoritmalar üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. Başta International GNSS Service (IGS) olmak üzere, Jet Propulsion Laboratory (JPL), Center for Orbit Determination in Europe (CODE) gibi kuruluşlar tarafından üretilen hassas uydu yörünge ve saat düzeltmelerinin hizmete sunulması, bu çalışmalara yeni bir yön vermiş ve Precise Point Positioning-PPP (Hassas Nokta Konumlama) Tekniği olarak literatürde yer alan yöntemi ortaya çıkarmıştır. Bu yöntemde fark alınmamış (un-differenced) kod ve/veya taşıyıcı faz ölçüleri de kullanılarak tek bir alıcı ile cm mertebesine varan doğruluklarda nokta konumlarının belirlenmesi olanaklı olmuştur. Yöntemden elde edilebilecek doğruluk değerleri, kullanılan veriye (kod/faz, tek frekans/çift frekans) ve ölçme süresine bağlı olarak cm ila metre arasında değişmektedir. Tek frekanslı alıcılarla toplanan verilerin değerlendirilmesiyle metreler seviyesinde konum doğruluğuna ulaşılabilirken, çift frekanslı alıcılarla cm-dm mertebesinde doğruluklar elde edilebilmektedir (CHOY vd. 2007; GAO ve SHEN 2002; KOUBA ve HÉROUX 2001; KOUBA 2003; ZUMBERGE vd. 1997). Ancak bu doğrulukların elde edilebilmesi için alıcı saat hatası, troposferik gecikme, uydu anten ofsetleri, faz salınım etkisi (phase wind-up), gel-git etkisi gibi bir çok diğer etkinin de dikkate alınması gerekmektedir (WESTON ve SCHWIEGER 2010; EL-RABBANY 2006).

PPP yöntemi ile konum belirleyebilmek için kullanıcılar farklı yazılım alternatiflerine sahiptir. Örneğin Bernese gibi bilimsel GPS değerlendirme yazılımları kullanıcılarına PPP

<sup>1</sup> Prof. Dr., İTÜ Geomatik Mühendiliği Bölümü, Maslak, İstanbul/Hitit Üniversitesi Rektörlüğü, Çorum

<sup>2</sup> Doç. Dr., İTÜ Geomatik Mühendiliği Bölümü, Maslak, İstanbul



yöntemi ile konum belirleme hizmeti sağlamaktadır. Birçok araştırmacı tarafından hazırlanan programlar da bu amaçla yaygın olarak kullanılmaktadır. Son zamanlarda web-tabanlı on-line PPP değerlendirme servisleri de bu hizmeti vermeye başlamışlardır. Kullanıcıların yapması gereken servislerin son derece kolay kullanımlı web arayüzlerini kullanarak verilerini bazı seçeneklerle birlikte (static/kinematic, datum tipi gibi) ilgili servise göndermekten ibarettir. On-line sistemler aldıkları bu bilgileri kısa sürede değerlendirip, sonuçlarını çeşitli analizlere olanak sağlayacak olan bazı grafiklerle birlikte e-mail ile geri göndermektedir. Geodetic Survey Division of Natural Resource Canada (NRCAN) tarafından kurulan CSRS-PPP servisi, 2003 yılında hizmete giren ve ücretsiz olarak bu hizmeti sunan dünyadaki en yaygın servislerden birisidir. Servis, çift frekanslı alıcı ile toplanan verilerin mevcut ve kullanılabilir olması halinde L1 ve L2 kod ve taşıyıcı faz ölçülerini kullanarak daha yüksek doğruluk olanağı sunmaktadır. Ancak tek frekanslı veri olması ya da diğerinin kullanılamaması durumunda sadece L1 kod çözümünü yapmaktadır. Kullanıcıların yapması gereken servisin web sayfası aracılığıyla değerlendirmek istediği RINEX formatındaki veri dosyasını yüklemek, değerlendirmek istediği ölçme modunu (statik/kinematik), referans sistemini seçmek -NAD83(CSRS), ITRF (Epoch of GPS data)- ve sonuçların gönderileceği e-mail adresini girmekten ibaret olmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1: CSRS-PPP servisinin internet sayfası  
(http://www.geod.nrcan.gc.ca/online\_data\_e.php)

Günümüzde çift frekanslı jeodezik alıcılar 15,000 USD, tek frekanslı alıcılar ise 9,000 USD civarında bir fiyata satılmaktadır. Oldukça yüksek sayılabilecek bu alıcı maliyetleri, ham GPS verilerini (pseudorange ve faz ölçüleri) kaydedebilen ve bir kaç yüz USD'a temin edilebilecek OEM tipi tek frekanslı alıcıların kullanılmaya başlanmasıyla aşağıya çekilebilmiş ve birçok ölçme çalışması jeodezik tip alıcılarla elde edilebilen doğruluklara eşdeğer seviyelerde düşük maliyetlerle gerçekleştirilebilmiştir (ABIDIN ve MUCHLAS 2005;

ALKAN vd. 2006; ALKAN vd. 2007; ALKAN vd. 2008; ALKAN ve SAKA 2009; COSSER vd. 2004; HILL vd. 2001; MASELLA vd. 1997; MASELLA 1999; RIZOS vd. 1998; SAEKI ve HORI 2006; SCHWIEGER ve GLÄSER 2005; SÖDERHOLM 2005).

Bu çalışmanın amacı CSRS-PPP on-line PPP değerlendirme servisinin dinamik ortamlardaki performansının ve sistemle ulaşılabilecek doğrulukların araştırılmasıdır. Bu amaçla bir uygulama yapılmış ve CSRS-PPP servisi ile toplanan veriler değerlendirilmiştir. Yapılan uygulama ve elde edilen sonuçlar izleyen bölümlerde kısaca verilmiştir.

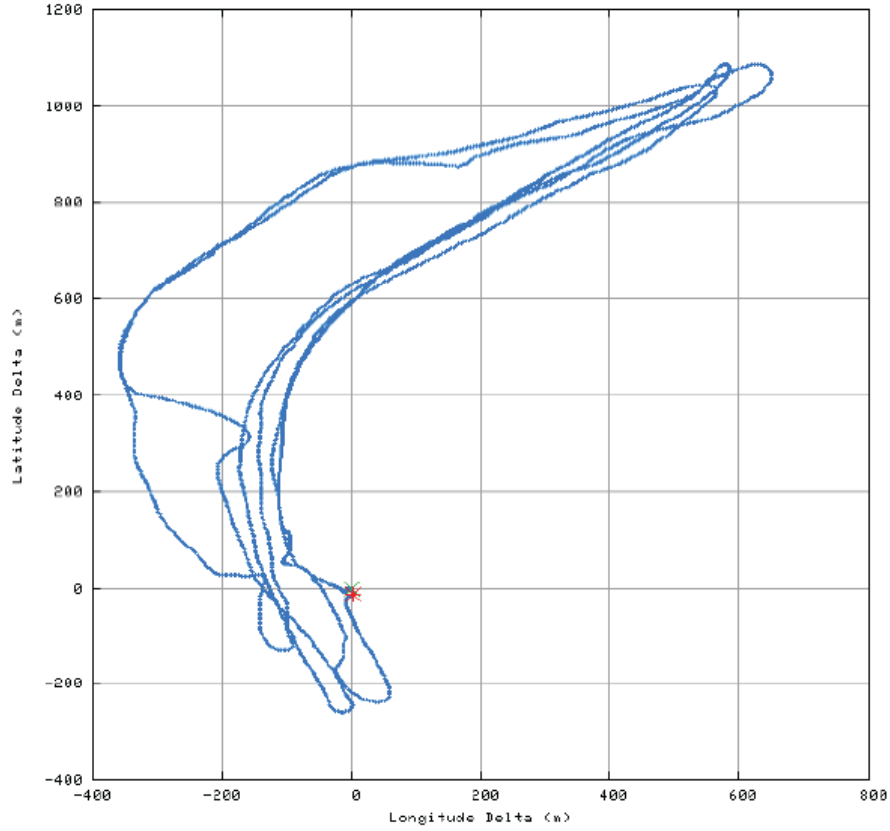
## 2. Uygulama

PPP yönteminin deniz uygulamalarındaki (dinamik ortamlardaki) performansını test etmek üzere bir dizi çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda İstanbul Haliç'te bir tekneyle kinematik uygulama yapılmıştır. Ölçmelerde tekneye konulan bir jeodezik çift frekanslı GPS antenine bir anten splitter yardımıyla çift frekanslı jeodezik (Ashtech Z-Xtreme) ve tek frekanslı OEM tipi tek frekanslı GPS alıcısı (Ashtech AC12) bağlanmış ve ölçmeler yapılmıştır. Böylelikle jeodezik ve OEM tipi alıcıların tümüyle aynı koşullarda, aynı anda veri toplama olanağı sağlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2: Kinematik ölçme uygulaması

Teknenin ölçme yapılan her ölçme anındaki PPP koordinatını karşılaştırmak (referans koordinatlarını oluşturmak) için, çalışma öncesi kıyıda tesis edilip, koordinatı belirlenmiş olan bir noktaya da jeodezik GPS alıcısı kurulmuş ve yaklaşık 2 saat boyunca birçok hat üzerinde veri toplanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3: Ölçme yapılan hatlar

Çalışma hakkında daha detaylı bilgiler, ALKAN ve SAKA (2009)'da yer almaktadır.

### 3. Ölçülerin Değerlendirilmesi ve Analizi

Her iki alıcı ile toplanan veriler RINEX formatına dönüştürüldükten sonra, on-line PPP servisine “Kinematik” değeri-

dirme seçeneği seçilerek gönderilmiştir. Bundan kısa bir süre sonrasında sonuçlara ilişkin bir çok bilgiyi içeren dosyalara erişim için bir link belirtilen e-mail adresine gönderilmiş ve başta PPP yöntemi ile hesaplanan koordinatlar olmak üzere bir çok bilgiyi içeren dosyalar indirilmiştir. Servisin hesaplamalarda kullandığı seçenekler Tablo 1’de verilmiştir.

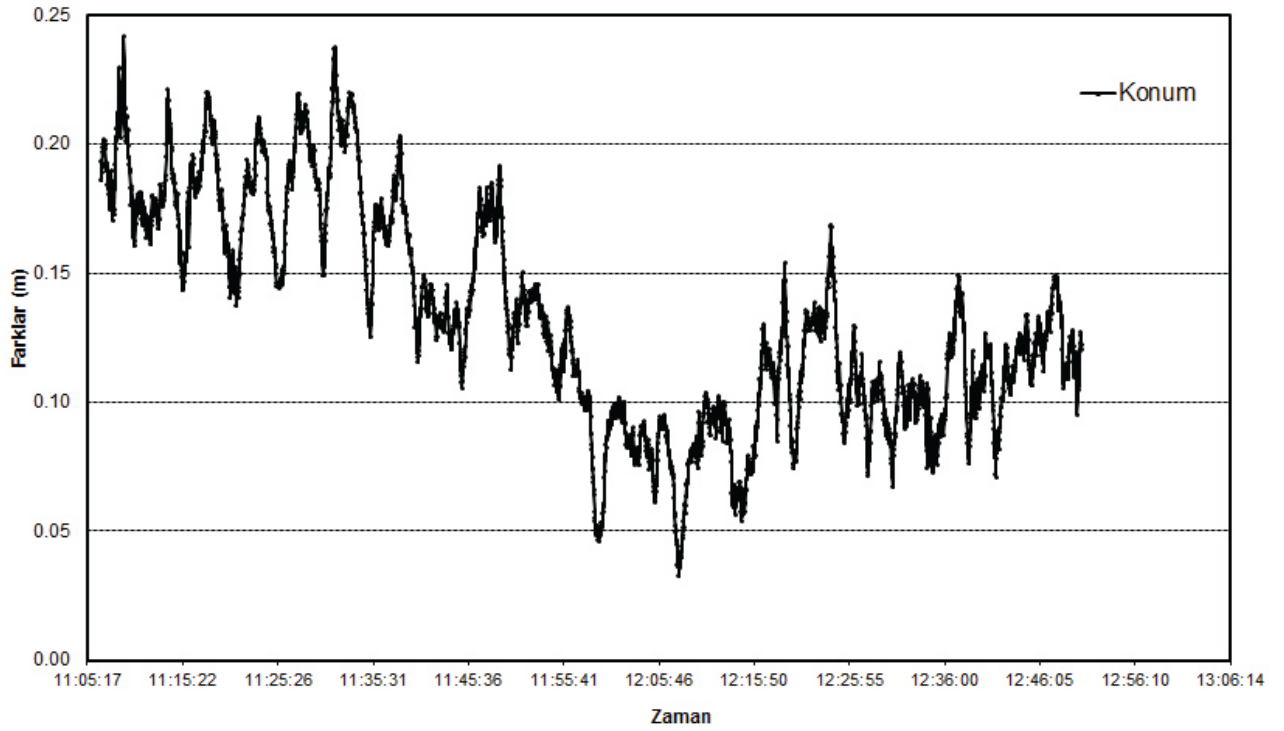
Tablo 1: Servisin değerlendirmede kullandığı seçenekler

| Ayarlar                  | Olası Seçenekler         | PPP Servisinin Kullandığı Seçenekler |                                 |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
|                          |                          | AC12 OEM Alıcı (L1)                  | Z-Xtreme Jeodezik Alıcı (L1&L2) |
| User Dynamics            | Static/Kinematic         | KINEMATIC                            | KINEMATIC                       |
| Observation Processed    | Code/Code&Phase          | CODE                                 | CODE&PHASE                      |
| Frequency Observed       | L1/L1&L2                 | L1                                   | L3                              |
| Satellite Orbits         | Broadcast/Precise        | PRECISE                              | PRECISE                         |
| Satellite Product Input  | 15-Minute/5-Minute       | 5-MINUTE                             | 5-MINUTE                        |
| Ionospheric Model        | Broadcast/IONEX/L1&L2    | IONEX                                | L1&L2                           |
| Marker Coordinates       | Fixed/Estimated          | ESTIMATED                            | ESTIMATED                       |
| Troposphere Zenith Delay | Modelled/Estimated/Fixed | FIXED                                | ESTIMATED                       |
| Clock Interpolation      | Yes/No                   | YES                                  | YES                             |
| Parameter Smoothing      | Yes/No                   | NO                                   | YES                             |
| Reference Frame          | ITRF/NAD83(CSRS)         | ITRF                                 | ITRF                            |
| Coordinate System        | Cartesian/Ellipsoidal    | ELLIPSOIDAL                          | ELLIPSOIDAL                     |
| Pseudorange Sigma (m)    | A-Priori Estimate        | 2.000                                | 2.000                           |
| Carrier Phase Sigma (m)  | A-Priori Estimate        | 0.150                                | 0.015                           |
| Cutoff Elevation (deg)   | 0->90 Degrees            | 10.000                               | 10.000                          |

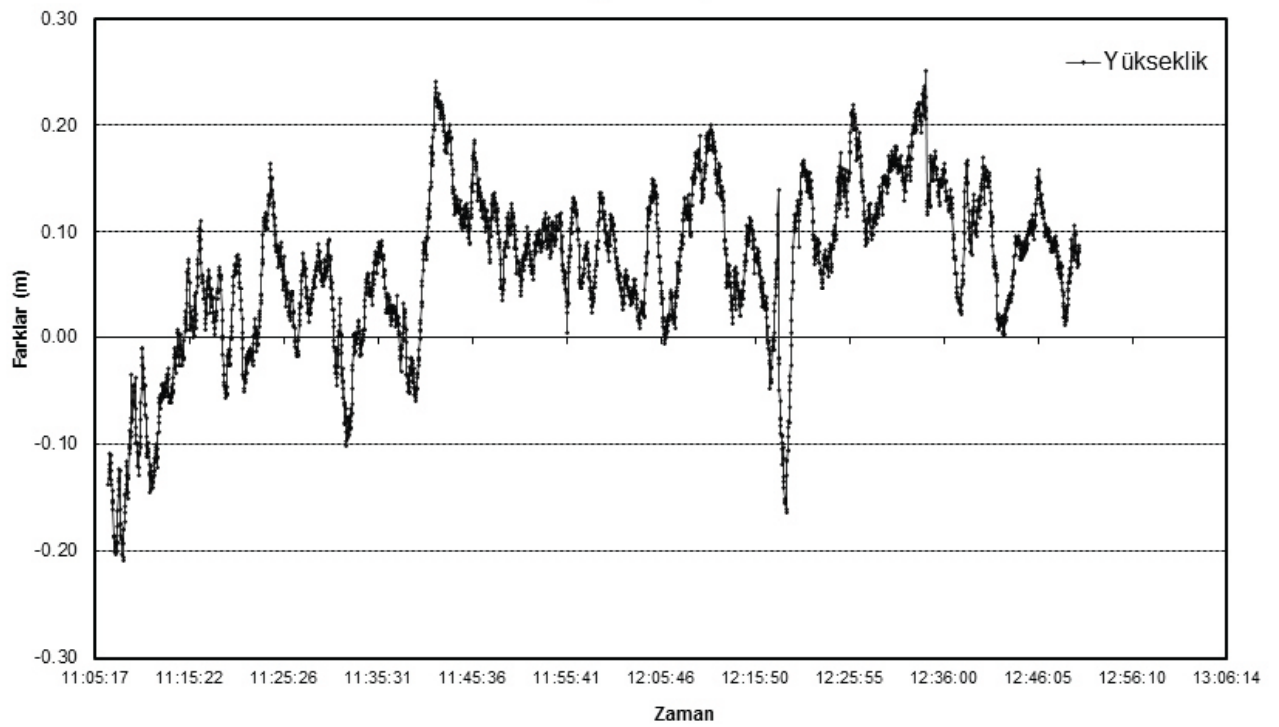


Teknede hem jeodezik hem de OEM alıcılarının her bir ölçme anı için hesaplanan PPP koordinatları, rölatif yöntemden elde edilen ve doğru kabul edilen koordinatlarla konum ve yükseklik bileşenleri için ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Elde

edilen farklar, jeodezik alıcı için Şekil 4.a ve b’de, OEM tipi alıcı için de Şekil 5.a ve b’de verilmiştir. Elde edilen farklara ait bazı istatistiksel bilgiler Tablo 2’de verilmiştir.

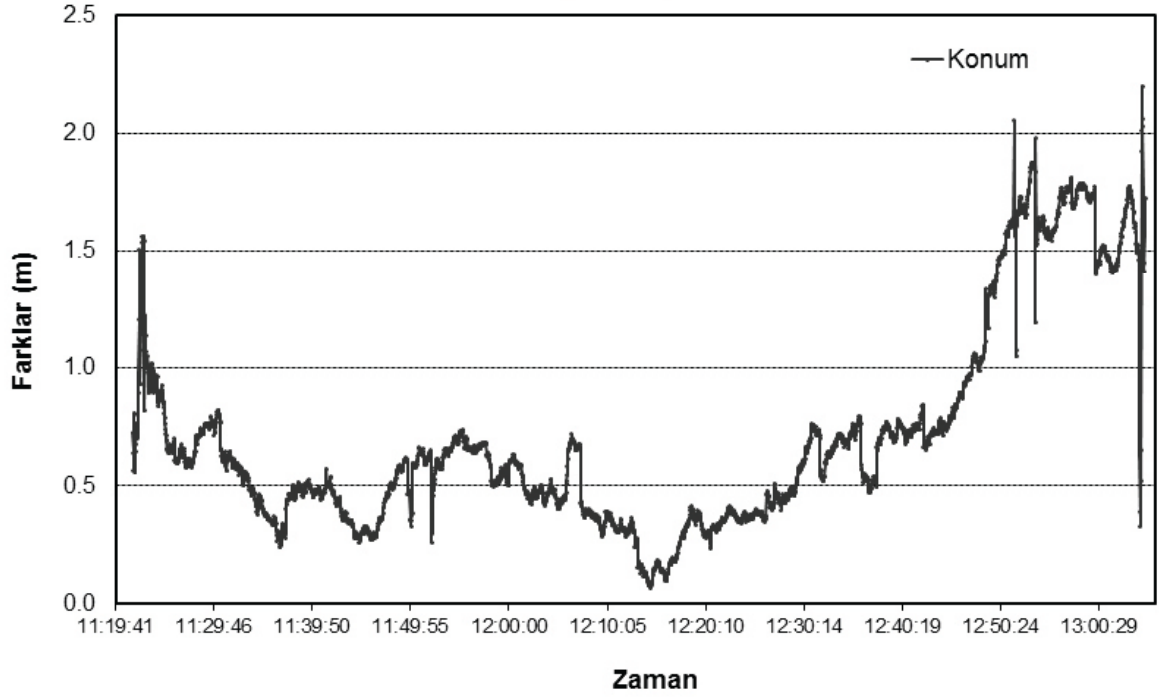


(a)

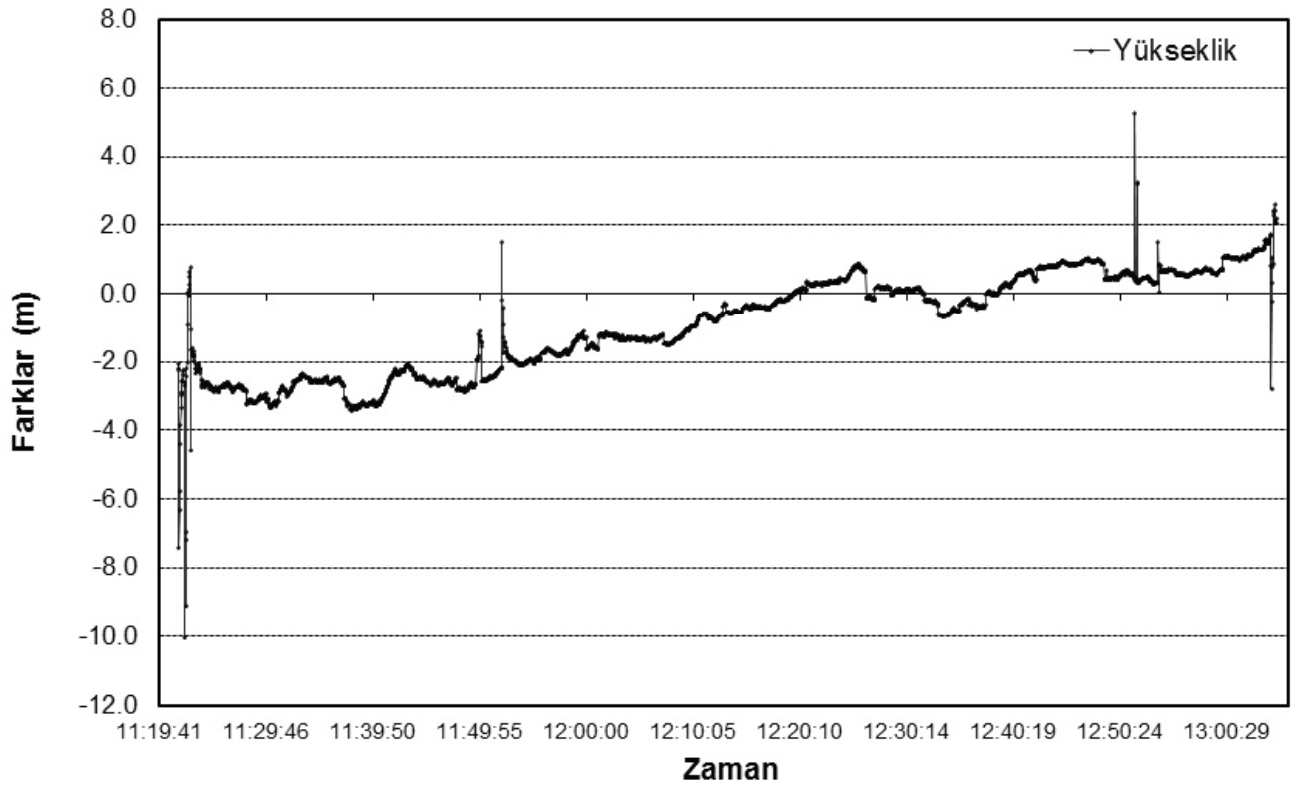


(b)

Şekil 4: PPP yöntemi ile elde edilen koordinatlarla, rölatif yöntem ile elde edilen koordinatlar arasındaki farklar (çift frekanslı jeodezik alıcı için); (a) konum, (b) yükseklik



(a)



(b)

Şekil 5: PPP yöntemi ile elde edilen koordinatlarla, rölatif yöntem ile elde edilen koordinatlar arasındaki farklar (tek frekanslı OEM alıcı için); (a) konum, (b) yükseklik

Tablo 2: Farklara ait bazı istatistiki bilgiler

| Alıcı Türü                                       | Doğu (m) |       | Kuzey (m) |      | Yükseklik (m) |      |
|--------------------------------------------------|----------|-------|-----------|------|---------------|------|
|                                                  | Min.     | Max.  | Min.      | Max. | Min.          | Max. |
| <i>Ashtech Z-Xtreme L1&amp;L2 Jeodezik Alıcı</i> | -0.23    | -0.02 | -0.10     | 0.11 | -0.21         | 0.25 |
| <i>Ashtech AC12 L1 OEM Alıcısı</i>               | -0.96    | 1.55  | -1.35     | 2.16 | -10.04        | 5.26 |

Sonuçların incelenmesinden jeodezik alıcı ile toplanan verilerin PPP yöntemi ile değerlendirilmesiyle elde edilen koordinatlarının rölatif yöntemle elde edilenlere, konum için 3 ila 24 cm arasında, yükseklik içinse 25 cm'ye varan doğruluklarla yakınsadığı görülmektedir. Diğer yandan, OEM tipi alıcılardan toplanan verilerden elde edilen PPP çözümlerinin 1-2 metre arasında değişen farklarla rölatif yöntemle hesaplanan koordinatlara yakınsadığı görülmüştür. Yükseklik bileşeninde ise çok daha düşük doğruluklu sonuçlar elde edilmiştir. Bu alıcının özellikle yükseklik performansının daha düşük olmasının temel nedenleri, tek frekansta veri toplanması ve buna bağlı olarak değerlendirmede sadece L1-kod ölçülerinin kullanılması ile iyonosferin modellenmesinde meydana gelen eksiklikler gösterilmektedir.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, Hassas Nokta Konumlama (Precise Point Positioning-PPP) yönteminin dinamik ortamlardaki performansı incelenmiştir. Çalışmada kullanılan çift frekanslı alıcıdan elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda cm-dm doğruluğunda konum değerlerinin hesaplanabildiği görülmüştür. Çift frekanslı alıcıdan elde edilen sonuçlar, değerlendirmede hem kod hem de faz ölçülerinin kullanılması nedeniyle daha tutarlı ve daha yüksek doğruluklarla elde edilebilmiştir. Söz konusu bu doğruluklar PPP yönteminin hassas batimetrik ölçmeler, su altı topoğrafyasındaki dolma miktarlarının belirlenmesi, su altı erozyon takibi çalışmaları, deniz jeodinamiği araştırmaları gibi bir çok uygulamada kullanılabilirliğini göstermektedir.

Tek frekanslı düşük maliyetli OEM tipi alıcılardan elde edilen sonuçlar ise rölatif yöntemle 1-2 metre doğrulukla yaklaşmıştır. Tek frekanslı OEM tipi alıcılarda kod ölçülerine ek olarak faz ölçülerinin de değerlendirmeye katılmasıyla bu tip alıcılardan elde edilecek doğrulukların da anlamlı bir şekilde artacağını söylemek mümkündür. Bu yaklaşım çalışmada kullanılan servisin ileri stratejileri arasında bulunmaktadır.

PPP yönteminin uygulama kolaylığı, bir başka istasyonda toplanan verilere gereksinim duymadan sadece tek bir alıcı ile toplanan verilerden konum belirleme olanağına sahip olması ve buna bağlı olarak da saha çalışma maliyetlerinin daha düşük olması ve sağladığı doğruluk nedeniyle ölçme uygulamalarında yerini almaya başlamış olup, klasik diferansiyel konum belirleme yöntemine de ciddi bir alternatif haline gelmiştir.

#### Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan on-line CSRS-PPP servisinin kullanımına verdikleri izinden dolayı Natural Resources Canada (NRCan), Geodetic Survey Division (Ressources naturelles Canada, Division des levés géodésiques) kurumuna teşekkür ediyoruz.

#### Kaynaklar

- ABIDIN, H.Z. ve MUCHLAS, A.: **GPS Surveying Using Navigation Type Receivers**, Proc. of the South East Asia Survey Congress 2005, Bandar Seri Begawan, Brunei Darussalam, 21-25 November 2005.
- ALKAN, R.M., EL-RABBANY, A. ve SAKA, M.H.: **Assessment of Low-Cost Garmin OEM GPS Receiver for Surveying Applications**, Ontario Professional Surveyor, 49(4), 2006, 14-16, Canada.
- ALKAN, R.M., EL-RABBANY, A. ve SAKA, M.H.: **Low Cost Single-Frequency GPS for Surveying: A Performance Analysis**, Location, 2(2), 2007, 28-31, India.
- ALKAN, R.M., SAKA, M.H., KALKAN, Y. ve ŞAHİN, M.: **Usability of Low-Cost L1 Frequency GPS Receivers in Surveying Applications**, European Navigation Conference (ENC-GNSS), Proc. of the Toulouse Space Show'08, Toulouse, France, 22-25 April 2008.
- ALKAN, R.M. ve SAKA, M.H.: **A Performance Analysis of Low-Cost GPS Receivers in Kinematic Applications**, Journal of Navigation, 62 (4), 2009, 687-697, UK.
- CHOY S.L., ZHANG K., SILCOCK D. ve WU F.: **Precise Point Positioning - A Case Study in Australia**, Proc. of Spatial Sciences Institute International Conference (SSC2007), pp. 192-202, Hobart, Tasmania, Australia, 2007.
- COSSER, E., HILL, C.J., ROBERTS, G.W., MENG, X., MOORE, T. ve DODSON, A.H.: **Bridge Monitoring with Garmin Handheld Receivers**, Proc. of the 1st FIG International Symposium on Engineering Surveys for Construction Works and Structural Engineering, Nottingham, United Kingdom, 2004.
- EL-RABBANY, A.: **Introduction to GPS, The Global Positioning System**, Artech House, Second Edition, ISBN-13: 978-1596930162, 2006.
- GAO, Y. ve SHEN, X.: **A New Method for Carrier-Phase-Based Precise Point Positioning**, Navigation, 49(2), 2002, 109-116, USA.
- HILL, C.J., MOORE, T. ve DUMVILLE, M.: **Carrier Phase Surveying with Garmin Handheld GPS Receivers**, Survey Review, 36(280), 2001, 135-141, UK.

- KOUBA, J.: **A Guide to Using International GPS Service (IGS) Products**, IGS Central Bureau, (on-line publication at URL: <http://igsb.jpl.nasa.gov/igsb/resource/pubs/GuidetoUsingIGSProducts.pdf>), 2003.
- KOUBA, J. ve HÉROUX, P.: **Precise Point Positioning Using IGS Orbit and Clock Products**, GPS Solutions, 5(2), 2001, pp. 12-28, Germany.
- MASELLA, E.: **Achieving 20 cm Positioning Accuracy in Real Time Using GPS-the Global Positioning System**, GEC Review, 14(1), 1999, 20-27.
- MASELLA, E., GONTHIER, M. ve DUMAINE, M.: **The RT-Star: Features and Performance of a Low-Cost RTK OEM Sensor**, The International Technical Meeting of the Satellite Division of the ION, Proc. of the ION GPS'97, pp. 53-59, Kansas City, Missouri, 16-19 September 1997.
- RIZOS C., HAN S. ve HAN X.: **Performance Analysis of a Single-Frequency, Low-Cost GPS Surveying System**, GPS ION'98, Proc. of the 11th Int. Tech. Meeting of the Satellite Division of the US ION, pp.427-435, Nashville, Tennessee, 15-18 September 1998.
- SAEKI, M. ve HORI, M.: **Development of an Accurate Positioning System Using Low-Cost L1 GPS Receivers**, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 21(4), 2006, 258-267.
- SCHWIEGER, V. ve GLÄSER, A.: **Possibilities of Low Cost GPS Technology for Precise Geodetic Applications**, Proc. of the FIG Working Week 2005, Cairo, Egypt, 16-21 April 2005.
- SÖDERHOLM, S.: **GPS L1 Carrier Phase Double Difference Solution Using Low Cost Receivers**, ION GNSS 2005, Proc. of the ION GNSS 18th International Technical Meeting of the Satellite Division, pp.376-380, Long Beach, CA, 13-16 September 2005.
- WESTON, N.D. ve SCHWIEGER, V.: **Cost Effective GNSS Positioning Techniques**, FIG Commission 5 Publication, ISBN 978-87-90907-79-2, Denmark, 2010.
- ZUMBERGE, J.F., HEFLIN, M. B., JEFFERSON, D. C., WATKINS, M. M. ve WEBB, F. H.: **Precise Point Positioning for the Efficient and Robust Analysis of GPS Data from Large Networks**, Journal of Geophysical Research, 102(B3), 1997, pp. 5005-5017, USA.



# Çok Ölçütlü Karar Destek Sistemleri ile Taşınmaz Değerleme ve Oran Çalışması

Ahmet YILMAZ<sup>1</sup>, Hülya DEMİR<sup>2</sup>

## Özet

*Bu çalışmada; değerleme işlemlerini nesnelleştiren ve sonuçların kontrol edilebildiği bir küme değerlemesi modelinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca birçok farklı disiplinde kullanılan araçlardan yararlanılarak geliştirilen yeni bir küme değerlendirme yöntemi sunulmuştur. Çok ölçütlü karar destek sistemi yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) kullanılarak bir değerlendirme modeli geliştirilmiş ve İstanbul ili, Kadıköy ilçesinde konumlu, konut amaçlı kullanılan örnek taşınmazlara uygulanmıştır. Değerleme modelinde kullanılmak üzere seçilen bazı bağımsız değişkenlere ait veriler coğrafi bilgi sisteminde (CBS) yapılan konumsal analizlerle edinilmiş, örneklerin ve analiz sonuçlarının görselleştirilmesi için bu bilgi sisteminden yararlanılmıştır.*

*Oluşturulan küme değerlendirme modelinin sonuçları gelişmiş ülkelerde tüze içerisinde yer alan ve belirli standartları oluşturulmuş olan oran çalışması (OÇ) ile değerlendirme düzeyi ve değerlendirme tekdüzeliği açısından denetlenmiştir.*

## Anahtar Sözcükler

Taşınmaz yönetimi, taşınmaz değerlendirme, coğrafi bilgi sistemleri, oran çalışması, analitik hiyerarşi süreci.

## Abstract

### Real Estate Valuation with Multicriteria Decision Support System and Ratio Study

*This paper develops a mass valuation model aims to provide valuation objectivity and control of the results in mass valuation processes. Moreover, it presents a mass valuation methodology applying an array of tools developed by several disciplines with an integrated approach. A mass valuation model is developed by using a multicriteria decision support system, namely Analytic Hierarchy Process, and then applied to a sample including houses located in Istanbul, Kadıköy. Furthermore, a geographical information system (GIS) is developed so as to analyze sample and visualize analysis results. An array of independent variables used in mass valuation model was produced by mentioned GIS application.*

*Finally, outcomes of the model are analyzed from 'valuation level' and 'valuation uniformity' aspects by the ratio study which is a tool, used in the developed countries based on specific standards within the law.*

## Key Words:

Real estate administration, real estate valuation, geographic information system, ratio study, analytic hierarchy process.

## 1. GİRİŞ

Taşınmaz değerlendirme; bir taşınmazın, taşınmaz projesinin ya da taşınmaza bağlı hak ve faydaların değerlendirme günündeki olası değerinin, bağımsız, tarafsız ve objektif ölçütlerle dayanarak tespiti işlemidir. Taşınmaz değerlendirme; vergi işlemleri, kamulaştırma, özelleştirme, devletleştirme, toprak düzenlemeleri, kentsel dönüşüm gibi kamusal ve sermaye piyasası, bankacılık, sigortacılık gibi özel sektör gereksinimleri için önemli bir konudur. (AÇLAR vd., 2003 a ve b; DEMİR, 2006; AÇLAR, 2008).

Taşınmaz değerlendirme işlemlerinin kullanıldığı kurum ve sektörler ile kullanım alanları incelendiğinde; taşınmaz değerlemesinin kamusal kurumlardan, özel sektör aktörlerine ve halka kadar büyük bir kitle üzerinde doğrudan ya da dolaylı olarak etkili olduğu görülmektedir. Fakat taşınmaz değerlendirme konusu yasal, teknik ve süreci işleten kurum ve kişilerin yetkinliği açısından incelendiğinde sistemli bir yapının halen oluşmadığı, etkili olduğu kitleye oranla yetersiz kaldığı görülmektedir. Sonuç olarak; taşınmaz değerlendirme işlemleri belirli bir yasal temeli olmayan, bilimsellikten ve nesnellikten uzak, öznel karar ve yargılar üzerinden devam eden, kontrol mekanizması kişisel algılara göre yapılan, tutarlılığı incelenmeyen, eşitliğin sorgulanmadığı bir karmaşa olarak karşımıza çıkmaktadır (YILMAZ, 2010).

Bu çalışmada; değerlendirme işlemlerinde değeri oluşturan etmenlerin belirlenmesi ve değere olan etkisinin araştırılması, mevcutta kullanılan yöntemlerden daha nesnel bir değerlendirme modeli oluşturulması ve özellikle bu modelin tutarlılığının incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu temel amaca ulaşmaya çalışılırken aşağıdaki sorulara yanıt aranmıştır:

(1) Tüm etmenleri ile taşınmaz değeri matematiksel bir yapıya oturtulabilir mi? Sorgulanabilir ve nesnel bir değer üretilebilmesi için çok ölçütlü karar destek sistemleri nasıl kullanılabilir?

(2) Taşınmaz değerlendirme işlemlerinde coğrafi bilgi sistemlerinden nasıl yararlanılabilir?

(3) Kurulacak olan modelin ürettiği değerler eşitliği sağlayabilir mi? Tutarlılığı hangi boyuttur? Tutarlılığın ölçümü nasıl yapılmalıdır?

(4) Değerleme raporlarında verilen bilgilerin haricinde değerlendirme uzmanı tarafından raporda sunulmayan kişisel yorumlar fiyatı nasıl etkilemektedir?

(5) Taşınmaz değeri tespit edilirken tabakalama işlemleri sonucu etkiler mi? Varsa etkisi ne boyuttur?

AHS, CBS ve OÇ kullanılarak geliştirilen değerlendirme yöntemi Kadıköy ilçesinde konumlu taşınmazlar üzerinde

<sup>1</sup> Arş. Gör., Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kamu Ölçmeleri ABD., Davutpaşa Cad., Esenler, İstanbul

<sup>2</sup> Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Kamu Ölçmeleri ABD., Davutpaşa Cad., Esenler, İstanbul

denenmiştir. Bu amaçla bölgede özel sektörde hazırlanan taşınmaz değerleme raporları kullanılarak bir veri tabanı oluşturulmuştur. Kadıköy ilçesi, değere etki eden etmenlerin irdelenmesi için sosyal ve ekonomik yapısı ile uygun bir bölgedir. Bölge, rant açısından büyük değişimlerin yaşanmadığı, sosyal donatı alanlarının sıkça bulunduğu yerleşik bir konut piyasasına sahiptir.

## 2. Genel Bilgiler

Çalışma kapsamında, farklı disiplinlerce kullanılan “Çok Ölçütlü Karar Destek Sistemleri (ÇÖKDS)”, CBS ve gelişmiş ülkelerde değerleme işlemlerinin eşitliği ve tutarlılığını irdelene yöntemlerinden biri olan OÇ kullanılmıştır. Uygulamada üç farklı değerleme modeli oluşturularak, taşınmaz değerleri hesaplanmış ve değerlerinin doğruluğu ve tutarlılığı gelişmiş ülkelerde tüze içerisinde yer alan ve belirli standartları oluşturulmuş “oran çalışması” ile “değerleme düzeyi” ve “değerleme tekdüzeliği” açısından denetlenmiş ve yöntemin kullanılabilirliği test edilerek sonuçlar verilmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan işlemleri gösteren iş akışı Şekil 2’de verilmiştir.

### 2.1. Analitik Hiyerarşi Süreci

AHS, Thomas Saaty tarafından bir model olarak geliştirilerek karar verme problemlerinin çözümünde kullanılan bir karar destek yöntemidir. Düşünürken beynimiz, nesneleri ve düşünceleri özellikleri bakımından tanımlayıp ona göre değerlendirir. Karar verme sürecinde aynı özelliğe sahip olan elemanları aynı grup içinde ele alır ve hedeflerimiz üzerindeki etkilerine göre ilişkilendiririz. Bu etkilerden en fazla etkiye sahip olana en fazla önemi vermeye çalışırız. Hiyerarşi, beyin tarafından daha önceden kazanılan deneyim veya kendi düşünce sistemimizle, çevremizde gerçekleşen karmaşık olayları anlamak ve beklenen karara ulaşmak için etki dağılımı yapmanın güçlü bir yöntemidir. Saaty tarafından geliştirilen AHS yönteminin en önemli yanı; karar verme işlemini, amaca yönelik bir hiyerarşi şeklinde sunması ve amaca hizmet eden ölçütlerin amaca ne kadar etki ettiğini karşılıklı karar matrisleri ile belirlemesidir. Düşünsel olarak insanların bir karar verme işleminde ilk yapacakları şey, karar seçeneklerini; öngörülerini, edimimleri ve deneyimleri ile karşılaştırmaktır. Bunun matematiksel olarak işleme dökülmesi AHS’nin temel mantığıdır. Bu sebeple bu yöntem taşınmaz değerlemesi gibi birçok nesnel ölçütün karar için değerlendirilmesinin gerekli olduğu problemlerde iyi yöntemlerden biri olarak düşünülebilir (YILMAZ, 2010).

### 2.2. Oran Çalışması

Küme değerleme sistemiyle biçilen değerlerin taşınmaz piyasasının sunu-istem yapısını yansıtır durumu, yani sürüm değerlerine ne ölçüde yaklaştığının belirlenmesi gerekir. Bu hem değerleme sistemine ilişkin önlemlerin alınması hem de değerlemede saydamlığı sağlamak açısından gereklidir. Küme değerlemesinde performans belirlemesi için kullanılan temel araç oran incelemesidir (ratio study) (ÇAĞDAŞ, 2007).

OÇ, satış tabanlı çalışmalarda değerlendirme başarımını değerlendirmek için tasarlanan genel bir terim olarak kullanılır. Değerleme başarımını ölçmek için kullanılan 2 ana araç vardır; değerlendirme düzeyi (appraisal level) ve değerlendirme tekdüzeliği (appraisal uniformity) (IAAO, 2010).

Değerleme düzeyi, yapılan değerlendirme ile belirlenen değerin, satış değerine oranını ifade etmektedir. Bu düzeyin ölçülmesi ile değerlendirme işlemi ile belirlenen değerin, ne ölçüde satış değerine yaklaştığı belirlenir. Değerleme düzeyinin ölçülmesi ile küme değerlemesinin istenen hassasiyette olup olmadığı irdelenmiş olur. Değerleme tekdüzeliği ise, değer kümesine biçilen değerin tutarlılığının göstergesidir. Bu tutarlılık incelemesi, değerlemesi yapılan taşınmazların satış değerlerine ne ölçüde yaklaştığı, satış değerinden olan sapmanın hangi yönde olduğu ile ilgilidir. Değerleme tekdüzeliğinde, değerlendirme yapılan bütün taşınmazların değeri aynı oranda satış değerinden farklıdır. Bu farklılık bütün taşınmazlara satış değerinden aynı oranda düşük ya da yüksek değer verilmesi anlamına gelir. Tekdüzelik tamamen yapılan değerlendirme işleminin bütün taşınmazlar için eşit ve adil olarak yapılmasının incelenmesidir. Değerleme karmaşık bir süreç olduğundan dolayı, bir yöredeki taşınmazların tamamı için değerlendirme düzeyinin % 100 olması beklenemez. Gerçekçi bir ideal, çoğu taşınmazların piyasa değerlerinin % 100’üne yakın bir aralıkta değerlemesini sağlamaktır. Böylelikle kabul edilebilir bir düzeye ve tekdüzeliğe ulaşılabilir (ÇAĞDAŞ, 2007).

OÇ, değerlemede en çok aşağıdaki işlemler için kullanılmaktadır (IAAO, 2010):

- (1) Küme değerlemesinde oluşturulan değerlendirme modelinin test edilmesi ve değerlendirme düzeyinin ve değerlendirme tekdüzeliğinin ölçülmesinde,
- (2) Değerleme önceliklerin belirlenmesi ve kullanılmadan önce değerlendirilmesinde,
- (3) Değerleme işlemlerinde idari ve yasal standartların yerine getirilmiş olup olmadığının belirlenmesinde,
- (4) Yeniden değerlendirme yapılacak taşınmazlara, değer biçme işleminde kontrol işlemlerinde.

Değerleme düzeyinin kestirimi merkezi konum ölçüleri (central tendency measurement) ile hesaplanmaktadır. Merkezi konum ölçülerinin, oluşturulan bütün tabakalar için hesaplanması ve tabakaların değerlendirme düzeylerinin ayrı ayrı belirlenmesi gerekmektedir. OÇ incelemelerinde genellikle kullanılan üç merkezi konum ölçüsü vardır. Bunlar: aritmetik ortalama, ortanca (medyan) ve ağırlıklı ortalamadır. Bu ölçüler, satış değeri ile küme değerlemesiyle elde edilen değerin birbirine oranlamasıyla ortaya çıkan oranların ortalamalarının alınmasında ve diğer oran çalışması işlemlerinde kullanılır.

Küme değerlemesinin adilliliğinin belirlenmesinde tekdüzeliğin ölçülmesi gereklidir. Tekdüzelik, yapılan değerlendirme işleminin bütün tabakalardaki taşınmazlar için eşit ve adil olarak yapılmasının incelenmesidir. Değerlemede tekdüzelik, grup içi ve gruplar arası olmak üzere iki açıdan ele alınır. Grup içi tekdüzeliğin belirlenmesinde genel olarak üç ölçü kullanılır (IAAO, 2010): dağılım katsayısı (coefficient of dispersion, COD), değişim katsayısı (coefficient of variation, COV) ve fiyat ilişkili farklılıklar (price related differential, PRD). Dağılım katsayısının (COD) bulunması için öncelikle

satış oranları hesaplanır. COD değeri ne kadar düşük çıkarsa değerlemede tekdüzelik o kadar iyi sağlanmış olur. Yüksek COD değeri, değerlendirme işleminin adil olarak yapılmadığı ve tekdüzeliğin her bir taşınmaz için sağlanamadığını gösterir (ÇAĞDAŞ, 2007).

Yüksek COV değeri, satış oranlarının yüksek çeşitlilikte olduğuna bir işarettir. COV değerinin 0'a yakın olması satış grubunun daha istikrarlı olduğunu gösterir. COV ölçüsü tekdüzeliğin ölçümü için iyi bir araçtır. (ÇAĞDAŞ, 2007).

Fiyat ilişkili farklılıklar (PRD), değerlemenin azalan ya da artan oranlı olduğunun belirlenmesine yarayan bir istatistiktir. Genel olarak PRD değerinin birden büyük olması yüksek değerli taşınmazlara görece düşük; birden küçük olması da yüksek değerli taşınmazlara görece yüksek değer biçildiğini gösterir (ÇAĞDAŞ, 2007).

Gruplar arası tekdüzelik ise; değer kümesinde yer alan taşınmazların bulunduğu yöreye, taşınmaz türlerine vb. gibi özelliklerine dayalı biçimde tabakalandırılan gruplar arasındaki merkezi konum ölçülerinin karşılaştırılmasıyla belirlenir. Aynı değer grubu içindeki taşınmazlarda değerlendirme tekdüzeliğinin sağlanamaması yatay eşitsizliğe, farklı değer grupları arasında değerlendirme tekdüzeliğinin sağlanamaması ise dikey eşitsizliğe neden olmaktadır (ÇAĞDAŞ, 2007).

### 3. Metot

Geliştirilen değerlendirme yönteminde 3 farklı değerlendirme modeli kullanılmıştır. Kullanılan modeller işleyiş açısından birbiri ile aynıdır. Modellerin farklılıkları seçilen ölçütler ve bu ölçütlerin ağırlıklarıdır.

1. modelde, değere etki eden değişkenlerin seçiminde taşınmaz değerlendirme raporlarında yer verilen etmenler esas alınmıştır. Modele ait hiyerarşi oluşturulup değişkenler seçildikten sonra her bir değişkene ve değişken özneliğine ait ağırlıklar, karşılıklı karşılaştırma matrisleri oluşturulup bu matrislerin çözülmesi ve normalleştirilmiş değerlerin hesaplanması ile belirlenmiştir.

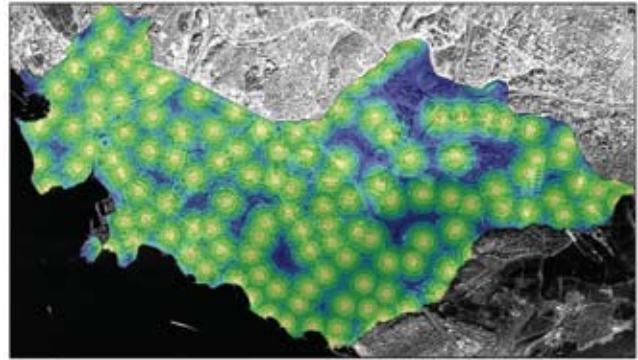
Kullanılan değişkenler: İnşaat Özellikleri (İnşaat Kalitesi, Arsa Payı, Dekorasyon, Isıtma Sistemi, Kullanım Alanı, Yapının Yaşı, Yapının Cinsi, Yapı Nizamı, Oda Sayısı, Balkon, Asansör) ve Daire Özellikleri (Ara/Köşe Konum, Manzara, Bulunduğu Kat, Yol Tipi, Sokak Genişliği) olarak 2 ayrı kümeye ayrılmıştır.

2. modelde, değerlendirme raporlarında verilen özelliklere, değerlendirme uzmanının değerlendirme raporunda bahsetmediği fakat değere etkisi olduğu düşünülen konumsal etmenler yani etki merkezleri değişken olarak eklenmiştir. Bunun amacı; değerlendirme raporlarında kişisel yargının olup olmadığı, yani raporda belirtilmemesine rağmen etkili olan değişkenlerin bulunup bulunmadığının test edilmesidir.

Kullanılan değişkenler: D1: inşaat özellikleri, D1.1 inşaat kalitesi, D1.2 dekorasyon, D1.3 arsa payı, D1.4 ısıtma

sistemi, D1.5 kullanım alanı, D1.6 yapının yaşı, D1.7 yapının cinsi, D1.8 yapı nizamı, D1.9 oda sayısı, D1.10 balkon, D1.11 asansör; D2: konum özellikleri; D2.1 daire altkütmesi, D2.1.1 ara/köşe konum, D2.1.2 manzara, D2.1.3 bulunduğu kat, D2.1.3 yol tipi, D2.1.4 sokak genişliği; D2.2 parsel altkütmesi, D2.2.1 dini tesislere uzaklık, D2.2.2 eğitim alanlarına uzaklık (D2.2.2.1 anaokulu, D2.2.2.2 ilköğretim-lise, D2.2.2.3 üniversite), D2.2.3 otopark alanlarına uzaklık (D2.2.3.1 açık, D2.2.3.2 kapalı, D2.2.3.3 parkomat), D2.2.4 alışverişleri alanlarına uzaklık (D2.2.4.1 süpermarket, D2.2.4.2 market, D2.2.4.3 AVM), D2.2.5 spor alanlarına uzaklık (D2.2.5.1 spor parkları, D2.2.5.2 spor tesisleri), D2.2.6 kültür alanlarına uzaklık (D2.2.6.1 sanat galerileri, D2.2.6.2 sinema-tiyatro, D2.2.6.3 konser salonu, D2.2.6.4 kültür merkezi, D2.2.6.5 kütüphane, D2.2.6.6 tarihi mekanlar, D2.2.6.7 müzeler), D2.2.7 yeşil alanlara uzaklık (D2.2.7.1 ağaçlandırılmış alanlar, D2.2.7.2 orman, D2.2.7.3 park-bahçeler), D2.2.8 ulaşım merkezlerine uzaklık (D2.2.8.1 taksi durakları, D2.2.8.2 otobüs durağı, D2.2.8.3 deniz ulaşımı, D2.2.8.4 tren istasyonu), D2.2.9 sağlık merkezlerine uzaklık (D2.2.9.1 devlet hastaneleri, D2.2.9.2 sağlık ocakları, D2.2.9.3 özel sağlık merkezleri, D2.2.9.4 eczaneler), D2.2.10 mezarlık alanlarına uzaklık, D2.2.11 denize uzaklık biçiminde gruplandırılmıştır.

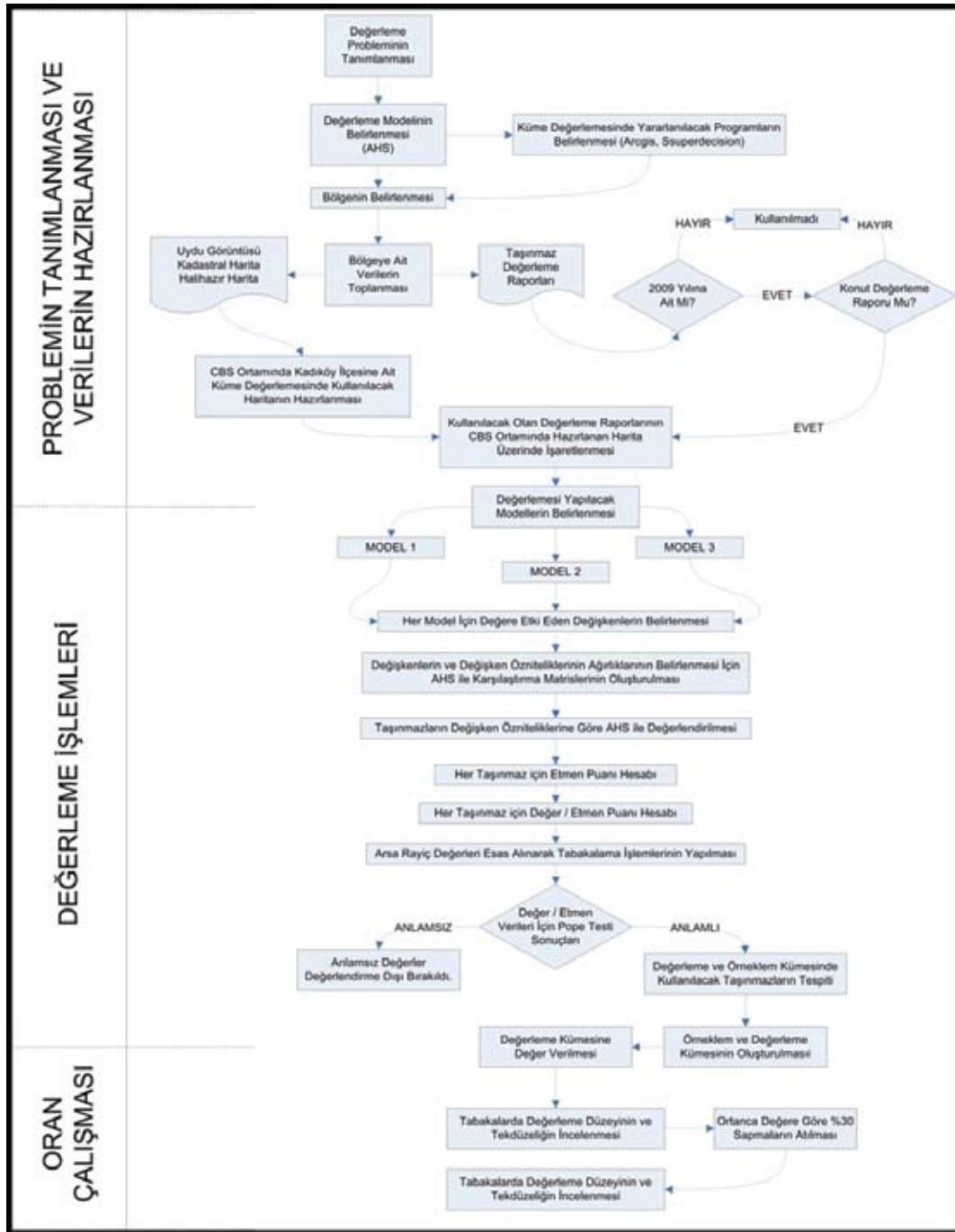
Yapılan konumsal analizlere örnek olarak Kadıköy ilçesi otobüs duraklarına yakınlık haritası Şekil 1' de verilmiştir.



Şekil 1: Kadıköy ilçesi Otobüs Duraklarına Yakınlık Haritası

3. modelde kullanılan değişkenler 2. model ile aynıdır. Bu modelde, konumsal değişkenlerin ağırlıkları taşınmaz değerlendirme raporlarından daha yüksek alınarak oluşturulmuştur.

Modellerin oluşturulmasından sonra değerlendirme işlemlerine geçilmiştir. Değerleme işlemlerinde AHS, 2 adımda; (1) Değişkenlerin taşınmaz değerine olan etkilerinin hesaplanmasında, (2) Her değişken için belirlenen özneliliklerin, örneklem ve değerlendirme kümesindeki taşınmazlar için değerlendirilmesinde kullanılmıştır.



Şekil 2: Çalışmaya Ait İş Akışı

#### 4. Bulgular

Uygulama sonunda arsa rayiç değerine ve bu küme içinde oluşturulan değer kümesine ait “Değerleme Düzeyi”, “Dağılım Katsayısı”, “Değişim Katsayısı” ve “Fiyat İlişkili Farklılıklar” Tablo-1’de verilmiştir. Ülkemizde çeşitli değerlendirme modellerine göre üretilen değerlerin test edilmesi açısından literatüre katkı sağlanmıştır.

İlk duruma ait değerlendirme düzeyi incelendiğinde; model 3’te değerlendirme düzeyi tabakalar arası ortalama değerinin satış değerine en yakın oranda sağlandığı ve onu model 2’nin izlediği görülmektedir. Aynı şekilde COV değerleri incelendiğinde en iyiden kötüye olan sıralamanın Model 3 – 2 – 1 olduğu görülebilir.

İkinci duruma ait değerlendirme düzeyi incelenirse; model 1’de değerlendirme düzeyi tabakalar arası ortalama değerinin satış değerine en yakın oranda sağlandığı ve onu model 2’nin izlediği görülmektedir.

Üç model içinde değerlendirme düzeyinin ortalama değer olarak sağlandığı COV, COD ve PRD değeri incelendiğinde tabakalar arası ortalama değerinin en iyi olarak model 3’te sağlandığı ve onu model 2’nin izlediği görülmektedir.

Konumsal analizlerin eklenmesi taşınmazlar arası tekdüzelğin sağlanmasına yardımcı olmuştur.

Ayrıca yapılan uygulamada sapma değerine göre gerçekleştirilen düzeltmenin; türdeşlik ve oran çalışmasına ait COD, COV ve PRD değerlerinde iyileştirmeye neden olduğu söylenebilir.



| <b>MODEL 1</b>    | <b>Arsa Rayiç Değerlerine Göre Oluşturulan Konum Kümesi</b> |              |              |              | <b>Konum Kümesi İçinde Oluşturulan Değer Kümesi</b> |              |              |              |
|-------------------|-------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Kümeler</b>    | <b>Değerleme Düzeyi</b>                                     | <b>COD</b>   | <b>COV</b>   | <b>PRD</b>   | <b>Değerleme Düzeyi</b>                             | <b>COD</b>   | <b>COV</b>   | <b>PRD</b>   |
| <b>608</b>        | 1.019                                                       | 0.187        | 18.43        | 1.046        | 0.941                                               | 0.135        | 14.76        | 1.033        |
| <b>728</b>        | 1.084                                                       | 0.266        | 23.79        | 1.095        | 1.087                                               | 0.160        | 14.52        | 1.013        |
| <b>912</b>        | 1.007                                                       | 0.225        | 22.95        | 1.078        | 0.962                                               | 0.173        | 17.93        | 1.055        |
| <b>600 - 700</b>  | 1.012                                                       | 0.203        | 20.31        | 1.057        | 0.989                                               | 0.192        | 19.92        | 1.056        |
| <b>700 - 800</b>  | 1.133                                                       | 0.352        | 28.91        | 1.119        | 1.244                                               | 0.218        | 16.72        | 1.036        |
| <b>900 - 1000</b> | 1.031                                                       | 0.316        | 31.26        | 1.124        | 0.923                                               | 0.230        | 26.69        | 1.076        |
| <b>Ortalama</b>   | <b>1.048</b>                                                | <b>0.258</b> | <b>24.28</b> | <b>1.087</b> | <b>1.024</b>                                        | <b>0.185</b> | <b>18.42</b> | <b>1.045</b> |
| <b>MODEL 2</b>    | <b>Arsa Rayiç Değerlerine Göre Oluşturulan Konum Kümesi</b> |              |              |              | <b>Konum Kümesi İçinde Oluşturulan Değer Kümesi</b> |              |              |              |
| <b>Kümeler</b>    | <b>Değerleme Düzeyi</b>                                     | <b>COD</b>   | <b>COV</b>   | <b>PRD</b>   | <b>Değerleme Düzeyi</b>                             | <b>COD</b>   | <b>COV</b>   | <b>PRD</b>   |
| <b>608</b>        | 1.003                                                       | 0.177        | 17.87        | 1.071        | 0.948                                               | 0.108        | 11.01        | 1.037        |
| <b>728</b>        | 1.092                                                       | 0.360        | 31.57        | 1.202        | 1.076                                               | 0.200        | 17.62        | 1.058        |
| <b>912</b>        | 1.009                                                       | 0.187        | 18.64        | 1.063        | 0.984                                               | 0.161        | 16.40        | 1.050        |
| <b>600 - 700</b>  | 1.013                                                       | 0.196        | 19.62        | 1.071        | 0.936                                               | 0.118        | 12.35        | 1.035        |
| <b>700 - 800</b>  | 1.016                                                       | 0.237        | 24.16        | 1.075        | 0.891                                               | 0.109        | 12.39        | 1.012        |
| <b>900 - 1000</b> | 1.038                                                       | 0.366        | 37.85        | 1.198        | 0.949                                               | 0.173        | 18.07        | 1.055        |
| <b>Ortalama</b>   | <b>1.029</b>                                                | <b>0.254</b> | <b>24.95</b> | <b>1.113</b> | <b>0.964</b>                                        | <b>0.145</b> | <b>14.64</b> | <b>1.041</b> |
| <b>MODEL 3</b>    | <b>Arsa Rayiç Değerlerine Göre Oluşturulan Konum Kümesi</b> |              |              |              | <b>Konum Kümesi İçinde Oluşturulan Değer Kümesi</b> |              |              |              |
| <b>Kümeler</b>    | <b>Değerleme Düzeyi</b>                                     | <b>COD</b>   | <b>COV</b>   | <b>PRD</b>   | <b>Değerleme Düzeyi</b>                             | <b>COD</b>   | <b>COV</b>   | <b>PRD</b>   |
| <b>608</b>        | 1.005                                                       | 0.198        | 20.46        | 1.066        | 0.921                                               | 0.098        | 10.57        | 1.022        |
| <b>728</b>        | 1.090                                                       | 0.307        | 27.47        | 1.132        | 1.078                                               | 0.144        | 12.92        | 1.026        |
| <b>912</b>        | 1.012                                                       | 0.216        | 21.85        | 1.068        | 0.867                                               | 0.094        | 11.09        | 1.019        |
| <b>600 - 700</b>  | 1.001                                                       | 0.169        | 17.38        | 1.049        | 0.929                                               | 0.090        | 9.62         | 1.018        |
| <b>700 - 800</b>  | 1.021                                                       | 0.220        | 22.00        | 1.065        | 0.945                                               | 0.146        | 15.37        | 1.032        |
| <b>900 - 1000</b> | 1.007                                                       | 0.196        | 19.71        | 1.058        | 0.934                                               | 0.143        | 15.16        | 1.038        |
| <b>Ortalama</b>   | <b>1.023</b>                                                | <b>0.218</b> | <b>21.48</b> | <b>1.073</b> | <b>0.946</b>                                        | <b>0.119</b> | <b>12.46</b> | <b>1.026</b> |

Tablo 1: Model Sonuçları

## 5. Sonuçlar

Geliştirilen yöntem; değerleme modelinin farklı bölgeler için değiştirilebildiği, değişkenlerin ve değişkenlere ait özneliliklerin bölgesel olarak seçilebildiği ve değerlendirilebildiği, değerlerin hızlı ve kolay bir şekilde üretilip, farklı kurumlar tarafından gereksinime göre değiştirilebildiği, değerleme işlemleri istatistiksel testlerle desteklendiği için doğruluğunun tespit edilebildiği ve sorgulanabildiği, ülkemizde kullanılabilir bir değerleme modeli için uygundur.

Ülkemizde değerlemenin en çok kullanıldığı alanlar; teminat altına alınan taşınmazların değerinin belirlenmesi, güncellemesi ile kamulaştırma ve vergilendirme işlemleridir. Bu işlemlerde kullanılacak değerlerin hızlı, nesnel bir şekilde üretilmesi ve değerleme yönteminin sorgulanabilir ve verilen değerlerin güvenilir olması gerekmektedir. Yapılan bu çalışma ile değerleme işlemlerinde AHS'nin kullanım olanakları ortaya konmuş ve literatüre katkı sağlanmıştır.

Yapılan uygulama çalışmasında AHS'nin kullanımında değişkenlerin seçim işlemi bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu aşamada bölgesel olarak değere etkisi olan etmenlerin hepsinin sisteme eklenmesi sistemde yapılan işlemlerin uzamasına neden olmaktadır. Sonuçların daha kolay irdelenmesi ve uzun karşılaştırma işlemlerin azalması için eklenen değişkenlerin karşılıklı karşılaştırma matrisleri sonuçları elde edildikten sonra belirlenecek bir ağırlığın altında kalan değişkenler atılabilir ya da istatistiksel testler uygulanabilir. Ayrıca AHS işlemlerinde hiyerarşinin oluşturulması ve karşılaştırma matrislerinde yapılacak olan yargıların, konunun uzmanları tarafından değerlendirilmesi gerekmektedir.

Ülkemizde veriye ulaşımın zor olduğu düşünüldüğünde oluşturulan bu çalışmaların SPK ve özel bankaların destekleri ile yürütülmesi gerekmektedir. Bu çalışma ile özel değerleme şirketlerinde yapılan raporların denetlenmesi ve güvenilirliklerinin belirlenmesi için bir fırsatı ortaya koymaktadır. SPK bünyesinde dönemsel olarak yapılacak oran çalışması

ile sermaye piyasası bünyesinde değerlendirme işlemleri yapan değerlendirme şirketleri denetlenebilir ve oran çalışması sonuçları yayınlanarak güvenilirlikleri ve değerlendirme kaliteleri ortaya çıkarılabilir.

Değerleme hizmeti satın alan kurumların, değerlendirme şirketi seçimlerinde hızlı ve ucuz rapor sunan değerlendirme şirketleri yerine bu sistemden yararlanan hızlı ve güvenilir rapor sunan değerlendirme şirketlerini tercih etmeleri sağlanabilir. Bu sonuç değerlendirme şirketlerince yapılan değerlendirme işlemlerine kalite getirecektir.

Kamu kurumlarınca gerçekleştirilen kamulaştırma ve vergilendirme gibi değere bağlı işlemler de küme değerlendirmeyle yapılabilir ve oran çalışması ile adilliği denetlenerek değere olan güvenin artması sağlanabilir.

Sistemin, değerlendirme ile ilgili kurumlarca kendi yapılarına uygun geliştirilmesi, standartlaşmaya gereksinimi yaratacak ve değerlendirme işlemlerinde bölgesel olarak belirlenen standartlar, değişkenler ve değerlendirme yöntemlerinin kullanılmasını sağlayacaktır.

Böyle bir sistemin geliştirilmesi için ülkemizde bu konuda yasal ve teknik altyapının oluşturulması gerekmektedir.

Bundan sonraki çalışmalarda CBS'den daha fazla yararlanılarak, değerlendirme modeli kullanıcıya açık olarak internet üzerinden yayınlanabilir bir şekilde geliştirilmesi, değer ile mekanın görsel olarak bütünleştirilmesi ve konumsal analizler ile bölgesel gelişimlerin, endeksin ve rant gelişiminin incelenmesi ile; bölgesel kararların alınabileceği, değer üzerinden bilginin üretililebileceği, herkese açık, şeffaf bir değerlendirme sisteminin kurulması sağlanabilir.

## Kaynaklar

AÇLAR A., DEMİR H., ÇAĞDAŞ, V.: **Taşınmaz**

**Değerleme Uzmanlığı ve Jeodezi - Fotogrametri Mühendisliği**, Hkm Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 88 (2003a), 15-20, Ankara.

AÇLAR, A., DEMİREL, Z., DEMİR, H., ÇAĞDAŞ, V.,

GÜR, M., KURT, V.: **Taşınmaz Değerlemesi Sistem Tasarımı**, 9. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, (2003b), 129-144, Ankara.

AÇLAR, A., ÇAĞDAŞ, V.: **Taşınmaz (gayrimenkul) Değerlemesi**, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 2. Baskı, (2008), Ankara.

ÇAĞDAŞ, V.: **Türkiye İçin Bir Emlak Vergi Sistemi**

**Tasarım Modeli Önerisi**, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, (2007), İstanbul.

IAAO (The International Association of Assessing

Officers): **Standards on Ratio Studies**, (2010) Chicago.

YILMAZ, A.: **Çok Ölçütlü Karar Destek Sistemleri ile**

**Taşınmaz Değerleme ve Oran Çalışması**, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, (2010), İstanbul.

# Terkos Havzası Sulak Alanları ve Civarının Hyperion EO-1 Görüntüsü ile Sınıflandırılması

Filiz BEKTAŞ BALÇIK<sup>1</sup>, Çiğdem GÖKSEL<sup>2</sup>

## Özet

220 bantlı hiperspektral Hyperion EO-1 uydusu görüntüsü kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışma ile Terkos havzası sulak alanları ve civarının arazi örtüsü ve arazi kullanımı özelliklerinin yüksek doğrulukta ortaya konması için çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma için üç farklı metodoloji izlenmiştir. Öncelikle Hyperion EO-1 görüntüsünün ön işleme gerçekleştirilmiştir. İlk uygulama ön işleme yapılan görüntünün spektral dört bölgeye ayrılması ve her bir bölgenin en çok benzerlik kontrollü sınıflandırma yöntemi ile sınıflandırılmasını içermektedir. İkinci uygulamada dört spektral bölgenin herbirine Ana Bileşen Dönüşümü (ABD) uygulanmış ve oluşturulan sekiz bantlı yeni görüntü en çok benzerlik yöntemi ile sınıflandırılmıştır. Üçüncü analiz ise ön işleme yapılmış görüntüye ABD uygulanması ve ilk üç bileşenin kontrollü sınıflandırılmasını içermektedir. Genel doğruluk ve Kappa istatistikleri ile üç yöntemin doğruluk değerlendirilmesi yapılmıştır.

## Anahtar Sözcükler

Uzaktan algılama, Görüntü İşleme, Sınıflandırma, Hyperion EO-1, Sulak Alan.

## Abstract

### Classification of Terkos Basin Wetlands Environment Using Hyperion-EO-1 Image

In this study, different analyses were conducted to determine Terkos basin wetlands and surrounded land use and land cover with high accuracy by using Hyperion EO-1 data with 220 spectral bands. Three different methodologies were followed. Firstly, image pre-processing steps were applied to data. The first application included the segmentation of the pre-processed Hyperion data into four spectral regions and classification of each region using maximum likelihood supervised classification method. In the second application, Principal Component Analysis (PCA) was applied to each spectral region and eight different components were gathered from spectral regions. Supervised classification was applied to new data set. In the third analysis, PCA was implemented to pre-processed data and three components were selected for supervised classification. Overall accuracy and Kappa statistics were applied for the accuracy assessment of the three analyses.

## Key Words

Remote Sensing, Image Processing, Classification, Hyperion EO-1, Wetlands.

## 1. Giriş

Sulak alanlar vahşi yaşam, sel suyu yönetimi ve su kalitesi geliştirme için önemli olduğu kadar insanlar için de eğitim ve dinlence olanakları sağlamaktadır (Mitsch and Gosselink, 2000). Sulak alan ekosistemleri çevre kalitesini artırma, biyoçeşitliliği destekleme ve sosyo ekonomik kalkınmaya katkıları nedeniyle uluslararası düzeyde kıymetli ekosistemler olarak değerlendirilirler. RAMSAR sözleşmesinde “doğal veya yapay, devamlı veya geçici, suları durgun veya akıntılı, tatlı, acı veya tuzlu, denizlerin gelgit hareketlerinin çekilme evresinde 6 metre’yi geçmeyen derinlikleri kapsayan bütün sular; bataklık, sazlık, turbalık alanlar” sulak alan olarak tanımlanmıştır. Sulak alanların “Uluslararası öneme sahip sulak alan” olabilmesi için Ramsar sözleşmesine göre temsil niteliği taşıma, nadir ya da özgün sulak alan olma ve biyolojik çeşitliliğin uluslararası önem taşıması ölçütlerinden birine sahip olması gerekmektedir (RAMSAR CONVENTION BUREAU, 2002). Dünya genelinde sulak alanların doğal işlevlerinin ve ekonomik katkılarının öneminin fark edilmesiyle, bu bölgelerin korunması ve ekosistemlerinin belirlenmesi çalışmaları hız kazanmıştır (KINDSCHER vd. 1998).

Sulak alanlar küçük derelerden, bataklıklara ve turbalık alanlara kadar çok farklı coğrafi bölgelerde bulunurlar. Bu tür coğrafi alanlara ulaşılması yoğun bitki örtüsü ve sığ su nedeniyle oldukça güçtür; dolayısı ile de geleneksel yöntemler ile çalışılması zor alanlardır (JENSEN vd. 1986). Ayrıca bu bölgeler barındırdıkları tehlikeli canlılardan dolayı yersel çalışmaların yapılmasına imkan vermeyen yerler olarak değerlendirilirler. Bu nedenlerden dolayı sulak alan yönetimi için uzaktan algılama teknolojisi çok önemli bir alternatiftir (BUTERA 1983).

Sulak alanlar ve çevresi ile ilgili çok-spektrumlu ve çok zamanlı sayısal veri elde etme olanağının sağlanabilmesi açısından uzaktan algılama güçlü ve yararlı bir araç olarak tanımlanmaktadır (RUNDQUIST vd. 2001). Çok zamanlı veriler sulak alanların ve civarının arazi örtüsü ve arazi kullanımı değişimlerinin mevsimsel veya yıllık periyotlarda izlenmesine ve değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Standart veri toplama prosedürüne sahip uzaktan algılama teknolojisinin coğrafi bilgi sistemleri ile entegrasyonu özellikle izleme çalışmaları için büyük avantaj sağlamaktadır (OZESMİ ve BAUER 2002). Farklı özelliklere sahip uzaktan algılanmış görüntüler sulak alanların ve bu alanlarda ki değişimlerin belirlenmesi, sulak alan bitki örtüsünün ortaya konması, bitki örtüsünün tür ölçeğinde belirlenmesi çalışmalarında etkin olarak kullanılmaktadır (BEKTAŞ BALÇIK 2010; DECHKA vd. 2002; MUMBY ve EDWARDS

<sup>1</sup> Dr., <sup>2</sup> Y. Doç. Dr., İTÜ, Geomatik Mühendisliği Bölümü. Maslak İstanbul

2002: SCHMIDT ve SKIDMORE 2003: GOODENOUGH vd. 2003: RAMSEY III vd. 2005: GALVAO vd. 2005: GUERSCHMAN vd. 2009). Sulak alana ait bitki örtüsü sulak alan ekosistemi içinde önemli bir bileşendir ve çevresel fonksiyonların yerine getirilmesinde hayati bir role sahiptir (KOKALY vd. 2003). Bu nedenle, bitki örtüsünün belirlenmesi ve izlenmesi sürdürülebilir sulak alan yönetimi için oldukça önemlidir (ADAM vd. 2010).

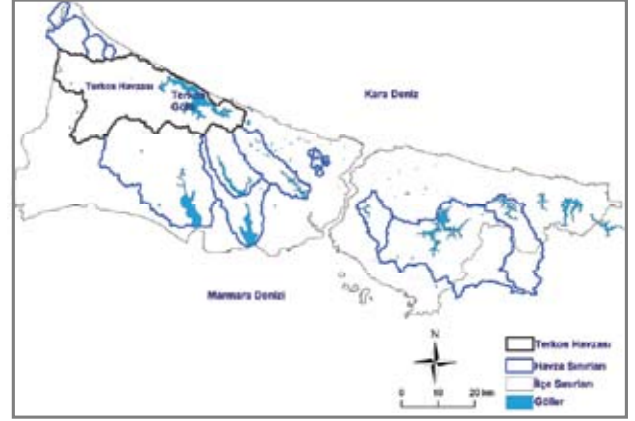
Bu çalışmada, hiperspektral uzaktan algılama verileri kullanılarak heterojen bitki örtüsüne sahip olan Terkos Gölü ve civarındaki sulak alanların ve diğer arazi örtüsü kategorilerinin yüksek doğruluklu olarak sınıflandırılması amaçlanmaktadır. Ön işlemesi gerçekleştirilen Hyperion EO-1 görüntüsü spektral dört ayrı katmana ayrılmıştır. İlk olarak her bir bölgenin en çok benzerlik kontrollü sınıflandırma yöntemi ile sınıflandırılması yapılmıştır. İkinci aşamada, her bir bölge için Ana Bileşen Dönüşümü (ABD) uygulanmış ve bu bölgelerin en çok bilgi içeren ABD elemanı kullanılarak sekiz bantlı yeni bir görüntü elde edilmiştir. Ayrıca ABD 108 bantlı ön işlemesi yapılmış görüntüye uygulanmış ve ilk üç bileşenden farklı yeni bir görüntü daha elde edilmiştir. Oluşturulan bu yeni görüntülere en çok benzerlik kontrollü sınıflandırma yöntemi uygulanmış ve genel doğruluk ile kappa istatistik değerleri hesaplanmıştır.

## 2. Çalışma Bölgesi

İstanbul ili sınırları içerisinde yer alan Terkos Gölü ve civarında bulunan sulak alanlar çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. İstanbul nüfusunun yaklaşık olarak % 30'unun su ihtiyacını karşılayan ve bölgenin en büyük içme suyu kaynaklarından biri olan, Terkos Gölü İstanbul'un kuzeyinde 40°19'N ve 41°42'N enlem ve 28°29'E ve 28°32'E boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1).

Toplam havza alanı 619 km<sup>2</sup> ve su yüzey alanı 36 km<sup>2</sup> dir. Havza sınırları içerisinde Çatalca ilçesine bağlı toplam 18 yerleşme alanı bulunmaktadır ve yaklaşık nüfusu 2000 sayımlarına göre 22137 kişidir. Bölge flora ve fauna açısından oldukça zengindir. Türkiye'de bulunan 73 endemik bitki türünün 17'si Terkos havzası sınırları içinde yer almaktadır. Havza uluslararası antlaşmalar ile önemli bitki alanı, tabiatı koruma alanı, doğal sit alanı ve yaban hayatı koruma sahası olarak tanımlanmaktadır (ÖZHATAY vd. 2003).

Terkos Havzasındaki mevcut sulak alanlar, bölgedeki vahşi yaşam ve su kalitesi için büyük bir öneme sahiptir. Terkos havzasının şehir merkezinden uzak olması yapılaşma baskısını azaltmış olmakla beraber; havza ekolojisi yönünden değerlendirildiğinde, tarım faaliyetleri yapılaşmadan daha tehlikeli olarak görünmektedir. Mutlak ve kısa mesafeli koruma alanlarında yapılan tarım, hem erozyona neden olmakta hem de kullanılan gübreler nedeniyle su kirliliğine yol açmaktadır.



Şekil 1: İstanbul il sınırları ve Terkos Havzası

## 3. Materyal ve Yöntem

### 3.1. Kullanılan Veriler

Çalışmada 30 m uzaysal çözünürlüğe sahip 08.07.2007 tarihli hiperspektral Hyperion EO-1 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Bu görüntüler ile ilgili detaylı bilgi Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1: Hyperion EO-1 görüntü özellikleri

|                        |           |                         |                |
|------------------------|-----------|-------------------------|----------------|
| Algılayıcı Yüksekliği  | 705 km    | Sıra Sayısı             | 256            |
| Uzaysal Çözünürlük     | 30 m      | Kolon Sayısı            | 3129           |
| Radyometrik Çözünürlük | 16 Bit    | VNIR aralığı (70 bant)  | 0.45-1.35 (µm) |
| Spektral Çözünürlük    | 0.01 (µm) | SWIR aralığı (172 bant) | 1.40-2.48 (µm) |
| IFOV(mrad)             | 0.043     | Şerit uzunluğu          | 7.2 km         |

### 3.2. Yöntem

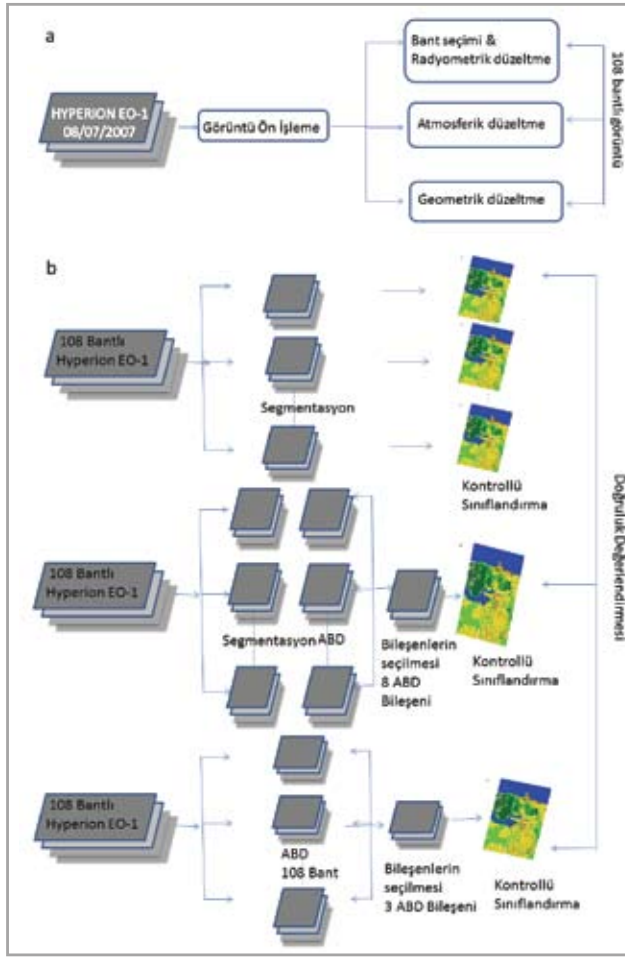
Hyperion EO-1 görüntüsü ile sulak alan ve civarının belirlenmesi için uygulanan işlem adımları Şekil 2a ve Şekil 2b ile verilmiştir.

#### 3.2.1. Görüntü Ön İşleme

30 m uzaysal çözünürlüğe ve 242 spektral banda sahip Hyperion EO-1 görüntüsündeki sıfır değerine sahip kalibre edilmiş bantlar ile çok gürültülü bantlar ön işleme adımları ile elimine edilmiş ve çalışmada kullanılmak üzere 108 bant seçilmiştir. Şekil 3 de çalışmada kullanılan spektral bantlar gösterilmiştir.

Hyperion görüntüsündeki spektral ve radyometrik hatalar ENVI görüntü işleme sistemi içerisine eklenen CSIRO tarafından geliştirilen hiperspektral uzaktan algılama MMTG-A (Mineral Mapping and Technologies Group) modülü kullanılarak elimine edilmiştir (CUDACHY vd. 2001).





Şekil 2: Akış Şeması a) Ön işleme b) Diğer uygulama adımları

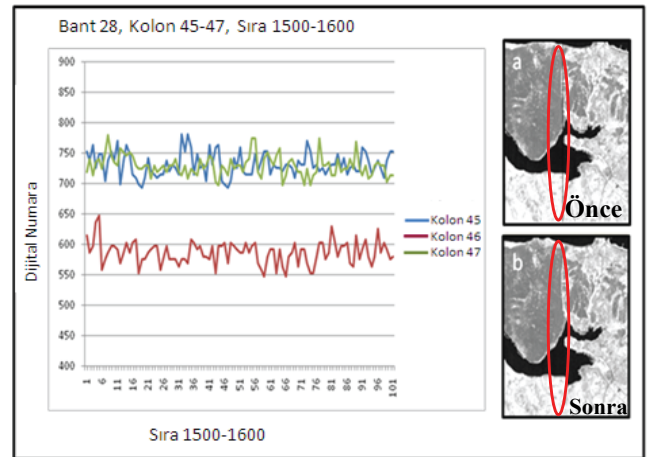
Görüntüde şerit tarama hataları tespit edilerek komşu piksellerin ortalaması alınarak düzeltme işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4). Ayrıca, dedektörler arasındaki kalibrasyon hataları nedeniyle görüntüde oluşan spektral bant merkez kayıklıkları tespit edilerek düzeltme getirilmiştir (GOODENOUGH vd. 2003).

|        |        |        |         |         |         |         |         |         |         |         |
|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 245.58 | 579.45 | 902.30 | 1096.61 | 1002.20 | 1225.27 | 1657.20 | 1679.23 | 1801.17 | 1823.34 | 2045.11 |
| 591.70 | 589.90 | 912.18 | 1107.98 | 1029.70 | 1249.30 | 1767.93 | 1684.33 | 1811.20 | 1833.21 | 2055.02 |
| 272.94 | 799.30 | 919.67 | 1007.16 | 1033.50 | 1751.42 | 1677.43 | 1693.43 | 1801.37 | 1823.34 | 1945.79 |
| 469.14 | 619.70 | 611.49 | 249.11  | 1041.19 | 1761.17 | 1657.11 | 1100.11 | 1817.47 | 1714.54 | 1911.11 |
| 206.30 | 620.15 | 814.00 | 1047.84 | 1033.60 | 1273.66 | 1507.60 | 1712.63 | 1841.27 | 1843.48 | 2042.40 |
| 406.47 | 620.20 | 814.16 | 1047.86 | 1062.79 | 1263.76 | 1507.73 | 1723.73 | 1851.55 | 1853.55 | 2045.50 |
| 416.61 | 640.30 | 814.00 | 1047.86 | 1072.69 | 1295.66 | 1517.63 | 1729.69 | 1861.65 | 1863.65 | 2045.60 |
| 135.80 | 630.01 | 811.18 | 992.01  | 1063.59 | 1310.50 | 1527.52 | 1714.14 | 1811.15 | 1813.15 | 2013.10 |
| 449.19 | 640.41 | 814.17 | 1047.86 | 1064.10 | 1310.10 | 1517.10 | 1714.10 | 1811.10 | 1813.10 | 2013.10 |
| 911.11 | 611.10 | 811.10 | 911.10  | 1011.10 | 1111.10 | 1211.10 | 1311.10 | 1411.10 | 1511.10 | 1611.10 |
| 411.11 | 611.10 | 814.70 | 200.00  | 1011.10 | 1111.10 | 1211.10 | 1311.10 | 1411.10 | 1511.10 | 1611.10 |
| 407.51 | 691.27 | 814.36 | 900.00  | 1024.26 | 1244.26 | 1568.22 | 1769.22 | 1812.10 | 1824.10 | 2045.60 |
| 477.69 | 701.25 | 808.05 | 917.14  | 1024.26 | 1259.26 | 1578.22 | 1800.22 | 1822.25 | 1844.22 | 2045.60 |
| 181.37 | 711.70 | 812.29 | 912.21  | 1011.18 | 1268.18 | 1584.12 | 1812.18 | 1823.15 | 1821.10 | 2013.10 |
| 649.01 | 721.40 | 811.01 | 910.01  | 1010.01 | 1110.01 | 1210.01 | 1310.01 | 1410.01 | 1510.01 | 1610.01 |
| 590.20 | 730.01 | 810.10 | 910.10  | 1010.10 | 1110.10 | 1210.10 | 1310.10 | 1410.10 | 1510.10 | 1610.10 |
| 715.50 | 747.05 | 814.76 | 910.10  | 1010.10 | 1114.71 | 1268.74 | 1410.71 | 1510.70 | 1610.70 | 1710.70 |
| 725.57 | 752.40 | 814.80 | 910.10  | 1010.10 | 1164.87 | 1408.84 | 1620.81 | 1822.80 | 1844.80 | 2045.60 |
| 732.74 | 762.60 | 814.11 | 910.10  | 1010.10 | 1164.87 | 1410.84 | 1620.81 | 1822.80 | 1844.80 | 2045.60 |
| 548.91 | 772.10 | 814.36 | 910.10  | 1010.10 | 1205.07 | 1420.84 | 1640.81 | 1822.80 | 1844.80 | 2045.60 |
| 590.90 | 782.10 | 810.10 | 910.10  | 1010.10 | 1212.10 | 1420.84 | 1640.81 | 1822.80 | 1844.80 | 2045.60 |
| 762.27 | 791.11 | 814.61 | 910.10  | 1010.10 | 1212.10 | 1420.84 | 1640.81 | 1822.80 | 1844.80 | 2045.60 |

Şekil 3: Kullanılan ve kullanılmayan 242 Hyperion EO-1 bantları

242 bant arasında 355.6 nm - 416.61 nm, 915.23 nm - 983.08 nm ve 2445.99 nm - 2556.98 nm spektral bant aralıklarında görüntüde veri bulunmamaktadır. Kullanılabilecek nitelikte veri 426.82 nm - 905.05 nm, 993.17 nm - 1114.20 nm, 1164.68 nm - 1336.05nm, 1507.73 nm -1769.99 nm ve 2032.35 nm ve 2042.45nm spektral bölgelerinde tespit edilmiştir. 1124.28 nm - 1154.58 nm, 1346.25 nm -1497.63 nm, 1780.09 nm - 2022.23 nm, ve 2052.45 nm -2435.90 nm bölgelerinde ise daha düşük kalitede olan fakat bilgi çıkarımına uygun verinin mevcut olduğu gözlenmiştir.

Ön işleme adımları sonucunda seçilen 108 kanal ile diğer işlem adımlarına devam edilmiştir. FLAASH (Fast Line-of-Sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes) atmosferik düzeltme yöntemi ile görüntüde mevcut atmosferik distorsiyonlar giderilmiştir. FLAASH Hava kuvvetleri Phillips Laboratuvarı (Air Force Phillips Laboratory, Hanscom AFB and Spectral Sciences, Inc (SSI) (ADLER-GOLDEN vd. 1999) tarafından geliştirilmiştir ve MODTRAN 4 tabanlı bir yazılım programıdır. Yüzey albedosu, yüzey yüksekliği, su buharı miktarı, aerosol ve bulut optik kalınlığı, yüzey ve atmosferik sıcaklıklar gibi atmosferik parametreleri türeterek yüzey yansıtım değerlerinin doğru olarak elde edilmesini sağlar. Bu model komşu piksellerden yayılan ışınlar için düzeltme getirme olanağına sahiptir. Bu özellik diğer MODTRAN tabanlı atmosferik düzeltme algoritmalarında bulunmamaktadır. Algoritma, diğer modeller ile karşılaştırıldığında daha esnek hesaplama olanağı sunmaktadır. Atmosferik ve radyometrik düzeltme işlemlerinden sonra uzaktan algılanmış görüntülerde ilk kaydedildikleri zaman oluşan sistematik ve sistematik olmayan hatalar geometrik düzeltme ile giderilmiştir. Geometrik düzeltme için bölgeye ait yüksek çözünürlüklü SPOT 5 (2.5 m) görüntüsü temel olarak alınmış ve 30 m' ye yeniden örneklenmiştir. Homojen olarak seçilen Yer Kontrol Noktaları (YKN) kullanılarak Karasel Ortalama Hata 0.5 pikselin altında hesaplanmıştır.



Şekil 4: Şerit tarama hataları ve düzeltilmiş görüntüler

### 3.2.2. Spektral Katmanlara Ayırma

Ön işlemesi tamamlanan Hyperion EO-1 görüntüsü dört ayrı spektral katmana ayrılmıştır. Spektral gruplara bitki örtüsünün farklı dalga boylarında göstermiş olduğu yansıtım özellikleri dikkate alınarak karar verilmiştir. Çalışma için görünür bölgede 24 bant (427 nm -660 nm), kızıl ötesi bölgede 24

bant (671 nm -905 nm), kısa dalga kızıl ötesi I bölgesinde 31 bant (993 nm -1336 nm) ve kısa dalga kızıl ötesi II bölgesinde 29 bant (1507 nm -2042 nm) seçilmiştir.

### 3.2.3. Sınıflandırma ve Ana Bileşen Dönüşümü

İlk olarak her bir bölge en çok benzerlik kontrollü sınıflandırma yöntemi ile sınıflandırılmıştır. En çok benzerlik yöntemi Bayesian olasılık teorisine dayalı ve istatistiksel fonksiyonlara bağlı bir sınıflama yöntemidir. Sınıfların belirlenmesinde piksellerin varyans – kovaryans ve ortalama değerleri, kullanılmaktadır (EASTMAN 2001). Yöntemde, bantlar arası korelasyon ile sınıfların yansıma karakteristikleri ortaya konmaktadır. En çok benzerlik algoritmasında, her sınıfa ait olan ortalama değerler sınıflar arasındaki sınırları belirlemektedir ve her bir piksel, gri değerine göre, kendisine en yakın ortalamaya sahip sınıfa atanmaktadır.

Çalışmanın ikinci aşamasında, iki farklı veri grubuna Ana Bileşen Dönüşümü (ABD) uygulanmıştır. Bu dönüşüm yöntemi ile hiperspektral görüntüdeki yüksek veri hacmi, veri tekrarı ve bantlar arasındaki yüksek korelasyon probleminin azaltılması sağlanmıştır. Bu yöntem aralarında yüksek korelasyon bulunan çok değişkenli verileri, aralarında korelasyon olmayan yeni bir koordinat sistemine dönüştüren istatistiksel bir veri dönüşümü olarak tanımlanmaktadır (JACKSON 1983). Öncelikle her bir spektral grup için Ana Bileşen Dönüşümü (ABD) uygulanmıştır. Dönüşüm sonrası her bir bölgeden en çok bilgiyi içeren bileşenler öz değerlerine ve görsel analize göre bir araya getirilerek sekiz bantlı (3 görünür bölge, 2 yakın kızılötesi bölge, 2 kırsaldalga kızılötesi I ve 1 kırsaldalga kızılötesi II) yeni bir görüntü oluşturulmuştur. Bu aşamada, 242 bant arasından seçilen 108 bantlı Hyperion EO-1 görüntüsüne ABD uygulanmış ve ilk üç bileşenden yeni bir görüntü elde edilmiştir. Oluşturulan 8 bantlı ve 3 bantlı yeni görüntülere en çok benzerlik kontrollü sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır. Terkos Gölü Durusu mevkiine ait test alanlarını içeren bölgede, Hyperion görüntüsü ile arazi örtüsü sınıflandırması CORINE (Coordination of Information on the Environment) lejantına göre yapılmıştır (YILMAZ 2010). Çalışmada kullanılan lejant ile ilgili ayrıntılı bilgi Tablo 2 de verilmiştir.

Tablo 2: Çalışmada kullanılan CORINE lejantı

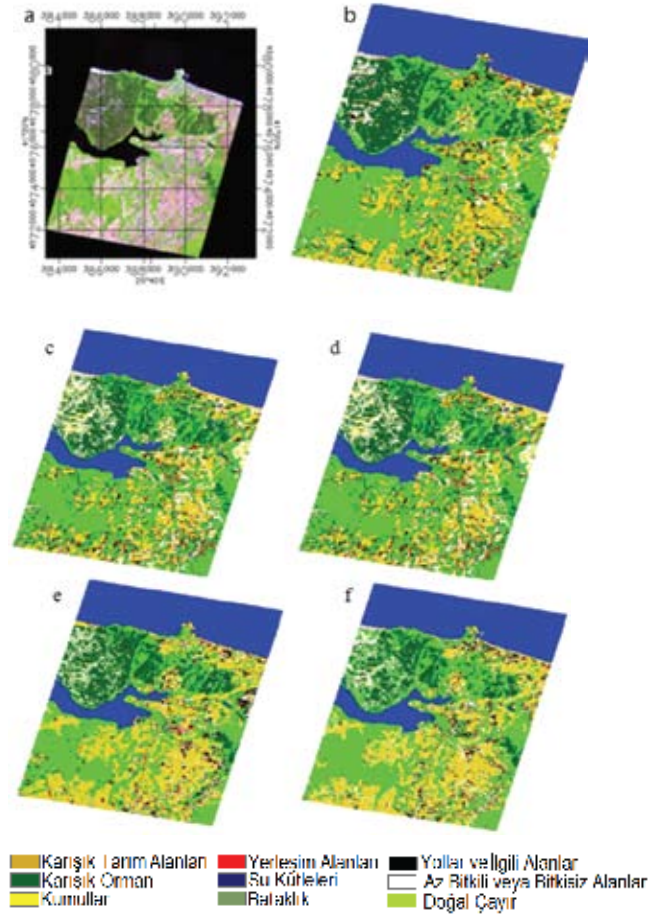
| Seviye I                    | Seviye II                      | Seviye III             |
|-----------------------------|--------------------------------|------------------------|
| Yapay Yüzeyler              | Şehir Yapıları                 | Sürekli Yapılar        |
| Tarım Alanları              | Heterojen tarım alanları       | Karışık ürün tarlaları |
| Orman ve Yarı Doğal Alanlar | Ormanlar                       | Karışık Orman alanları |
|                             | Az bitki/bitkisiz açık alanlar | Az bitkili alanlar     |
|                             |                                | Doğal Çayırlar         |
| Su Kütleleri                | İç sular                       | Göl                    |
| Sulak Alan                  | İç Sulak Alanlar               | İç su kamış            |

Sınıflandırma işlemi için öncelikle yer ölçmelerinden faydalanılarak görüntü üzerinde her sınıf için (en az 100 piksel

olacak şekilde) örnekleme alanları belirlenmiştir. Sınıflandırmada yüksek doğrulukta güvenilir sonuçlar elde etmek için çalışma bölgesi NDVI (Normalized Difference Vegetation Index- Normalleştirilmiş Fark Bitki İndeksi) hesaplanarak yeşil alanlar ve yeşil olmayan alanlar olmak üzere iki ana sınıfa ayrılmıştır. İndeks için Hyperion görüntüsü bant 30 (650 nm) ve bant 50 (854 nm) seçilmiştir ve yüksek çözünürlüklü SPOT 5 verisi kullanılarak eşik değeri 0.25 olarak bulunmuştur. Sınıflandırmanın doğruluk değerlendirmesi hata matrisleri ile gerçekleştirilmiştir. Doğruluk analizinde, bağımsız olarak tanımlanmış kontrol alanları ile bu alanlara karşılık gelen sınıflandırma sonuçları, doğru sınıflandırılmış alan yüzdeleri (üretici doğruluğu) ile sınıflandırılmış alanların yeryüzünde var olma olasılıklarının yüzdeleri (kullanıcı doğruluğu) hesaplanmıştır. Bunlara ek olarak genel doğruluk ve Kappa istatistik değeri hesaplanmıştır.

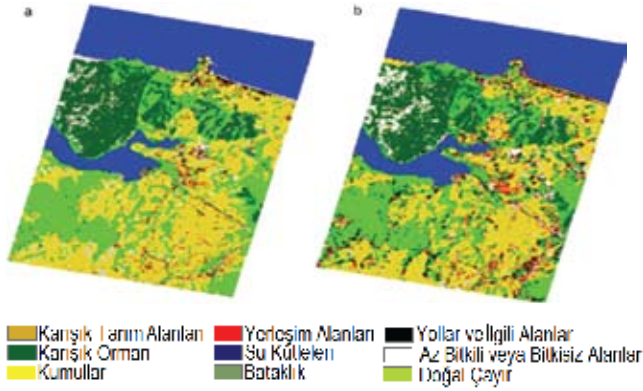
### 4. Sonuç ve Öneriler

En çok benzerlik yöntemi ile elde edilen seçilen spektral aralıklara ve 108 bantlı görüntüye uygulanan kontrollü sınıflandırma sonuçları Şekil 5 de gösterilmiştir.



Şekil 5: a) Hyperion EO-1 (Kısa Dalga Kızılötesi II– 1648 nm; Yakın Kızıl Ötesi – 833 nm; Kırmızı – 660 nm), sınıflandırma sonuçları b) tüm bantlar (1–108 bands) c) Görünür Bölge d)–Yakın kızılötesi, e) Kısa dalga kızılötesi-I ve f) Kısa dalga kızılötesi - II. Dört spektral gruba ayrılarak uygulanan ABD sonrası üretilen sekiz bantlı yeni görüntünün sınıflandırılması ile heterojen doğal bir ortam olarak tanımlanan Terkos Havzası'nın sulak alanlarının ve civarının ortaya konması mümkün olmuştur (Şekil 6).





Şekil 6: En çok benzerlik ile Sınıflandırılmış Hyperion a) ABD (8 bileşenli) b) ABD 3 bileşenli (108 bantlı)

Sınıflandırma genel doğruluğu diyagonal hücrelerde bulunan doğru sınıflandırılmış piksel sayılarının toplamının, doğruluk tablosunda değerlendirmeye katılan toplam piksel sayısına oranıdır. Sınıflandırmanın doğruluk analizi genel doğruluk ve kappa istatistiklerinin hesaplanması ile gerçekleştirilmiştir ve sonuçlar Tablo 3 de verilmiştir.

Tablo 3: Genel doğruluk ve Kappa istatistik Değerleri

| Spektral Bölgeler                        | Genel Doğruluk | Kappa İstatistik % |
|------------------------------------------|----------------|--------------------|
| VIS (Görünür ) bölge                     | % 74.28        | 0.71               |
| NIR (Yakın Kızılötesi) bölge             | % 76.65        | 0.74               |
| SWIR I (Kısa Dalga Kızılötesi I) bölge   | % 83.00        | 0.81               |
| SWIR II (Kısa Dalga Kızılötesi II) bölge | % 81.65        | 0.79               |
| ABD (108 bantlı)                         | % 72.42        | 0.69               |
| ABD (8 bantlı)                           | % 78.62        | 0.76               |

Çalışmanın sonucunda dört farklı spektral bölgeye ayrılan 108 bantlı Hyperion EO-1 görüntüsü için her bir bölgeye ait (VIS, NIR, SWIR I ve SWIR II) genel doğruluk sırası ile % 74, % 76, % 83 ve % 81, kappa değerleri ise 0.71, 0.74, 0.81 ve 0.79 olarak hesaplanmıştır. Sekiz bantlı görüntü için genel doğruluk % 78 ve kappa değeri 0.76 bulunmuştur. Hata matrisi ve kappa istatistik analizleri sonucunda, üç bantlı görüntü için %72 toplam doğruluk ve 0.69 kappa değeri elde edilmiştir. Doğruluk analizi sonuçları değerlendirildiğinde en çok benzerlik yöntemi ile gerçekleştirilen sınıflandırmada en iyi sonuç, dört farklı bölgeye ayrılan 108 bantlı görüntünün SWIR I bölgesinde elde edilmiştir. Ana Bileşen Dönüşümü yöntemi ile gerçekleştirilen uygulamada dört ayrı spektral bölgeye uygulanan dönüşüm ile elde edilen sekiz bantlı görüntünün sınıflandırılması için yüksek doğruluk elde edilmiştir.

Elde edilen bir diğer sonuç 30 m mekansal çözünürlüğe sahip Hyperion görüntüsü ile Avrupa birliği ülkelerinin kullandığı ortak CORINE lejantı 3. Seviyesinde arazi örtüsü sınıflarının elde edilebilir olmasıdır. Ancak, bu sınıflardan

özellikle tarla, yerleşim ve açık alanlar sınıfları için karışma problemi söz konusu olmaktadır. Çalışmada sulak alan bitki türlerinin ayırt edilmesi mümkün olmamıştır. Sulak alanlar gibi diğer arazi örtülerine (orman ve tarla) göre daha kısıtlı alanlarda bulunan doğal yapıların dağılımlarının ve bitki türlerinin ortaya konmasında problemler mevcuttur. Bununla en temel sebebi hiperspektral özelliğe sahip olmasına rağmen Hyperion görüntüsünün 30 m mekansal çözünürlüğe sahip olmasıdır. Bu tip çalışmalarda uçağa takılı sistemlerden elde edilen hiperspektral görüntüler ile daha güvenilir sonuçlar elde edilmektedir. Maliyeti çok yüksek olan bu sistemlerin kullanımı ülkemizde kullanılması güvenlik ve gizlilik gibi nedenlerle henüz mümkün görünmemektedir.

## Teşekkür

Bu çalışma Filiz BEKTAŞ BALÇIK'ın doktora tezi kapsamında yapılan çalışmaların bir kısmını içermektedir. Kullanılan EO-1 Hyperion uydu görüntüsü İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi'nin verdiği araştırma desteği ile sağlanmıştır. Göl ve havza için yapılan tüm arazi ölçmeleri için destek İSKİ tarafından sağlanmıştır. SPOT 5 görüntüsü OASIS (Optimising Access to Spot Infrastructure for Science) projesi kapsamında elde edilmiştir. Hyperion EO-1 görüntüsü için kullanılan MMTG-A modülüne ITC (Faculty of Geo-information Science and Earth Observation) olanakları ile ulaşılmıştır.

## Kaynaklar

- Adam E, Mutanga O, Rugege D, 2010: **Multispectral and hyperspectral remote sensing for identification and mapping of wetland vegetation: a review**, Wetlands Ecology and Management, 18, 3, 281-296.
- Adler Golden M. S, Matthew M. W, Bernstein, L. S, Levine, R. Y, Berk A, Richtsmeier S. C, Acharya P. K, Anderson G. P, Felde G, Gardner J, Hoke M, Jeong L. S, Pukall B, Mello A, Ratkowski A, Burke H. H, 1999: **Atmospheric correction for shortwave spectral imagery based on MODTRAN4**, SPIE Proceeding, Imaging Spectrometry V, 3753.
- Bektaş Balçık F., 2010: **Mapping and Monitoring Wetland Environment by Analysis of Different Satellite Images and Field Spectroscopy**, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Butera M. K, 1983: **Remote Sensing of Wetlands**, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 21, 3, 383-392.
- Cudahy T. J, Hewson R.D, Huntington J.F, Quigley, M.A, ve Barry P.S, 2001: **The performance of the satellite-borne Hyperion Hyperspectral VNIR-SWIR imaging system for mineral mapping at Mount Fitton, South Australia**, Proceedings, IEEE 2001 International Conference on Geoscience and Remote Sensing.
- Dechka J.A, Franklin S.E, Watmough M.D, Bennett R. P, Instrup, D.W, 2002: **Classification Of Wetland Habitat and Vegetation Communities Using Multi-Temporal Ikonos Imagery In Southern Sakatchewan**, Canadian Journal of Remote Sensing, 28, 5, 679-685.
- Eastman, R.J, 2001: **Guide to GIS and Image Processing Volume.2**, Clarke Lab. Clark University Worcester, MA USA, 57-74.

- Galvão L. S, Formaggio A. R, ve Tisot D. A, 2005: **Discrimination of sugarcane varieties in Southeastern Brazil with EO-1 Hyperion data**, Remote Sensing of Environment, 94, 4, 523-534.
- Goodenough D.G, Dyk A, Niemann K.O, Pealman J.S, Chen H, Han, T, Murdoch M, ve West C, 2003: **Preprocessing Hyperion and ALI for forest classification**, IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 41, 6, 1321-1331.
- Guerschman J. P, Hill M. J, Renzullo L. J, Barrett D. J, Marks A. S, ve Botha E. J, 2009: **Estimating fractional cover of photosynthetic vegetation, non-photosynthetic vegetation and bare soil in the Australian tropical savanna region upscaling the EO-1 Hyperion and MODIS sensors**, Remote Sensing of Environment, 113, 5, 928-945.
- Jackson B. B, 1983: **Multivariate Data Analysis: An Introduction**, Irwin, Homewood, Illinois, USA.
- Jensen J.R, Hodgson M.E, Christensen E. Mackey, H. E, Tinney L.R., ve Sharitz R, 1986: **Remote sensing of Inland Wetlands: A Multispectral Approach**, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 52, 1, 87-100
- Kindscher K, Fraser A, Jakubauskas M.E, ve Debinski D, 1998: **Identifying Wetland Meadows in Grand Teton National Park Using Remote Sensing and Average Wetland Values**, Wetlands Ecology and Management, 5, 265-273.
- Kokaly R. F, Clark R. N, 1999: **Spectroscopic determination of leaf biochemistry using band-depth analysis of absorption features and stepwise linear regression**, Remote Sensing of Environment, 67, 267-287.
- Mitsch W. J, ve Gosselink J. G, 2000: **Wetlands**, 3rd edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Mumby P. J, ve Edwards A. J, 2002: **Mapping Marine Environments With Ikonos Imagery: Enhanced Spatial Resolution Can Deliver Greater Thematic Accuracy**, Remote sensing of Environment, 22, 12, 2377-2400.
- Özeşmi S. L, ve Bauer M. E, 2002: **Satellite Remote Sensing Of Wetlands**, Wetlands Ecology and Management, 10, 381-402.
- Özhatay N, Byfield. A, ve Atay, S, 2003: **Türkiye'nin Önemli Bitki Alanları**, WWF Türkiye, MAS Press (in Turkish).
- Ramsar Convention Bureau, 2002: **The Ramsar Convention on Wetlands**, <http://www.ramsar.org>, 01.08.2010
- Rundquist D. C, Narumalani S, Narayanan, R, M, 2001: **A Review of Wetlands Remote Sensing and Defining New Considerations**, Remote Sensing Reviews, International Journal of Remote Sensing, 20, 3, 207-226
- Schmidt K. S, Skidmore A. K, 2003: **Spectral discrimination of vegetation types in a coastal wetland**, Remote Sensing of Environment, 85, 1, 92-108.
- Yılmaz R, 2010: **Monitoring land use/land cover changes using CORINE land cover data: a case study of Silivri coastal zone in Metropolitan Istanbul**, Environmental Monitoring and Assessment, 165, 1-4, 603-615



# Kartografik Genelleştirmede Kullanılan Kapsamlı Modelleme Teknikleri ve Yazı Genelleştirmesi Uygulaması

Özlem SİMAV<sup>1</sup>, Serdar ASLAN<sup>1</sup>, O. Nuri ÇOBANKAYA<sup>1</sup>

## Özet

Kartografik genelleştirme, harita nesnelerinin okunaklılığıyla birlikte farklı ölçeklerde bağlamsal karakterini koruyabilmek için kalite kontrolden geçmiş sayısal veri ile beraber yetenekli sanal kartograflar ve akıllı algoritmalarla oluşan otomasyon sürecini gerektirmektedir. Bu süreç, programlama kodlarının kullanımı ile tamamen sayısal olarak gerçekleşir duruma gelmiştir. Ancak burada önemli olan bu kodların mantık çerçevesinde nasıl düzenleneceğidir. Bu çalışmada söz konusu süreci modelleyen tekniklerden en yaygınları olan ve kapsamlı modelleme teknikleri olarak adlandırılan koşul-eylem (condition-action), insan etkileşimli (human interaction) ve kısıt tabanlı (constraint based) modeller üzerinde durulacak ve yazı genelleştirmesi uygulamasıyla bu modelleme teknikleri karşılaştırılacaktır.

## Anahtar Kelimeler

Kartografya, Genelleştirme, Koşul-eylem modelleme tekniği, İnsan etkileşimli modelleme tekniği, Kısıt tabanlı modelleme tekniği

## Abstract

### Comprehensive Modeling Techniques Used In Cartographic Generalisation and An Application Of Text Generalization

Cartographic generalisation requires an automation process that consists of digital data which passed through quality control together with talented virtual cartographers and smart algorithms in order to conserve the map object's legibility with their contextual characteristic in different scales. This process is now achieved completely digitally through the use of the programme codes. But the considerable point is how these codes can be arranged in a logical sequence. In this study the common comprehensive modeling techniques namely condition-action, human interaction and constraint based models are described and compared with an application of text generalisation.

## Key Words

Cartography, Generalisation, Condition-action Modeling Technique, Human Interaction Modeling Technique, Constraint Based Modeling Technique

## 1. Giriş

Büyük ölçekli haritalardan daha az ayrıntıya sahip küçük ölçekli haritaların türetilmesine hizmet eden bilgisayar destekli harita üretim sistemlerinin vazgeçilmez bir parçası olan genelleştirme süreci; hedef ölçekte tutarlı veri üretmeye kat-

kıda bulunan genelleştirme yaklaşımlarına ve sürekli gelişen sayısal kartografik tekniklere bağlı olarak oldukça gelişmektedir.

Kartografik genelleştirme artık, programlama kodlarının kullanımı ile neredeyse tümüyle sayısal olarak gerçekleşir duruma gelmiş ve kodların nasıl düzenleneceği konusu ile beraber modelleme teknikleri büyük önem kazanmıştır. Bilgisayar bilimi ve teknolojilerindeki ilerlemelerle beraber otomatik genelleştirme sürecini modellemek için, basit toplu iş süreçlerinden daha karmaşık yöntemlere kadar birçok farklı yaklaşım geliştirilmiştir. Bu modelleme tekniklerinin uygulamalarıyla kartografya bilimi bir önceki durumuna göre önemli ilerleme kaydetmiş ve ilk kez bu teknikler genelleştirme sürecini basit toplu iş sürecinden kurtaran bir yol olarak görülmüştür.

Bu çalışmada, kapsamlı modelleme teknikleri hakkında kısa bir bilgi verilmiş ve yazı genelleştirme ile ilgili örnek bir pafta genelinde uygulama çalışması gerçekleştirilmiştir. Söz konusu örnek pafta genelinde *koşul-eylem*, *insan etkileşimli* ve *kısıt tabanlı* modelleme teknikleri karşılaştırılmıştır.

## 2. Kapsamlı Modelleme Teknikleri

Basit kuralların kontrolünü yapan ve etkileşimli işlemleri içermeyen toplu iş (batch) yaklaşımları dışında Harrie ve Weibel (2007) genelleştirme sürecini üç ayrı modelleme tekniği olarak ele almıştır. Bunlar *koşul-eylem* (kural tabanlı), *insan etkileşimli* ve *kısıt tabanlı* modeller olarak adlandırılmaktadır.

*Koşul-eylem* modelinin temelini, nesnenin öz niteliği (durum) ve bu nesneye göre algoritmayı (hareket) tetikleyen genelleştirme kuralı oluşturmaktadır (150m'den kısa kuru derelerin silinmesi bu modele örnek teşkil etmektedir). Raster genelleştirme operatörleri ile gerçekleştirilen bitki alanlarının birleştirilmesi gibi bazı genelleştirme işlemleri için *koşul-eylem* modeli uygun sonuçlar üretmektedir. Ancak genelleştirme bir bütün olarak ele alındığında bu model için bazı engeller ortaya çıkmaktadır. Örneğin, uygun algoritmalar içine kuralların gömülmesinin zorluğu ve harita nesneleri ile bu kurallar arasındaki ilişkilerin çeşitliliği, bu engeller arasında sayılmaktadır. Harita nesneleri arasındaki bu ilişkiler de farklı algoritmaların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. *Koşul-eylem* modelinin bir diğer sorunu da genelleştirme sürecindeki farklı algoritmalar tarafından kullanılan operatörlerin sıralamasıdır. Örneğin bir ulaşım ağı genelleştirme işleminde, seçme-eleme ve sınıflandırma ilk olarak yapılırken, ilişkili diğer operatörlerden geometri dönüşümü ve öteleme daha sonra uygulanmaktadır. Farklı amaç ve etkilere

\* Sunulan çalışma ve elde edilen sonuçlar yazarların bireysel görüşlerini içermekte ve Türk Silahlı Kuvvetlerinin görüşlerini yansıtmamaktadır.

<sup>1</sup> Harita Genel Komutanlığı, Kartografya Dairesi Başkanlığı 06100 Dikimevi, Ankara





*kısıt tabanlı* model ile değiştirilmesine karar verilerek, buna yönelik çalışmalar başlatılmıştır. Bu değişim ile *kısıt tabanlı* modelleme tekniğinin esnek yapısından yararlanmak ve insan etkileşimini tamamen ortadan kaldırmak amaçlanmıştır. *Kısıt tabanlı* modelin ağırlık ve önceliklerine göre yazı yığınlarını yerleştirme seçeneği, yazının detaya göre nereye ve nasıl konumlanacağını kontrolüne izin vermektedir. *Kısıt tabanlı* modelleme tekniği bu anlamda *insan etkileşimi* ile beraber kullanılan *koşul-eylem* modelleme tekniğine göre neredeyse hiç insan müdahalesi gerektirmeden daha hızlı sonuç vermesi beklenmektedir.

Yazılımın bir önceki sürümünde, yazı genelleştirme ve yerleştirme işlemlerinde detay-yazı ilişkisi eksikliğinden kaynaklanan bazı semantik sorunlar yaşanmıştır. Harita yazılarını harita üzerine otomatik olarak yerleştirmek için detay ile yazı arasında bir ilişkinin var olması gerekmektedir (ASLAN vd. 2004). Bu bağlamda, yerleşim yeri isimlerini Yerleşim Yeri Veri Tabanından (YYVT), diğer yazıları 1:25000 ölçekli temel ölçekli veritabanından alarak, detay ile yazı ilişkisini yapılandıran bir program geliştirilmiştir. Bununla birlikte, harita üzerinde yazısı mevcut olup, bu yazıya ait somut bir detayla ilişkilendirilemeyen tepe, sırt, dağ, ova gibi net olmayan sınırlara sahip yerleştirilmesi zor arazi yazıları da bulunmaktadır. Bu yazılar ise, sayısal arazi modeli yardımı ile üretilen eğim ve baki haritaları kullanılarak türetilmiş ve ESRI Maplex uzantısının avantajlarından da faydalanılarak tüm bu yazılar harita üzerinde olabilecek en uygun yere yerleştirilmişlerdir. Ayrıca önceki sürümde sadece yerleşim yerleri isimleri, nirengi yükseklik yazıları, mezar isimleri ve bina isimleri gibi bazı önemli harita detaylarına ait yazılar seçilirken bunların yerleştirilmesine yönelik herhangi bir işlem gerçekleştirilmemektedir. Başka bir değişle yazılar temel ölçekli haritadan olduğu gibi alınmakta, şekil ve konumunda herhangi bir değişikliğe uğramamaktadır.



Şekil 2. Koşul-eylem modeli kullanılarak gerçekleştirilen yazı genelleştirme uygulaması

Kısıt tabanlı ile koşul-eylem ve insan etkileşimli modelleme tekniklerini karşılaştırmak için, yoğun yazı detayına sa-

hip 1:25000 ölçekli haritalardan türetilen 1:100000 ölçekli topografik harita genelinde bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırma kistası olarak işlem sürelerine, yerleştirilen yazıların konumsal doğruluğuna ve HGK üretim standartlarına göre eksik yazı verisi olup olmadığına bakılmıştır.

Söz konusu pafta genelinde çalışan uygulama sonuçlarını karşılaştırmak için referans kabul edilebilecek HGK üretim gereksinimlerini karşılayan örnek bir alan seçilmiştir. Bu referans görünümüne ulaşabilmek için öncelikle koşul-eylem modeli ile birlikte insan etkileşimli model uygulanmış, elde edilen çıktı Şekil 2'de gösterilmiştir. Söz konusu pafta için tüm harita yazılarının genelleştirilmesi sadece koşul-eylem modelinin kullanımı ile yaklaşık 5 dakika sürmüştür. Aynı paftaya kısıt tabanlı modelleme tekniği de uygulanmış ve sadece koşul-eylem modeli uygulamasına göre işlem süresi yaklaşık üç kat artış göstermiştir. Ancak koşul-eylem modelinin kullanıldığı ve Şekil 3'de de bir kısmı gösterilen örnek paftada eksik yazılar ve yanlış yerleştirme gibi bazı sorunların varlığı göze çarpmaktadır. Bu sorunların çözümü için kartograf müdahalesi gerekmekte ve insan etkileşiminin de sürece dâhil edilmesi ile işlem süresi yaklaşık 10 saat daha uzamaktadır. Kısıt tabanlı modelleme tekniğinin uygulamasını gösteren Şekil 3'ün neredeyse hiç kartograf müdahalesine ihtiyaç duymadığı gözlemlenmektedir. Bu sonuçlar kısıt tabanlı modelleme tekniğinin yazı genelleştirmesi ve yerleştirmesi için uygun bir teknik olduğunu göstermektedir.



Şekil 3. Kısıt tabanlı model kullanılarak gerçekleştirilen yazı genelleştirme uygulaması

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Genelleştirme süreci karmaşık doğası nedeniyle halen kartografyanın önemli konuları arasında yer almakta ve bu süreci modellemek için halen mükemmel bir çözüm olmadığı da kabul edilmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile ilgilenen neredeyse tüm ticari yazılımlar genelleştirme konusunda etkin çözümler sunamamışlar ve bu da, türetme harita üreten haritacılık kurumlarını kendi özgün çözümlerini bulmaya zorlamıştır. Bu bağlamda, her ne kadar teknolojik

ilerlemelerle beraber genelleştirme sürecinin modellenmesi bazı değişiklikler gösterse de türetme harita üretirken belirli ihtiyaçların karşılanması gerekliliğinden kaynaklanan sıkıntılar yaşanmaktadır. Bu sıkıntılar tatmin edici seviyeye çeşitli deneysel çalışmalarla getirilmekte, bunu yaparken de güncel yöntemler kullanılmaya çalışılmaktadır.

Yoğun işlem ve analizlerle türetme haritaların sorunlarına çözümler üreten bu süreç, son yıllarda teknolojik gelişmelerin de etkisiyle otomasyon çalışmalarına büyük hız kazandırmıştır. Bu kapsamda, basit toplu iş süreçleri, kapsamlı modelleme teknikleri gibi farklı birçok yaklaşım otomatik genelleştirmeye katkıda bulunmaktadır (HARRIE ve WEIBEL, 2007).

Bu çalışmada, kapsamlı modelleme teknikleri hakkında kısa bir bilgi verilerek, harita tasarımında önemli bir yere sahip yazı genelleştirme ve yerleştirme ile ilgili bir uygulama çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda *koşul-eylem*, *insan etkileşimli* ve *kısıt tabanlı* modelleme teknikleri örnek bir pafta içinde karşılaştırılmıştır. Ancak, HGK bünyesinde üretimi yapılan 1:50000 ve 1:100000 ölçekli haritaların üretim sistemi içerisinde denenen ve halen söz konusu üretim sistemi içerisinde en güncel hali ile yer alan yazı genelleştirme uygulaması, bir önceki sürümü ile beraber oniki adet paftada karşılaştırılmış ve elde edilen sonuçlar ışığında en güncel modelleme tekniği olan *kısıt tabanlı* modelin insan etkileşimini büyük ölçüde önlediği ve otomatik genelleştirme sürecini iyi yönde etkilediği kanısına varılmıştır. Bu da diğer detay sınıfları için yapılacak sonraki çalışmalar için cesaret vermektedir.

## Kaynaklar

- AGENT, 1998: **Constraint analysis**. Technical report, Agent Consortium.
- ASLAN, S., ÇETİNKAYA, B., ILGIN, D.E., YILDIRIM, A. 2004: **Some intermediate results of KartoGen Generalization Project in HGK**, ICA/EuroSDR Workshop on Generalisation and Multiple Representation, Leicester, UK, August 19-22.
- BİLDİRİCİ, İ.Ö., ASLAN, S., SİMAV Ö., 2011: **A Generic Approach To Building Typification**, 14<sup>th</sup> Workshop of the ICA on Generalization and Multiple Representation, Paris, June 30-July 1
- BURGHARDT, D., SCHMID, S. ve STOTER, J., 2007: **Investigations on cartographic constraint formalization**, Workshop of the ICA Commission on Generalization and Multiple Representation, August, Moscow.
- HARRIE, L., WEIBEL, R., 2007: **Generalization of Geographic Information**, Cartographic Modelling and Applications, Elsevier, p. 67-87
- HAUNERT, J.-H., SESTER, M., 2008: **Assuring logical consistency and semantic accuracy in map generalization**, Photogrammetrie - Fernerkundung - Geoinformation (PFG), vol. 2008, no. 3, p. 165-173.
- MACKANESS W.A., RUAS A., 2007: **Generalization of Geographic Information**, Cartographic Modelling and Applications, Elsevier, p. 89-111
- ROBINSON, A.H, MORRISON J.L., MUEHRCKE P.C., KIMERLING A.J., GUPTILL S.C., 1995: **Elements of Cartography**, John Wiley & Sons, Inc., p. 403-423
- SCHMID, S., 2008: **Automated Constraint-Based Evaluation of Cartographic Generalization Solutions**, Master Thesis, University of Zurich, Switzerland
- WEIBEL, R., 1991: **Amplified intelligence and rule-based systems**, Map Generalization, Making Rules for Knowledge Representation, pages 172-186. Longman, London.



# GNSS Verisinin Gerçek Zamanlı İletimi İçin Uluslararası Standartlar ve Gelişmeler

Taylan ÖCALAN<sup>1</sup>, Metin SOYCAN<sup>2</sup>

## Özet

Günümüzde gerçek zamanlı konum belirleme kapsamında DGNS ve RTK uygulamaları, ölçme ve navigasyon amaçlı birçok çalışma için etkin olarak kullanılır hale gelmiştir. Dünyada sayıları gide-rek artan GNSS/CORS ağları ile birlikte bu uygulamaların niteliği daha da artmıştır. Bu dinamik süreç gerçek zamanlı uygulamalar için uluslararası GNSS veri standartlarının oluşumunu ve gelişimini de sağlamıştır. Bu bağlamda bu çalışmada farklı kullanıcı seviyeleri için, değişik nitelikteki birçok çalışmada kullanılan gerçek zamanlı konum belirleme sistemlerinin veri iletim mekanizmaları tartışılacaktır. Bu mekanizmaları oluşturan veri formatlarının (RTCM, NMEA, CMR/CMR+), veri iletim protokollerinin (NTRIP, RTIGS) ve veri iletim linklerinin (VHF, UHF, GSM, GPRS, EDGE, UMTS) gerçek zamanlı GNSS veri iletimindeki önemi vurgulanarak, özelinde NTRIP protokolü ile RTCM veri formatı mesaj yapısı, mesaj türleri ve içerikleri, farklı sürümleri hakkında kapsamlı bilgi verilecektir.

## Anahtar Sözcükler

GPS/GNSS, CORS, Ölçme Standartları, RTCM, NTRIP

## Abstract

### International Standards and Developments for Real-Time Delivery of GNSS Data

Today, real time point positioning applications especially DGNS and RTK has an effective use in engineering measurements and navigation works. The increase of the GNSS/CORS networks helps improvements of the qualifications of these facilities. This dynamic improvement process has provided the constitution and development of GNSS data standards for real-time applications. In this paper, the data transmission mechanism of real-time point positioning systems used in many different-quality applications will be discussed for different user levels. The significance of the data formats (RTCM, NMEA, CMR/CMR+), transmission protocols (NTRIP, RTIGS) and data communication links (VHF, UHF, GSM, GPRS, EDGE, UMTS) in real-time GNSS data delivery will be emphasized, and comprehensive information will be presented particularly in NTRIP protocol, message structure of RTCM data format, message types and message contents for different versions.

## Key Words

GPS/GNSS, CORS, Surveying Standards, RTCM, NTRIP

## 1. Giriş

Günümüzde, konuma ve mekâna bağlı bilgilerin temini, elektronik, bilgisayar, yazılım, telekomünikasyon ve uydu sistemleri gibi teknolojik unsurlar ile dinamik bir gelişim süreci sergilemektedir. Yer'e (geo) ilişkin bilgilerin, istenilen standartlarda, güvenli, ekonomik ve yaygın bir şekilde işlenerek sunulması, artan mali değeriyle Harita (Geomatik, Jeodezi ve Fotogrametri) Mühendisliğinin güçlü kaynakları ve uygulama alanları arasında yerini almıştır. Özellikle konuma ilişkin veri niteliğindeki bilgiler uydu bazlı global ölçme ve konumlama sistemleri ile elde edilmektedir.

Bu sistemlerin başında gelen global navigasyon uydu sistemleri (GNSS)'nin gerçek zamanlı (real-time) uygulamaları ise birçok farklı disiplin ve kullanıcı tarafından tercih edilen etkin sistemler haline gelmiştir. Bu bağlamda, ağ-RTK (NRTK-RTN) prensibinde çalışan GNSS/CORS ağları, gerçek zamanlı diferansiyel düzeltme hesap teknikleri (VRS, FKP, MAC), GPS/GNSS kullanıcı ekipman, donanım ve yazılımları ile telekomünikasyon teknolojileri gerçek zamanlı uygulamalar dikkate alındığında ön plana çıkmaktadır. Başta bilimsel çalışmalar olmak üzere, günlük yaşamımızdaki uygulamalar için dahi etkin bir şekilde kullanılan bu sistemler, gelişen ve değişen teknolojiye paralel olarak her geçen gün kullanıcıya yüksek doğrulukta daha üstün hizmetler sunmaktadır (ÖCALAN ve SOYCAN, 2011).

Bugün GPS ve GLONASS sistemlerinin faal kullanımının yanı sıra yakın bir gelecekte GALILEO ve COMPASS gibi diğer global sistemlerin devreye girmesi, bölgesel sistemler (QZSS, IRNSS vb.) ile kapsama alanı genişletici/augmentation (WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN vb.) diğer sistemleri de içeren GNSS konseptinin her yerde, her zaman, doğru ve güvenilir olarak etkin kullanımını sağlamak amacıyla uluslararası standartlar oluşturulmuştur (ÖCALAN ve TUNALIOĞLU, 2010).

Bu standartlar içerisinde GNSS verisinin gerçek zamanlı iletimi için geliştirilen ve kullanılan çeşitli veri formatları ve veri iletim protokolleri ise, günümüzde özellikle diferansiyel konum belirleme kapsamında DGNS ve RTK uygulamaları, mutlak konum belirleme kapsamında gerçek zamanlı PPP (Real-Time Precise Point Positioning) uygulamaları için oldukça önem kazanmıştır. Genel olarak ölçme ve navigasyon amaçlı kullanılan bu sistemlerden DGNS tekniği, bir alıcı ve bir uydu arasındaki sinyalin seyahat süresinin hesabı için kod ölçülerini kullanırken, buna karşın RTK tekniği taşıyıcı faz ölçülerini kullanmaktadır. Her iki teknikte konumu iyi bilinen bir ya da birden fazla referans istasyonundan yayınlanan düzeltme verilerini mobil kullanıcılara ve alıcılara iletmek için bir kablosuz iletişim linkine ihtiyaç duymaktadır.

<sup>1</sup> Uzman, <sup>2</sup> Doç. Dr., YTÜ Harita Müh. Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, Esenler/İstanbul

Son yıllarda IGS, JPL, CODE vb. kurum ve organizasyonların sağladığı veri ve ürünler, mutlak anlamda yüksek doğruluklu konumlama için PPP tekniğinin geliştirilmesini sağlamıştır. Özellikle uydu yörünge bilgileri ile alıcı ve uydu saat bilgilerinin sunumu ile gerek büro hesapları, gerekse gerçek zamanlı uygulamalarda yüksek doğruluk sağlayan bu yöntemin yakın bir gelecekte etkin kullanımı için çalışmalar yürütülmektedir (ÖCALAN, 2011). Yürütülen bu çalışmalar DGNS/RTK/RT-PPP tekniklerini destekleyecek ve geliştirecek nitelikte katkılar sağlamaktadır.

Yukarıda bahsedilen gelişmeler ışığında, bu çalışmada özellikle kara, deniz ve hava navigasyonu için standart DGNS uygulamaları ile farklı marka ve modeldeki alıcılardan oluşabilen ağ-RTK ilkesi ile çalışan GNSS/CORS ağlarının entegrasyonu, birlikte çalışabilirliği ve yönetimi için geliştirilmiş ve kullanılmakta olan veri formatları, veri iletim protokolleri ve veri iletişim linkleri ele alınacaktır. Bu noktada gerçek zamanlı veri iletiminde kullanılmamasına karşın, alıcıdan bağımsız GNSS veri değişim formatı olarak bilinen ve uluslararası bir standart olan RINEX formatı ve çeşitli güncel sürümleri kısaca ele alınacak, gerçek zamanlı uygulamalar için RTCM SC-104 (The Radio Technical Commission for Maritime Services Special Committee-104) tarafından geliştirilen ve etkin olarak kullanılan RTCM formatının farklı sürümleri, mesaj yapısı, mesaj türleri ve içerikleri kapsamlı olarak irdelenecektir. Bunun yanı sıra, GNSS verisinin internet üzerinden iletimi için geliştirilen NTRIP ve RTIGS gibi ağ iletim protokolleri ile veri iletişim linki olarak kullanılan VHF/UHF bantları, GSM, GPRS, EDGE ve UMTS gibi kablosuz ağ teknolojilerinin gerçek zamanlı GNSS uygulamalarındaki önemi vurgulanacaktır.

Sonuç olarak, gerçek zamanlı GNSS verisinin iletim mekanizmalarını oluşturan veri iletişim linkleri, veri iletim protokolleri, veri formatları, mesaj yapıları, mesaj türleri ve içerikleri ile RTCM'nin farklı sürümdeki formatları uluslararası gelişmeler ışında ele alınacaktır. Özellikle yapı ve biçim özellikleri bakımından RTCM SC-104 v2.x (kısaca RTCM 2.x) ile RTCM SC-104 v3.x (kısaca RTCM 3.x) sürümleri karşılaştırılarak, benzer ve farklı yanları, avantaj ve dezavantajları, kullanılan bant genişliği ve verimliliği ele alınacaktır.

## 2. GNSS Veri Değişimi İçin Uluslararası Standartlar

Günümüzde ölçme ve navigasyon amaçlı konum belirleme uygulamalarında GNSS verisinin değişimi için geliştirilmiş 2 temel standart kullanılmaktadır. Bunlardan ilki özellikle diferansiyel ya da rölatif konumlamada ölçü sonrası değerlendirme çalışmaları ile veri arşivleme için geliştirilmiş, gerçek zamanlı veri iletimi için uygun olmayan RINEX (Receiver INdependent EXchange) formatıdır. İkincisi ise gerçek zamanlı uygulamalar için geliştirilmiş olan RTCM formatıdır. Bu standartların dışında gerçek zamanlı uygulamalar için GPS/GNSS alıcıları ile diğer cihazlar (örneğin PDA) arasında veri iletimi için NMEA formatı kullanılmaktadır.

Genel olarak GNSS alıcısı üreten birçok firma kendine özgü veri formatını geliştirmekte ve korumaktadır. Üretici firma tanımlı bu veri formatları çoğunlukla alıcı markası-

na bağımlı "binary" formatta olup, bazı firmalar tarafından "ASCII" formatta da geliştirilmektedir. Bazı durumlarda GNSS alıcısı üreten firmalar, değişik modeldeki alıcılar ve uygulamaya yönelik olarak farklı veri formatları da oluşturmaktadır. Ashtech MBEN ve PBEN, Javad JVS, Leica LB2, Trimble RT17 ve RT27 ve Topcon TPS bu kapsamda iyi bilinen üretici firma tanımlı veri formatlarıdır. GNSS ölçmelerinde gözlenen tüm veriler çoğunlukla alıcı markasına bağımlı "binary" veri formatında kaydedilerek, ölçü sonrası değerlendirme işlemi için bilgisayara aktarılmaktadır (HEO vd., 2009).

Ancak kullanıcılar tarafından farklı marka ve modeldeki GNSS alıcı, ekipman ve donanımları ile ticari yada akademik veri değerlendirme yazılımlarının kullanılıyor olması, gözlenen verilerin alıcıdan bağımsız bir veri değişim formatına dönüştürülerek her türlü yazılımla değerlendirilmesine olanak tanıyan uluslararası endüstriyel bir standardın oluşumunu zorunlu kılmıştır.

Bu nedenle 1980'li yılların sonlarına doğru, EUREF89'un oluşturulması sürecinde Avrupa kapsamında yapılan GPS kampanyalarını değerlendirme aşamasında, İsviçre'deki Bern Üniversitesi Astronomi Enstitüsü tarafından bilimsel ve jeodezik uygulamalarda GPS verisinin değişimi için "ASCII" dosya formatında RINEX formatı geliştirilmiştir. Bu formatın ilk sürümü olan "RINEX Version 1", 1989 yılında Las Cruces'da düzenlenen 5. Uluslararası Uydularla Konum Belirleme Jeodezi Sempozyumu'nda alıcıdan bağımsız veri değişim formatı olarak uluslararası bir standart olarak kabul edilmiştir. "RINEX Version 2" de, 1990 yılında Ottawa'da düzenlenen 2. Uluslararası Global Konum Belirleme Sistemleri ile Duyarlı Konumlama Sempozyumu'nda sunulmuş, GLONASS ve SBAS uydu sistemlerinin verileri de eklenmiş olarak kabul edilmiştir (GURTNER ve ESTEY, 2007). Formatın, RINEX 2.10, RINEX 2.11, RINEX 2.12, RINEX 2.20, RINEX 3.00 gibi farklı sürümleri de vardır. Son olarak RINEX 3.01 sürümünün IGS tarafından onayı beklenmektedir (GURTNER ve ESTEY, 2007; URL-1; URL-4).

GNSS veri değişimi için geliştirilmiş uluslararası bir diğer standartta gerçek zamanlı uygulamalarda kullanılan RTCM formatıdır. Özellikle farklı marka ve modeldeki alıcılardan oluşabilen GNSS/CORS ağlarının birlikte çalışması ve entegrasyonu ile bu ağlardan mobil kullanıcılara (geziçi alıcılara) iletilen gerçek zamanlı verilerin bir protokol ve veri formatında gönderilmesi, kullanıcılar tarafından da bunların kabul edilebilir olması gerekmektedir. Bu nedenle uluslararası bir standart olarak geliştiren RTCM, başta DGNS olmak üzere günümüzde RTK uygulamalarında etkin olarak kullanılan bir veri formatıdır.

Tablo 1'de karşılaştırmalı olarak genel özellikleri verilen RINEX, RTCM ve NMEA gibi formatların yanında uluslararası anlamda bilinen CMR/CMR+, RTCA, SP3, BINEX gibi farklı içerik ve nitelikteki uluslararası standart formatlar da bulunmaktadır. Bunların dışında üretici firma tanımlı daha birçok veri formatı da geliştirilmiştir.

Tablo 1: RINEX, RTCM, NMEA formatlarının genel özellikleri (CHOI, 2011)

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>RINEX</b> | Farklı GNSS alıcısı üreten firmaların, üretici firma tanımlı verilerinin kombine edilmesi sağlar.<br>Özellikle statik verilerin değerlendirilmesi ve arşivlenmesinde kullanılmaktadır.                                                                              |
| <b>RTCM</b>  | GNSS alıcıları arasında veri iletimini sağlar.<br>Örneğin Referans Alıcı (Base) → Gezici Alıcı (Rover)<br>“Binary” dosya yapısındadır. Kompakt yapıda olmasına karşın anlaşılması güçtür.<br>Gerçek zamanlı uygulamalarda düzeltme verisinin iletiminde kullanılır. |
| <b>NMEA</b>  | GNSS alıcıları ile diğer cihaz ve aletler arasındaki veri iletimi için kullanılmaktadır.<br>Örneğin GNSS anteni → CBS için PDA<br>Gerçek zamanlı konum belirleme uygulamaları için kullanılmaktadır.                                                                |

### 3. GNSS Verisi İçin Gerçek Zamanlı İletim Mekanizmaları

GNSS bilgilerinin gerçek zamanlı iletimi ve teslimi için üç temel bileşen bulunmaktadır. Bu bileşenler kullanılan “veri iletişim linkleri (*data communications link*)”, “veri iletim protokolleri (*transmission protocol*)” ve “veri formatları (*data format*)”dır.

Üretici firma tanımlı özel veri formatlarının dışında günümüzde uluslararası standart olarak kabul edilmiş RTCM, NMEA ve CMR/CMR+ gibi formatlar bulunmaktadır. Bu formatlar anlamlı GNSS bilgilerini “bit” dizileri şeklinde içeren ve bu bilgilerin belli bir sözleşme ile iletimini sağlayan dosya yapısındadırlar. Veri iletim protokolleri ise ilgili formattaki GNSS bilgilerini içeren dosyaların bir ağ üzerinde güvenilir akış kontrol mekanizmalarını sağlayarak, veri iletimini yönetirler. Günümüzde GNSS verileri için geliştirilmiş NTRIP ve RTIGS gibi veri iletim protokolleri bulunmaktadır. Tüm bu bilgileri bir yerden diğer bir yere taşıma aracı olarak ise veri iletişim linkleri (telekomünikasyon sistemleri) kullanılmaktadır. Genel anlamda veri iletişim linkleri de tek yönlü ve çift yönlü olmak üzere 2 türdedir (HEO vd., 2009).

#### 3.1. Veri İletişim Linkleri

Veri iletişim linkleri gerçek zamanlı diferansiyel konumlama için oldukça önemlidir. DGNSS ve RTK uygulamalarında ham veriler ile kod ve faz ölçü düzeltmelerinin, referans ve gezen alıcılar arasında alınması ve gönderilmesi gerekmektedir.

Bu bilgilerin aktarılmasında kullanılacak olan veri iletişim linklerinin belirlenmesinde çeşitli unsurlar etken olmaktadır. Uzaklık, kapsama alanı, bant genişliği, güvenilirlik vb. teknik nedenler, kullanılacak sistemlerin maliyeti ve bu konudaki ilgili yasal mevzuat bu veri iletişim linklerinin belirlenmesindeki en önemli etkenler olmaktadır (KAHVECİ, 2009).

DGNSS ve RTK düzeltme verileri uzun yıllar Very High Frequency (VHF) ya da Ultra High Frequency (UHF) radyo sinyalleri vasıtasıyla telsiz iletişimiyle radyo modemler kullanılarak yayınlanmıştır. Bu yapıda iletişim sağlanabilmesi

için hem referans alıcı hem de gezen alıcı veya alıcılarda radyo modemin bulunması gereklidir. Teknolojik gelişmelerle birlikte kablosuz iletişim sistemlerinin kullanımı, günümüzde GNSS düzeltmelerinin yayınlanması için alternatif olarak internet protokolü (IP) ağlarının tercih edilmesini sağlamıştır. GNSS alıcıları, bilgisayar ve internetin etkin kullanımı ile iki yönlü kablosuz iletişim için Global System for Mobile Communications (GSM), General Packed Radio Service (GPRS), Enhanced Data rates for GSM Evolution (EDGE) ve Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) gibi çeşitli kablosuz linkler, veri iletişimi için kullanılmaktadır. Bunların yanında maliyetleri şimdilik fazla olsa da uydu haberleşme linkleri de (Thuraya, OmniSTAR, Türksat vb.) kullanılmaktadır. Günümüzde DGNSS/RTK uygulamaları için tercih edilen GSM’de düzeltmeler bağlantı süresi dikkate alınarak ücretlendirilirken, buna karşın GPRS’in kullanımında “download” edilen veri miktarına göre ücretlendirme yapılmaktadır (LENZ, 2004; ÖCALAN ve TUNALIOĞLU, 2010).

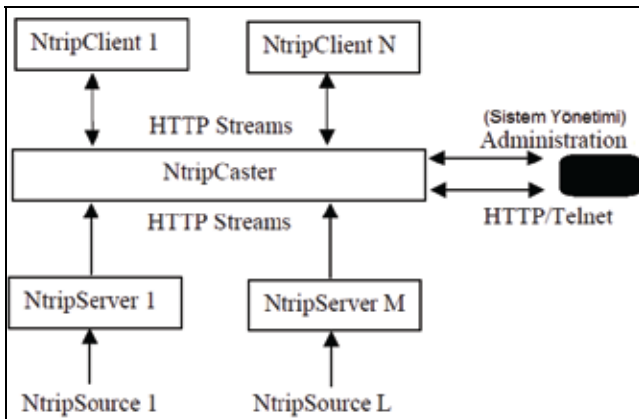
#### 3.2. Veri İletim Protokolleri

Günümüzde GNSS verilerinin internet üzerinden yayınlanması ve dağıtımı amacıyla geliştirilmiş 2 standart protokol bulunmaktadır. Bunlardan “Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP)”, gerçek zamanlı olarak internet-radyo teknolojisini geliştirip desteklemek amacıyla Almanya Federal Kartografya ve Jeodezi Dairesi (BKG) tarafından geliştirilmiştir. “Real-Time IGS (RTIGS)” ise Uluslararası GNSS Servisi (IGS) tarafından geliştirilme süreci devam eden diğer bir protokoldür. Bu internet protokolleri, ilgili veri formatındaki GNSS bilgilerini içeren dosyaların bir ağ üzerinde güvenilir akış kontrol mekanizmalarını sağlayarak, veri iletimini yönetirler. Başka bir ifadeyle GNSS verilerinin internet üzerinden nasıl yayınlanacağını tanımlayan protokollerdir.

NTRIP’ in ilk sürümü olan NTRIP v1.0, 2004 yılında RTCM SC-104 Komitesi tarafından RTCM standardı olarak kabul edilmiş bir internet protokoldür. Yalnızca RTCM veri formatı veya standart diğer veri formatları için değil, üretici tabanlı özel veri formatları içinde kullanılmaktadır. NTRIP, Hypertext Transfer Protocol HTTP/1.1’ ye dayalıdır. Kablosuz internet ile GSM, GPRS, EDGE ve UMTS gibi çeşitli mobil IP ağlarını destekleyen bir protokoldür. Birkaç yıl önce RTCM SC-104 Komitesi, NTRIP v1.0’ ı, paket tabanlı iletişim için standart olarak kabul etmiştir. NTRIP v1.0, güvenli bir şekilde veri iletimini sağlamak için “Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP)” kullanır. NTRIP, sabit ve mobil kullanıcılar ve özellikle gerçek zamanlı diferansiyel uygulamalarda mobil kullanıcılar için PC, Laptop, PDA ile GNSS alıcılarının eş zamanlı kullanımında internet üzerinden veri akışının kontrolünü sağlar. 2009 yılında RTCM SC-104 Komitesi tarafından NTRIP’ in yeni sürümü olan NTRIP v2.0’ da kabul edilmiştir. Bu yeni sürümde HTTP’ ye tam uyum için, TCP/IP’ ye ek olarak “User Datagram Protocol/Internet Protocol (UDP/IP)” nin kullanımı değerlendirilme aşamasındadır. Yeni sürüm olan NTRIP v2.0’ da, http protokol ihlalleri temizlenerek gerçek zamanlı veri akış kontrolü için iletişimin daha sağlıklı gerçekleşmesi sağlanmıştır. NTRIP

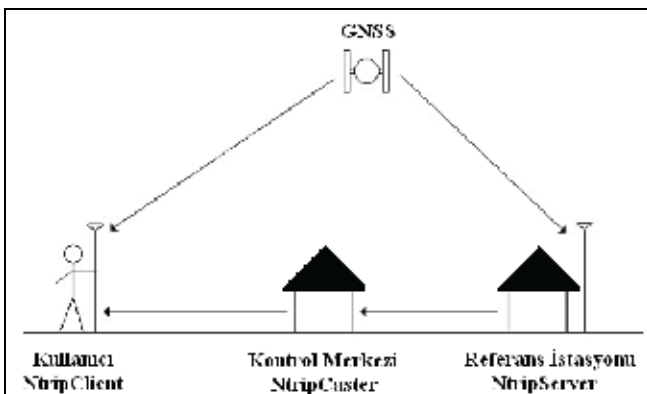
v2.0 daha önceki sürümü olan NTRIP v1.0 ile uyumlu olarak geliştirilmiştir (RTCM, 2004; WEBER vd., 2005; HEO vd., 2009; RTCM, 2009; URL-3).

NTRIP protokolü RINEX, BINEX, SOC veri formatlarının, DGNSS/RTK uygulamaları için RTCM formatı ile yayın efemerislerinin, yörünge ve saat düzeltmelerinin, havacılık uygulamalarında RTCA düzeltmelerinin (EGNOS-WAAS-MSAS ile) ve diğer GNSS veri formatlarının kontrollü olarak akışını sağlar. Şekil 1’de görüldüğü üzere NTRIP, 3 ana sistem yazılımı bileşeninden oluşmaktadır. Bunlar “NtripClients”, “NtripServers” ve “NtripCasters” olarak adlandırılmaktadır (URL-3). Şekil 2’de ise, bu bileşenler için kullanıcı, kontrol merkezi ve referans istasyonu arasındaki iletişimi anlatan temsili gösterim sunulmuştur.



Şekil 1: NTRIP sistem bileşenleri arasında veri akışı (URL-3)

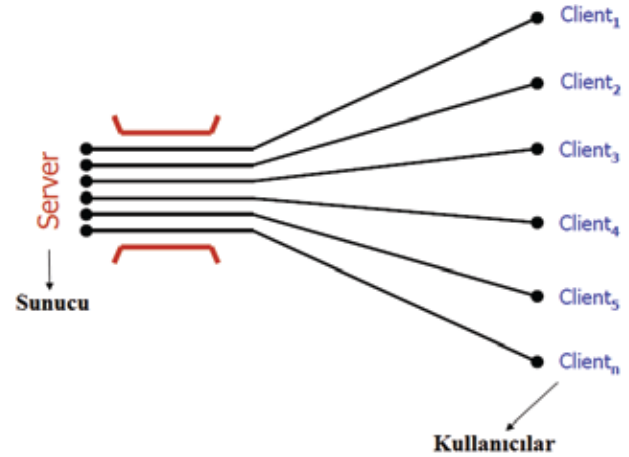
Bir diğer veri iletim protokolü olan RTIGS' de internet üzerinden GNSS veri akışının kullanımının yaygınlaşması için IGS çalışma gruplarından “Real-Time Working Group (RTWG)” tarafından geliştirilmiştir. RTIGS protokolü, UDP/IP'yi kullanmaktadır. Aynı zamanda minimum bant genişliği ile GPS gözlem verilerini taşımak için JPL tarafından geliştirilmiş SOC veri formatını kullanır (URL-1).



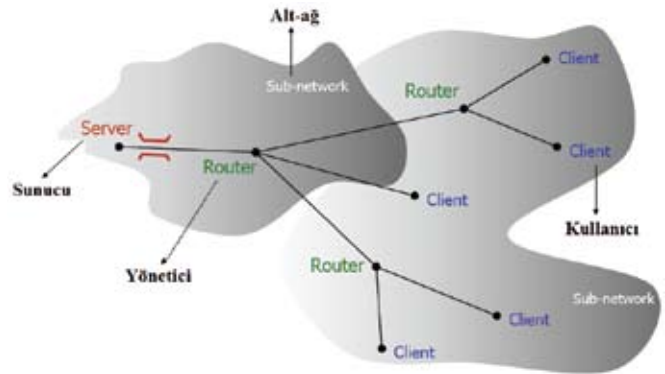
Şekil 2: NTRIP iletişimi (PETERZON, 2004)

TCP/IP, kullanılan birçok ağda veri akış yoğunluğunun giderilmesinde internet-radyo'daki önemli deneyimlerden biri olmuştur. Ancak "Server"da fazla iş yükü olmasına neden olmaktadır. UDP/IP ise veri akışı için alt ağlarda daha etkin

çözüm ve sonuçlar vermektedir. Fakat bunun gerçekleştirilmesi için tüm kullanıcı alt ağların sisteme erişebilir olması gerekmektedir. Örneğin UDP mobil IP kullanıcıları desteklememektedir (WEBER vd., 2003). Şekil 3 TCP/IP kullanımında, Şekil 4 ise UDP/IP kullanımında veri akışının ne şekilde gerçekleştiğini göstermektedir.



Şekil 3: TCP/IP kullanımı (WEBER vd., 2003)



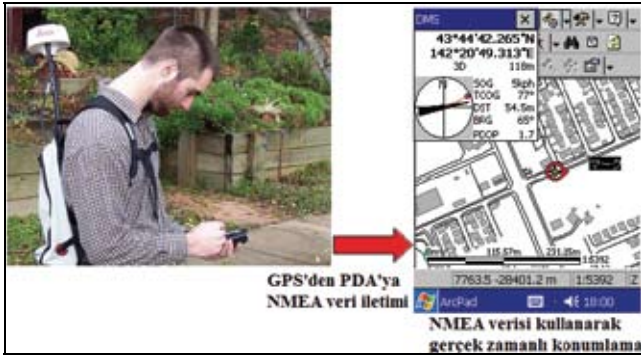
Şekil 4: UDP/IP kullanımı (WEBER vd., 2003)

### 3.3. Veri Formatları

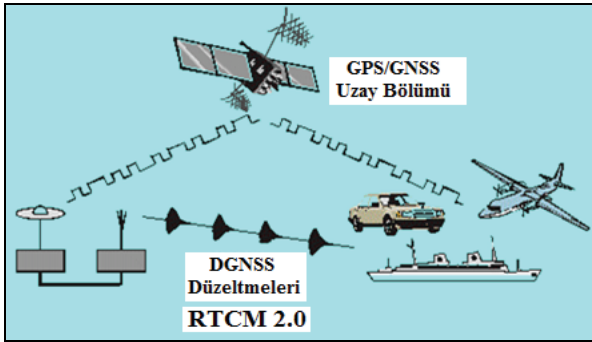
NMEA 0183 (kısaca NMEA) veri formatı, U.S. National Marine Electronics Association tarafından, deniz navigasyonu ve diğer denizcilik uygulamalarında arabirim olarak kullanılan elektronik cihazların (GPS, pusula, ekosounder vb.) veri iletişimi için geliştirilmiş bir standarttır. Denizcilikte kullanılan elektronik cihazlar arasındaki veri hızlarının uyumsuzluklarının giderilmesini sağlayan bu mesaj formatı, çoğunlukla bir GPS/GNSS alıcısı ile diğer cihazlar arasında (mekanik ve elektronik aletler) verinin iletimi için kullanılır (URL-2).

NMEA, “ASCII” dosya yapısında olduğundan veriler kolayca okunabilmektedir. NMEA mesajında, uydulara ilişkin gözlem verileri yoktur ve navigasyon bilgisi de sınırlıdır. Bu nedenle birçok GNSS alıcısında, NMEA mesaj çıkışı özelliği bulunsun da, diferansiyel ve RTK uygulamaları için bu formatın kullanımı sınırlıdır. NMEA özellikle navigasyon amaçlı uygulamalarda kullanılan bir veri formatıdır.



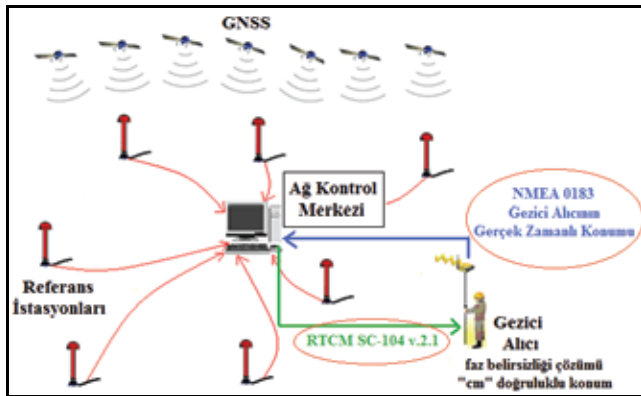


Şekil 5: Farklı cihazlar arasında NMEA veri iletimi (CHOI, 2011)



Şekil 6: DGNSS servislerinde RTCM verisinin kullanımı (CHOI, 2011)

1947 yılında Amerika'da kurulan The Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM), günümüzde tüm dünyadan çeşitli devlet kurumlarının, üretici firmaların ve servis sağlayıcı diğer kurumların oluşturduğu bağımsız bir organizasyon olarak başta denizcilik uygulamaları olmak üzere, farklı disiplinler ve uygulayıcılara da hizmet eden bir kuruluştur. Özellikle deniz ve hava navigasyonun da DGNSS' in etkin kullanımı için kurum içerisinde RTCM SC-104 Komitesi'nin oluşumu sağlanmıştır. Bu komite GPS/GNSS uygulamaları için RTCM veri formatının geliştirilmesi çalışmalarını yürütmektedir. Diferansiyel GNSS uygulamalarında düzeltme verilerinin gerçek zamanlı iletimi için RTCM 2.x ve RTCM 3.x uluslararası standartlarının oluşturulması ve gelişimi, ilgili bu komisyon tarafından gerçekleştirilmektedir (HEO vd., 2009; URL-5).



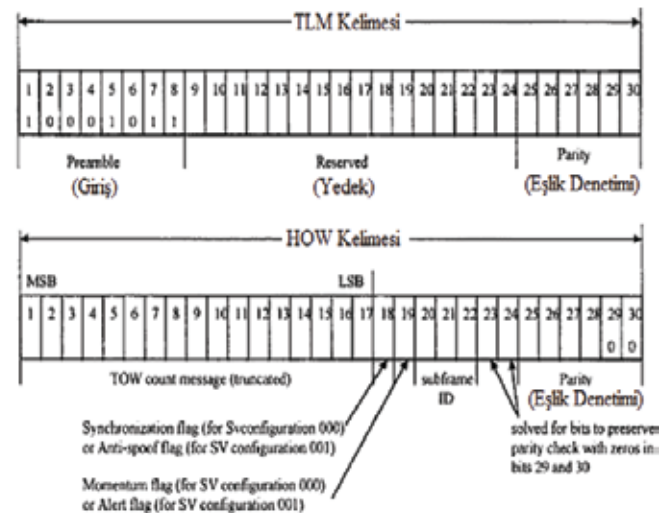
Şekil 7: GNSS/CORS ağlarında NMEA ve RTCM verisinin kullanımı (ÖCALAN ve TUNALIOĞLU, 2010)

Gerçek zamanlı veri iletimi için kullanılan RTCM "binary" yapıdadır. Ancak RTCM 2.x sürümlerinin verimsiz format yapısı nedeniyle yüksek bant genişliği gerektirmesi özellikle RTK uygulamaları için sıkıntılar yaratmıştır. Bundan dolayı RTK uygulamalarında daha etkin bir bant genişliğinin kullanımı için RTCM 2.x sürümlerine alternatif olarak Trimble Navigation firması tarafından Compact Measurement Record (CMR) veri formatı daha kompakt bir yapıda geliştirilmiştir. CMR daha düşük "baud" hızında GNSS verisinin aktarımı için uygundur. CMR formatı geliştirilerek CMR+ formatı elde edilmiştir. Birçok GNSS alıcı üreticisi CMR/CMR+ formatlarının kullanımını ürünlerinde sağlamaktadır. RTCM 2.x sürümlerindeki bant genişliğinin kullanımındaki sıkıntılar RTCM 3.x sürümleri ile giderilmiş ve daha etkin bir bant genişliğinin kullanımı sağlanmıştır.

#### 4. RTCM 2.x (x:0, 1, 2, 3) Sürümleri ve Özellikleri

##### 4.1. Mesaj Yapısı

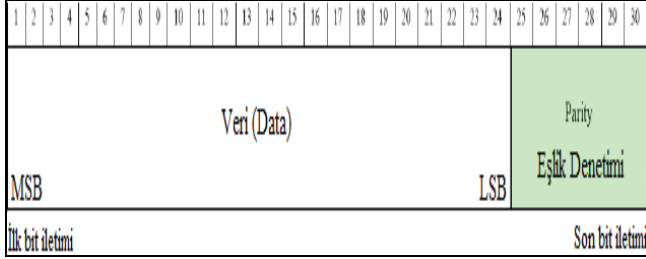
RTCM 2.x veri formatının tasarımı GPS navigasyon mesajının yapısına dayalıdır. Diğer bir deyişle, kelime boyutu, format ve eşlik (parity) algoritmaları aynıdır. GPS navigasyon mesajı bir veri iletişim linkinde bir kelimesi 30 bit olarak 50 Hz. hızla bir uydu tarafından yayınlanır. Mesaj içerisindeki her bir alt bölüm Telemetri Kelimesi (Telemetry Word-TLM) ile başlamaktadır. İkinci kelime ise aktarma kelimesi (Hand Over Word-HOW)' dir. TLM ve HOW kelimeleri 30 bit uzunluğundadır ve her sayfada birinci ve ikinci kelimelerdir. Her kelime 6 eşlik bit'i (parity bit) içerir (KAHVECİ ve YILDIZ, 2009; HEO vd., 2009). TLM ve HOW kelimelerinin yapısı Şekil 8'de görülmektedir.



Şekil 8: TLM ve HOW kelimeleri

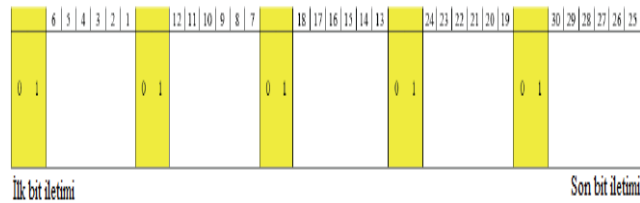
Benzer olarak RTCM 2.x' de iki ya da daha fazla 30 bitlik kelimeler içerir. Her mesajdaki ilk iki kelime; giriş (preamble), mesaj türü (message type), istasyon ID (station ID) gibi başlık bilgilerini (header information) içerir. Her 30 bit'in içinde 24'ü veriyi taşıırken, 6'sıda eşlik denetimi (parity check) için kullanılır. Başlık bilgisi ise gönderilen mesaj türü ile alakalı-

dır. GPS navigasyon mesajı için kelime boyutu ve kullanılan eşlik denetimi algoritması belirleyicidir. RTCM 2.x mesaj yapısı Şekil 9’da gösterilmektedir. Başlık mesajından sonra bir sonraki mesajın değişken uzunluğu gelmektedir. Mesaj uzunluğu başlık mesajındaki veri kelimeleri alan sayısı ile belirlenmektedir (HEO vd., 2009).



Şekil 9: RTCM 2.x için 30 bit’lik kelime yapısı (HEO vd., 2009)

RTCM 2.3, format özelliğine göre, 8 bit’lik karakter yapısı için Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü’ nün X3.15 ve X3.16 standartları olan ANSI X3.15-1976 ve ANSI X3.16-1976 seri veri iletimlerini kullanmaktadır. Sonuçta 30 bit’lik kelimeler, 8 bit formatında gösterilmelidir. RTCM 2’de, “6 of 8” olarak adlandırılan özel bir format kullanılmaktadır. Her bir byte GPS kelimesi 6 bit içermektedir ve kalan 2 bit’de, 30 bitlik kelime formatını doldurmak için sırasıyla “işaretleme” ve “boşluk” olarak (1 ve 0) kullanılarak tanımlanmaktadır. Şekil 10, “6 of 8” olarak adlandırılan özel format yapısını göstermektedir. ANSI X3.16’da standart 8 bit, 1 byte olarak tanımlanmıştır. Bu standart, iletilen ilk veri bit’ini, en az önemli bit olarak atamaktadır. Buna karşın RTCM standardı “ilk kural en önemli bit” (“Most Significant Bit First Rule”) tanımını kullanmaktadır. Byte’ın içindeki bit’lerin sırasının tersine çevrilmek zorunda olduğu bir “byte roll” da bu sonlandırılır.



Şekil 10: 5 byte için “6 of 8” özel formatı kullanımının gösterimi (HEO vd., 2009)

#### 4.2. Mesaj Türleri ve İçerikleri

RTCM 2.0, 1 Ocak 1990 tarihinde DGPS uygulamalarında kod düzeltmelerinin kullanımı için 1,2,3,6,16 ve 59 nolu temel mesaj türleri ile tanımlanmıştır. RTCM 2.0 sürümü ağ-RTK yapısında çalışan referans istasyonlarında veri ve bilgi iletimini desteklemediği için, Geo++ firması tarafından GNSS/CORS ağlarında alan düzeltme parametrelerinin (FKP) yayınlanması için 59 nolu mesaj türü kullanılmıştır.

1992 yılında RTCM 2.0’ın revize edilmesi ve taşıyıcı faz gözlemlerinin iletimi için taşıyıcı faz iletişimi çalışma grubunun kurulmasıyla, taşıyıcı faz verisi için standartların değiştirilmesi önerildi. 1994’de RTCM 2.0, RTK mesajlarını

içerecek şekilde güncellenerek, RTCM 2.1 sürümü geliştirildi. RTCM 2.1, düzeltilmemiş RTK faz ve kod ölçüleri (18, 19) ile RTK faz ve kod düzeltmelerini (20, 21) içermektedir. RTCM 2.2 sürümü ise 1998 yılından itibaren diferansiyel GLONASS düzeltmelerini içeren 31 nolu mesaj türü ile kullanılmaya başlanmıştır. 31 nolu mesaj türü, DGPS düzeltmeleri bakımından 1 nolu mesaj türüne eşdeğerdir. Buna karşın 18, 19, 20, 21 nolu mesaj türleri bir önceki sürüm olan RTCM 2.0 ile tam anlamıyla uyumlu değildir. RTCM 2.3 sürümü ise 2001 yılında, anten tanımlaması ve anten seri numaraları içeren 23 nolu mesaj, referans istasyonu anteni ARP koordinatları ile isteğe bağlı anten yüksekliği bilgilerini içeren 24 nolu mesaj ile tanımlanmıştır. Bu mesaj türlerinin dışında RTK’yi, radio-beacon yayınlarını, Loran-C’nin kullanımını vb. geliştirmek için pek çok yeni mesaj türü de geliştirilmiştir.

RTCM 2.3, birçok ticari alıcıya adapte edilebilmekte ve hala DGPS veya tek baz RTK (single-base RTK) uygulamaları için yaygın olarak kullanılmaktadır. Buna karşın, RTCM 2.3’ün belli sınırlamaları vardır. İlk olarak, her bir kelime 24 bit veri ve 6 bit eşlik (parity) ile 30 bitlik bir kelime yapısı oluşturmaktadır. 30 bitlik bir kelime yapısı mesajın verimsiz olarak kodlanması nedeniyle bant genişliğinde (bandwidth) fazla yer kaplamaktadır. İkinci olarak, eşlik hesabı önceki kelimenin bit’lerini içermektedir. Sonuç olarak her mesaj, sonra gelecek bir kelimedenden bağımsız değildir. Bunların dışında, RTCM 2.3’ün yapısı, GPS L2C ve L5, GALILEO ve COMPASS gibi gelecekteki GNSS sistemlerine yeni sinyaller yerleştirmek için yeterli esneklikte değildir. Bundan dolayı RTCM 2.3 kullanılarak, yeni ağ-RTK konseptleri uygulanamayabilir (RTCM, 2001, CHOI, 2011). Tablo 2’de, RTCM 2.x sürümlerinin yukarıda tanımlanan gelişim sürecine göre eklenen mesaj türleri ile kazandığı yeni içerik bilgilerinin özeti, Tablo 3’de ise bu sürümlerde kullanılan mesaj türlerinin kapsamlı olarak içerikleri görülmektedir.

Tablo 2: RTCM 2.x veri formatı sürümleri gelişimi

| RTCM 2.x Sürümleri | İçerik                                | Mesaj Türleri                                          |
|--------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| RTCM 2.0           | Kod düzeltmesi ... DGPS               | 1-2-3-6-16-59 nolu temel mesaj türleri ile tanımlandı. |
| RTCM 2.1           | Kod+Taşıyıcı Faz Düzeltmeleri ... RTK | 18-19-20-21 nolu mesajlar eklendi.                     |
| RTCM 2.2           | ... + GLONASS ... DGNSS               | 31-32-33-34-35-36-37 nolu mesajlar eklendi.            |
| RTCM 2.3           | ... + GPS Anten Tanımı ... RTK        | 23-24 nolu mesajlar eklendi.                           |
| RTCM SAPOS         | ... + FKP Bilgileri (59 ile) ... RTK  | 20-21-23-24 mesajları ve 59 nolu özel mesaj ile.       |

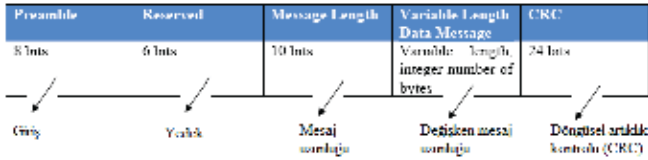
Tablo 3: RTCM 2.x (x:0,1,2,3) veri formatı sürümlerinin mesaj tür ve içerikleri (URL-6)

| Mesaj Türü           | İçerik                                                                                     |                                                                                           |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                    | Diferansiyel GPS düzeltmeleri (kod ölçüsü ve hız, max. 12 uydu için)                       |                                                                                           |
| 2                    | Delta diferansiyel GPS düzeltmeleri (bir önceki yörünge veri kayıtları, max. 12 uydu için) |                                                                                           |
| 3                    | GPS referans istasyonu koordinatları (ECEF X,Y,Z)                                          |                                                                                           |
| 4                    | Referans istasyonu datumu                                                                  |                                                                                           |
| 5                    | GPS uyduları işlevsellik (sağlık) durumu                                                   |                                                                                           |
| 6                    | GPS “Null Frame” bilgisi                                                                   |                                                                                           |
| 7                    | DGPS radio-beacon istasyonu almanak bilgisi                                                |                                                                                           |
| 8                    | Pseudolite (yalancı uydu) almanak                                                          |                                                                                           |
| 9                    | GPS kısmi düzeltme değerleri                                                               |                                                                                           |
| 10                   | P-kod diferansiyel düzeltmeleri                                                            |                                                                                           |
| 11                   | C/A-kod L1,L2 delta düzeltmeleri                                                           |                                                                                           |
| 12                   | Pseudolite (yalancı uydu) istasyon parametreleri                                           |                                                                                           |
| 13                   | Yer verici iletim parametreleri                                                            |                                                                                           |
| 14                   | GPS haftası zaman bilgisi                                                                  |                                                                                           |
| 15                   | İyonosferik gecikme mesajı                                                                 |                                                                                           |
| 16                   | GPS özel mesajı (max. 90 karakter uzunluğunda ASCII text)                                  |                                                                                           |
| 17                   | GPS yörünge bilgileri (efemeris)                                                           |                                                                                           |
| RTCM 2.1 ile eklendi | 18                                                                                         | RTK için düzeltilmemiş taşıyıcı faz ölçüsü (raw carrier phase data)                       |
|                      | 19                                                                                         | RTK için düzeltilmemiş kod ölçüsü (raw code data)                                         |
|                      | 20                                                                                         | RTK taşıyıcı faz düzeltmeleri                                                             |
|                      | 21                                                                                         | RTK kod düzeltmeleri                                                                      |
|                      | 22                                                                                         | Kapsamlı iyileştirilmiş referans istasyonu parametreleri                                  |
| RTCM 2.3 ile eklendi | 23                                                                                         | Anten tanımı                                                                              |
|                      | 24                                                                                         | Referans istasyonu anten referans noktası (ARP) koordinatları                             |
|                      | 25, 26                                                                                     | Tahsis Yok                                                                                |
| RTCM 2.3 ile eklendi | 27                                                                                         | Kapsamlı iyileştirilmiş DGPS radio-beacon istasyonu almanak bilgisi                       |
|                      | 28, 29, 30                                                                                 | Tahsis Yok                                                                                |
| RTCM 2.2 ile eklendi | 31                                                                                         | Diferansiyel GLONASS kod düzeltmeleri                                                     |
|                      | 32                                                                                         | GLONASS referans istasyonu koordinatı (ECEF X,Y,Z)                                        |
|                      | 33                                                                                         | GLONASS uyduları işlevsellik (sağlık) durumu                                              |
|                      | 34                                                                                         | GLONASS kısmi diferansiyel düzeltme değerleri (N>1)<br>GLONASS “Null Frame” bilgisi (N≤1) |
|                      | 35                                                                                         | GLONASS radio-beacon almanak bilgisi                                                      |
|                      | 36                                                                                         | GLONASS özel mesajı (max. 90 karakter uzunluğunda ASCII text)                             |
|                      | 37                                                                                         | GNSS sistemi zaman kayıklığı                                                              |
|                      | 38...58                                                                                    | Tahsis Yok                                                                                |
|                      | 59                                                                                         | Sisteme ilişkin özel mesajlar (gerekli veri iletimi için)                                 |
|                      | 60...63                                                                                    | Çok amaçlı kullanım                                                                       |

## 5. RTCM 3.x (x:0, 1) Sürümleri ve Özellikleri

### 5.1. RTCM 3.0 Formatı Mesaj Yapısı

RTCM 2.x sürümlerindeki veri yapısından kaynaklanan olumsuzları gidermek ve özellikle RTK uygulamalarını geliştirmek ve ağ-RTK'yi desteklemek için RTCM 3.x sürümünün ilki olan RTCM 3.0 tasarlanmıştır ve 2004 yılında yayınlanmıştır. RTCM 3.0, gelişmiş veri yapısı ve veri iletimi süresince kullandığı etkin bant genişliği nedeniyle özellikle RTK uygulamaları için büyük yarar sağlamıştır. RTCM 3.0, RTCM 2.x sürümleri ile karşılaştırıldığında bant genişliği ihtiyacını önemli ölçüde azaltmaktadır. Bunun yanı sıra üretici firma tanımlı veri formatlarından da (örneğin Leica LB2) daha az bant genişliği kullanmaktadır. RTCM 3.0, L1 ve L2 düzeltme farklarını, dağıtık ve dağıtık olmayan bileşenlere ayırmıştır. Bunlar "Ionospheric Carrier Phase Correction Difference (ICPCD)" ve "Geometric Carrier Phase Correction Difference (GCPD)" olarak adlandırılmaktadır. L1 ve L2 düzeltme farklarının bu şekilde ayrı ayrı iletilmesiyle bant genişliğinin kullanımında %80'e varan bir oranla azalmaya olanak sağlanmaktadır (YAN, 2004; O' KEEFE vd., 2007). RTCM 3.0 mesaj yapısı, 8 bit sabit olmak üzere ardından 6 bit gelen bir yapı ile başlar. RTCM 3.0 mesajlarında mesaj türüne bağlı olarak mesajın uzunluğu değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle eşlik denetimi için mesaj uzunluğunun sonunda "Cyclic Redundancy Check (CRC)" kullanılmaktadır. Bu eşlik algoritması, veri iletimi için verimliliği geliştirmekte ve artırmaktadır (HEO vd., 2009).



Şekil 11: RTCM 3.0 mesaj yapısı (Heo vd., 2009)

### 5.2. RTCM 3.0 Formatı Mesaj Türleri ve İçerikleri

RTCM 3.0 veri formatı esnek ve işlevsel bir yapıya sahiptir. Mesaj türleri farklı grupların altında düzenlenmiştir ve bu gruplardaki farklı mesaj türleri benzer bilgiler içerir. RTCM 3.0 sürümü, RTCM 2.x sürümlerindeki sınırlamaları ortadan kaldırırsa da her iki veri formatı birbiri ile uyumlu değildir. Tablo 4' de RTCM 3.0 formatı için ilgili grup, alt grup ve mesaj türleri görülebilir (RTCM, 2006).

### 5.3. RTCM 3.1 Formatı ve Ek Mesaj Türleri

#### 5.3.1. RTCM 3.1 Formatı Ağ-RTK Mesaj Türleri ve İçerikleri

Tüm dünyada oluşumu ve kullanımı giderek yaygınlaşan, ağ-RTK ilkesi ile çalışan GNSS/CORS ağları için RTCM 3.1 sürümü geliştirilmiş ve RTCM SC-14 Komitesi tarafından 2006 yılında onaylanarak hizmete sunulmuştur. GNSS/CORS ağlarının kullanımda sistematik hataların modellenmesi ve yüksek doğrulukta konum bilgisinin elde edilebilmesi için RTCM 3.1 formatı mesaj türleri oldukça önemlidir. Günümüzde GNSS/CORS ağları ile konum belirlemede etkin olarak kullanılan VRS, FKP ve MAC olarak bilinen üç veri hesap ve aktarma tekniği bulunmaktadır. RTCM 3.1 formatı, GPS/GLONASS yörünge bilgileri ile MAC tekniği için ağ-RTK uygulamalarında kullanılacak yeni mesaj türleri içermektedir.

VRS tekniğinin kullanımında ağ düzeltmeleri RTCM 2.3'de mesaj türü 18-19, RTCM 3.0'da ise mesaj türü 1001-1002-1003-1004 ile kodlanarak gezici alıcılara gönderilmektedir. FKP tekniğinde düzeltme parametreleri kullanıcılara SAPOS tarafından geliştirilmiş, RTCM 2.3'deki özelleştirilmiş mesaj türü olan 59 ile gönderilmektedir. Leica Geosystems ve Geo++ firmalarının birlikte geliştirdiği MAC tekniği ise RTCM 3.0 formatına dayalı bir tekniktir. GNSS/CORS uygulamalarında MAC tekniğinin kullanımı için geliştirilmiş beş yeni mesaj türü tanımlanmıştır. Bunlar Tablo 5'de görülmektedir (RTCM, 2006; WUBBENA, 2006; HEO vd., 2009).

#### 5.3.2. RTCM 3.1 Formatı Ek Mesaj Türleri ve İçerikleri

RTCM 3.1 formatı için Mayıs 2007 ve Ağustos 2007 tarihlerinde iki kez çeşitli mesaj türleri eklenerek geliştirme çalışmaları ilgili özel komite tarafından yapılmıştır. Mayıs 2007 tarihinde yapılan düzenleme ile datum transformasyonu parametreleri ve projeksiyonlar için 1021-1022-1023-1024-1025-1026-1027-1028 mesaj türleri tanımlanmış ve onaylanarak kabul edilmiştir. Ağustos 2007 tarihlerinde onaylanan ikinci düzenleme ile 1030-1031-1032-1033 nolu dört yeni mesaj türü daha ek olarak kabul edilmiştir. 1030 ve 1031 mesaj türleri ağ-RTK uygulamalarında VRS, FKP ve MAC teknikleri için ilave bilgiler tanımlamaktadır. 1032 mesaj türü 1005 ile benzer özellikler taşıyarak, ECEF X,Y,Z olarak referans istasyonu ARP koordinat bilgilerini içerir. 1033 mesaj türü ise 1007 ve 1008 mesaj türlerinin birleştirilmiş şeklindedir. Alıcı tanımı ve seri numarası ile anten tanımı ve seri numarası bilgilerini içerir (RTCM, 2006; WUBBENA, 2006).



Tablo 4: RTCM 3.0 mesaj grupları, alt grupları, mesaj türleri ve içerikleri (URL-6)

| Grup Adı                         | Alt Grup Adı                 | Mesaj Türü | İçerik                                                                                            |
|----------------------------------|------------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GPS Gözlemleri                   | GPS L1                       | 1001       | L1 GPS RTK gözlemleri                                                                             |
|                                  |                              | 1002       | Kapsamlı iyileştirilmiş L1 GPS RTK gözlemleri (uydu signal-to-noise/CNO'yu kapsamakta)            |
|                                  | GPS L1&L2                    | 1003       | L1, L2 GPS RTK gözlemleri                                                                         |
|                                  |                              | 1004       | Kapsamlı iyileştirilmiş L1, L2 GPS RTK gözlemleri (uydu signal-to-noise/CNO'yu kapsamakta)        |
| Referans İstasyonu Koordinatları | Anten Referans Noktası (ARP) | 1005       | RTK referans istasyonu anten referans noktası (ARP) koordinatları (ECEF X,Y,Z)                    |
|                                  |                              | 1006       | RTK referans istasyonu anten referans noktası (ARP) koordinatları (ECEF X,Y,Z) + Anten yüksekliği |
| Anten Tanımı                     |                              | 1007       | Anten tanımlayıcı                                                                                 |
|                                  |                              | 1008       | Anten tanımlayıcı + Anten seri numarası                                                           |
| GLONASS Gözlemleri               | GLONASS L1                   | 1009       | L1 GLONASS RTK gözlemleri                                                                         |
|                                  |                              | 1010       | Kapsamlı iyileştirilmiş L1 GLONASS RTK gözlemleri (uydu signal-to-noise/CNO'yu kapsamakta)        |
|                                  | GLONASS L1&L2                | 1011       | L1, L2 GLONASS RTK gözlemleri                                                                     |
|                                  |                              | 1012       | Kapsamlı iyileştirilmiş L1, L2 GLONASS RTK gözlemleri (uydu signal-to-noise/CNO'yu kapsamakta)    |
| Yardımcı Bilgiler                | Sistem Parametreleri         | 1013       | Sistem Parametreleri                                                                              |

Tablo 5: RTCM 3.1 Ağ-RTK mesaj grupları, alt grupları, mesaj türleri ve içerikleri (URL-6)

| Grup Adı            | Alt Grup Adı                               | Mesaj Türü | İçerik                                                                                                                             |
|---------------------|--------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ağ-RTK Düzeltmeleri | Koordinat Farkları                         | 1014       | Ağ yardımcı istasyon veri koordinat farkları (MAC) (bir yardımcı istasyon ve ana istasyon için)                                    |
|                     | İyonosferik ve Geometrik Düzeltme Farkları | 1015       | Tüm uydular için GPS iyonosferik düzeltme farkları (MAC) (bir yardımcı istasyon ve ana istasyon için)                              |
|                     |                                            | 1016       | Tüm uydular için GPS geometrik düzeltme farkları (MAC) (bir yardımcı istasyon ve ana istasyon için)                                |
|                     |                                            | 1017       | Tüm uydular için kombine edilmiş GPS geometrik ve iyonosferik düzeltme farkları (MAC) (bir yardımcı istasyon ve ana istasyon için) |
|                     |                                            | 1018       | Yedek alternatif iyonosferik düzeltme farkı mesajı (MAC)                                                                           |
| Yardımcı Bilgiler   | Uydu Yörünge Bilgileri                     | 1019       | GPS yörünge bilgileri (efemeris)                                                                                                   |
|                     |                                            | 1020       | GLONASS yörünge bilgileri (efemeris)                                                                                               |

Tablo 6: RTCM 3.1 Ek mesaj grupları, alt grupları, mesaj türleri ve içerikleri (URL-6)

| Grup Adı                                           | Alt Grup Adı          | Mesaj Türü | İçerik                                                                 |
|----------------------------------------------------|-----------------------|------------|------------------------------------------------------------------------|
| Datum Transformasyonu ve Projeksiyon Parametreleri | Datum Transformasyonu | 1021       | Helmert/Abridged Molodenski transformasyon parametreleri               |
|                                                    |                       | 1022       | Molodenski-Badekas transformasyon parametreleri                        |
|                                                    |                       | 1023       | Transformasyon artık (residual) mesajı, elipsoidal grid gösterimi için |
|                                                    |                       | 1024       | Transformasyon artık (residual) mesajı, düzlem grid gösterimi için     |
|                                                    | Projeksiyon           | 1025       | Projeksiyon parametreleri (LCC2SP, OM dışındaki projeksiyonlar)        |
|                                                    |                       | 1026       | Projeksiyon parametreleri (LCC2SP: Lambert Conic Conformal)            |
|                                                    |                       | 1027       | Projeksiyon parametreleri (OM: Oblique Mercator)                       |
|                                                    |                       | 1028       | Global plaka hareketleri (Henüz tanımlanmamış rezerve mesaj)           |

Tablo 7: RTCM 3.1 diğer mesaj grupları, alt grupları, mesaj türleri ve içerikleri (URL-6)

| Grup Adı               | Alt Grup Adı        | Mesaj Türü  | İçerik                                                 |
|------------------------|---------------------|-------------|--------------------------------------------------------|
| Yardımcı Bilgiler      | Unicode Text String | 1029        | Tekli kod (unicode) metin karakteri (UTF-8 formatı)    |
| Ağ-RTK Düzeltmeleri Ek |                     | 1030        | GPS Ağ-RTK artık (residual) mesajı                     |
|                        |                     | 1031        | GLONASS Ağ-RTK artık (residual) mesajı                 |
|                        |                     | 1032        | Geçek referans istasyonu ARP konumu (ECEF X,Y,Z) (VRS) |
|                        |                     | 1033        | Anten ve alıcı tanımlayıcı                             |
| Özel Mesajlar          |                     | 4088 - 4095 | Özel tescilli mesajlar                                 |

## Sonuç

Hızla değişen ve gelişen GNSS konsepti ile birlikte, özellikle gerçek zamanlı konum belirleme uygulamaları kapsamında DGNSS ve RTK teknikleri, birçok kullanıcı ve disiplin tarafından ölçme ve navigasyon amaçlı uygulamalar için tercih edilmektedir. Bugün birçok ülkede gerek ulusal, gerekse yerel ölçekte kurulan ağ-RTK yapısındaki GNSS/CORS ağları ile birlikte bu kullanım önemli ölçüde artmıştır.

Uygulama çeşitliliği ile birlikte, kullanıcı sayısının da önemli ölçüde arttığı gerçek zamanlı konum belirleme uygulamaları için GNSS verisinin iletimi de belli mekanizmaların kullanımını ve uluslararası standartların oluşumunu sağlamıştır. Bu bağlamda bu çalışmada GNSS verisinin gerçek zamanlı iletimi için kullanılan mekanizmalardan veri formatları, veri iletim protokolleri ve veri iletişim linkleri tartışılmıştır. Özellikle DGNSS ve RTK uygulamaları için standart RTCM veri formatı ve sürümleri üzerinde durulmuş, RTCM 2.x ve RTCM 3.x sürümlerinin mesaj yapısı tartışılmış, verimlilik, bant genişliği ve esneklik bakımından karşılaştırmaları yapılmıştır. RTCM 2.x sürümünün dezavantajlarına karşın yapı, verimlilik ve uyum bakımından daha esnek ve etkili olan RTCM 3.x'in avantajları ve son gelişmeler üzerinde durulmuştur. NTRIP veri iletim protokolü kısaca açıklanmıştır.

Günümüzde GPS ve GLONASS sistemlerinin etkin kullanımının yanında yakın bir gelecekte GALILEO ve COMPASS sistemlerinin devreye girmesiyle gerçek zamanlı GNSS veri iletiminde önemli gelişmeler olacaktır. Bunun yanı sıra RT-PPP tekniğinin de yakın bir gelecekte etkin olarak kullanımının sağlanması beklenmektedir. Varolan RTCM 2.x ve RTCM 3.x sürümlerinin yeni GNSS sinyallerinin kullanımıyla birlikte RTCM SC-104 standartlarında yeni sürümlerin geliştirilmesi beklenmektedir. Ancak RTCM SC-104 formatının kullanım istatistiklikleri göstermektedir ki, RTCM 2.x hala DGNSS'e dayalı kod ölçüleri için etkin olarak kullanılmakta iken, RTCM 3.x ise RTK servislerinde taşıyıcı faz ölçülerine dayalı uygulamalar için günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır.

## Kaynaklar

- CHOI D.: **Introduction to GPS Data NMEA & RTCM**, www.geodetic.gov.hk/smo/gsi/data/ppt/NMEAandRTCM.ppt, Ocak 2011.
- GURTNER W. ve ESTEY L.: **RINEX: The Receiver Independent Exchange Format Version 3.00 Document**, November 28, 2007; ftp://ftp.unibe.ch/aiub/rinex/rinex300.doc, 2007.
- HEO Y., YAN T., LIM S. ve RIZOS C.: **International Standard GNSS Real-Time Data Formats and Protocols, International Global Navigation Satellite Systems Society IGNSS Symposium 2009**, Holiday Inn Surfers Paradise, Qld, Australia, 1-3 December, 2009
- KAHVECİ M. ve YILDIZ F.: **GPS/GNSS Uydularla Konum Belirleme Sistemleri Teori ve Uygulama**, Nobel Yayın Dağıtım, Geliştirilmiş 4. Baskı, Ankara, Kasım 2009
- KAHVECİ M.: **Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları**, Zerpa Yayınları, 1. Baskı, Ankara, Şubat 2009
- LENZ E.: **Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP) – Application and Benefit in Modern Surveying Systems**, FIG Working Week 2004, May 22-27, 2004, Athens, Greece
- O'KEEFE K., LİN M., ve LACHAPPELLE G.: **Network real-time kinematic performance analysis using RTCM 3.0 and the Southern Alberta Network**, Geomatica, Canadian Institute Of Geomatics, Vol. 61, No. 1, pp. 29-42
- ÖCALAN T. ve TUNALIOĞLU N.: **Data communication for real-time positioning and navigation in global navigation satellite systems (GNSS)/continuously operating reference stations (CORS) networks**, Scientific Research and Essays, Vol:5, Number:18, 18 September 2010
- ÖCALAN T. VE SOYCAN M.: **Ulusal ve Yerel GNSS/CORS Ağları ve Türkiye'deki Yasal Durum**, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi Bülteni, Sayı: Mart 2011
- ÖCALAN T.: **GPS/GNSS Konum Belirlemede Yeni Bir Yöntem: Precise Point Positioning-PPP (Duyarlı Nokta Konumlama) Tekniği ve Web Tabanlı (Online) Servisler**, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi Bülteni, Sayı: Mart 2011

- PETERZON M.: **Distribution of GPS-data via Internet**, Thesis work, Reports in Geodesy and Geographical Information Systems, LMV-report 2004:01, Gävle
- WEBER G., GEBHARD H. ve DETTMERİNG D.: **Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (Ntrip)**, RTCM PAPER 166-2003/SC 104-314, 2003-07-02, IAG, Saporro, Japan
- WEBER G., DETTMERİNG D., GEBHARD H. ve KALAFUS, R.: **Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (Ntrip) – IP-Streaming for Real-Time GNSS Applications**, ION GNSS 18th International Technical Meeting of the Satellite Division, 13-16 September 2005, Long Beach, CA, USA
- WUBBENA G., SCHMİTZ M. ve BAGGE A.: **RTCM SC-104: Enabling Standards that Support Emerging Positioning and Related Technologies**, Streaming GNSS Data Via Internet-Symposium, 6 February 2006, Frankfurt, Germany
- RTCM Standard, Radio Technical Commission for Marine Services. RTCM Recommended Standards for Differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) Service, Version. 2.3, 2001
- RTCM Standard 10410.0, RTCM Paper 200-2004/SC104-STD, Version 1.0 for Ntrip, RTCM Special Committee NO. 104, September 30, 2004
- RTCM Standard 10403.1, RTCM Paper 177-2006-SC104-STD, Differential Gns (Global Navigation Satellite Systems) Services – Version 3, October 27, 2006
- RTCM Standard 10410.1, RTCM Paper 111-2009-SC104-STD, Version 2.0 for Ntrip, RTCM Special Committee No. 104, June 15, 2009
- YAN T.S.: **Benefits of Telecommunications Technology to GPS Users**, The 2004 International Symposium on GNSS/GPS, 6–8 December 2004, Sydney, Australia
- URL-1, IGS İnternet sitesi, <http://igsceb.jpl.nasa.gov/>, Ocak 2011
- URL-2, NMEA İnternet sitesi, <http://www.nmea.org/>, Ocak 2011
- URL-3, BKG İnternet sitesi, <http://igs.bkg.bund.de/ntrip/>, Ocak 2011
- URL-4, Bern Üniversitesi Astronomi Enstitüsü İnternet sitesi, <http://www.aiub.unibe.ch/>, Ocak 2011
- URL-5, RTCM İnternet sitesi, <http://rtcm.org/>, Ocak 2011
- URL-6, Geo++ İnternet sitesi, <http://www.geopp.de/>, Ocak 2011

# TUSAGA-AKTİF(CORS-TR) Sisteminin Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğüne Katkıları

Ömer YILDIRIM<sup>1</sup>, Çetin MEKİK<sup>2</sup>, Sedat BAKICI<sup>3</sup>

## Özet

Sürekli Gözlem Yapan GPS İstasyonları Ağı (TUSAGA-Aktif / CORS-TR) Projesi İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ) yürütücülüğünde ve Harita Genel Komutanlığı (HGK) ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) müşterek müşterisi olduğu tüm Türkiye ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'ni kapsayan bir projedir. Projenin öncelikli hedefleri, tüm Türkiye'de 146 (KKTC'de 4 adet dahil) sabit GPS istasyonu kurularak "Gerçek Zamanlı Kinematik" (GZK) düzeltme verileri üretmek, bu verilerle gerçek zamanlı ve cm mertebesinde hassas konumlama yapmaya olanak sağlamak ve farklı koordinat sistemleri arasındaki (ITRF-ED50) dönüşüm parametrelerini hassas olarak belirleyerek kadastral, haritacılık ve jeodezik çalışmalar başta olmak üzere savunma ve kalkınma amaçlarına yönelik konum bilgisi sağlamaktır. TUSAGA-Aktif projesinin temel amaçları; Tüm Türkiye genelinde 7/24 saat ilkesine göre coğrafi konumları hem gerçek zamanda (RTK) hem de postprocessing ile hızlı, ekonomik ve duyarlı olarak belirlemek, Türkiye'nin yer aldığı bölgedeki atmosferi (iyonosfer ve troposfer) modellemek ve daha hassas meteorolojik tahminler ile sinyal ve iletişim konularına katkı sağlamak, haritacılık sektörünün lokomotif olan TKGM çalışmaları bünyesinde duyarlı, ekonomik ve hızlı veriler elde etmek yoluyla bilgi sistemlerine sağlıklı entegrasyonun sağlanmasıdır. Türkiye'deki tektonik(plaka) hareketlerinin duyarlı ve sürekli olarak izlenmesi, deformasyon miktarlarının mm seviyesinde belirlenmesi ve böylece depremlerin önceden belirlenmesi ve erken uyarı çalışmalarına katkıda bulunmak, eski ED50 Datumu ile ITRFxx Datumu arasındaki dönüşüm parametrelerini belirlemektir.

## Anahtar Sözcükler

CORS, Datum, GPS/GNSS, ITRF, TUSAGA

## Abstract

### TUSAGA-Active(CORS-TR)System, Contributions to The General Directorate of Land Registry and Cadastre

TUSAGA-Aktif Network has been established by Istanbul Kultur University in association with the General Directorate of Land Registration and Cadastre of Turkey and the General Command of Mapping of Turkey and sponsored by the Turkish Scientific and Technical Research Agency (TUBITAK). TUSAGA-Aktif (CORS-TR) aims to determine positions fast, economically and reliably with cm accuracy within minutes even seconds. However, TUSAGA-Aktif also targets to provide a means to model the atmosphere (troposphere and ionosphere), to predict weather and to monitor plate tectonics with mm-level accuracy leading to improvement of

earthquake prediction and early warning systems and to determine datum transformation parameters between the old system ED50 (European Datum-1950) and ITRF97. The main goals of this project was establishing network-based CORS-TR stations functioning 24/7 with RTK capabilities, modeling the atmosphere (troposphere and ionosphere) over Turkey contributing to atmospheric studies and weather predictions, with extension to signal and communication studies, providing mm-level accuracy for monitoring plate tectonics, measuring deformations and contributing to earthquake prediction and early warning systems determining datum transformation parameters between the European system (ED50) and ITRF.

## Key Words

CORS, Datum, GPS/GNSS, ITRF, TUSAGA

## 1. Giriş

Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) CORS ağlarının kurulması tüm dünyada yeni bir devir açmıştır (Bock et al.). Sürekli gözlem yapan referans istasyonları-Türkiye (CORS-TR) projesi, yeni bir RTK-CORS ağı olarak Türkiye'de kurulmuştur. CORS-TR projesi İstanbul Kültür Üniversitesi (IKU), Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) ve Harita Genel Komutanlığı (HGK) işbirliği ile kurulmuştur. Bu proje TÜBİTAK sponsorluğunda resmen Mayıs 2006 tarihinde başlamış ve Mayıs 2009 tarihinde tamamlanmıştır.

CORS-TR projesinin temel amaçları; Tüm Türkiye genelinde 7/24 saat ilkesine göre coğrafi konumları hem gerçek zamanda (RTK) hem de postprocessing ile hızlı, ekonomik ve duyarlı olarak belirlemek, Türkiye'nin yer aldığı bölgedeki atmosferi (iyonosfer ve troposfer) modellemek ve daha hassas meteorolojik tahminler ile sinyal ve iletişim konularına katkı sağlamak, Türkiye'deki tektonik(plaka) hareketlerinin duyarlı ve sürekli olarak izlenmesi, deformasyon miktarlarının mm seviyesinde belirlenmesi ve böylece depremlerin önceden belirlenmesi ve erken uyarı çalışmalarına katkıda bulunmak, eski ED50 Datumu ile ITRFxx Datumu arasındaki dönüşüm parametrelerini belirlemektir.

## 2.CORS Sistemlerinin Çalışma Esasları

CORS sisteminde, koordinatları bilinen referans istasyonlarına yerleştirilen GNSS alıcılarının gözlemleri, bir kontrol merkezine ADSL veya GPRS/EDGE üzerinden iletilmekte; kontrol merkezinde atmosfer ve diğer hatalar modellenerek RTK/DGPS düzeltmeleri gerçek zamanda hesaplanıp, RTCM

<sup>1</sup> Yrd. Doç. Dr., GOP Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Taşlıçiftlik, Tokat

<sup>2</sup> Yrd. Doç. Dr., Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Zonguldak

<sup>3</sup> Daire Başkanı.,TKGM, Harita Dairesi Başkanlığı, Ankara



formatında GPRS/EDGE üzerinden konumlama için gezici GNSS alıcılara gönderilmektedir(RTCM 2005). GNSS kullanıcıları ya mevcut kontrol noktalarını baz almakta ya da statik veya RTK (gerçek zamanlı) tekniklerinden yararlanarak, önce kendi baz istasyonlarını oluşturmakta ve daha sonra da gezici alıcılarla koordinatlarını hesaplamaktadırlar. Statik ölçülerde, baz uzunluğu ve uygulanan yöntemle bağlı olarak, geziciler dakikalardan saatlere varan ölçü zamanına gereksinim duymaktadırlar. RTK kullanımı durumunda ise baz istasyonundan 5-10 km uzaklığa kadar çözüm sağlanabilmektedir. Yukarıda bahsedilen yaklaşımda ilk iyileştirme, sürekli gözlem yapan sabit istasyonlar oluşturup gezici alıcılara açılması şeklinde olmuştur. Buradaki teknik yaklaşım, CORS ile aynı olup sadece referans/baz istasyonlarının farklı kullanıcılar tarafından kullanılması söz konusudur. Ölçü süreleri yine dakikalardan saatlere varan uzunluktadır. CORS-TR projesinde ise aktif CORS yaklaşımı benimsenmiştir. Burada tüm ülkeyi kapsayan CORS istasyonları bir kontrol merkezine bağlı olup istasyonların konumları ve atmosferik düzeltmeler sürekli hesaplanmaktadır. Böylece atmosfer ve konum düzeltmeleri ülke genelinde modellenenmektedir. Bunun sonucunda, saatler gerektiren GNSS ölçü süreleri, dakikalara ve hatta saniyelere inmekte; baz uzunlukları da yaklaşık 10 misli büyümektedir. Aktif CORS modellemelerinde yaygın olarak a) FKP tekniği, b) VRS tekniği, c) MAC tekniği kullanılmaktadır.

**FKP Alan Düzeltme Tekniği:** Literatürde FKP (Flac hen Korrektur Parameter) olarak bilinen alan düzeltme yaklaşımında tüm CORS ağı kullanılarak her sabit istasyonda atmosferik düzeltmeler ve/veya taşıyıcı faz düzeltmeleri hesaplanmaktadır (WUBBENA vd., 2001, 2004; VOLLATH vd., 2000, 2001 ve 2004). Böylece a) Düzeltmeler gezici tarafından kullanılabilir (birçok değişik enterpolasyon modelleri ile), b) Çift/tek yönlü iletişim yeterli olmaktadır, c) Kullanıcı sayısında bir sınırlama söz konusu olmamaktadır.

FKP yaklaşık konumu bilinen referans istasyonu ile gezici arasındaki uzaklığa bağlı hata terimlerinin hesabına olanak vermektedir;

$$\Delta\delta D_{ij}^k = f(\text{FKP}_i^k, \Delta\phi_{ij}, \Delta\lambda_{ij}, \Delta h_{ij}) \quad (1)$$

Burada sadece gezicinin koordinatları ve uydu bilgilerine gereksinim bulunduğundan konum belirlemesi, tüm ağ ile ilgili hesaplardan bağımsız olarak gerçekleştirilebilmektedir. Gezici, ağ düzeltmesini sabit istasyonların birinden alır. Çift yönlü haberleşmede bu istasyonu merkez olarak belirler. Tek yönlü haberleşmede kullanıcı, kendisine yakın olan bir istasyonu kendi seçmek durumunda olduğundan, tek yönlü haberleşme hemen hemen kullanılmamaktadır.

**VRS Tekniği:** VRS (Virtual Reference Stations) uygulamasında ön koşul, CORS ağındaki kontrol merkezi ile gezici arasındaki iki yönlü iletişimdir. Gezici, yaklaşık koordinatlarını kontrol merkezine göndermek ve merkez de tüm ağ bilgilerini kullanarak söz konusu gezicinin konumu için VRS referans verilerini oluşturmaktadır.

$$\vec{X}_{VRS} = \vec{X}_j \quad (2)$$

$$\text{VRS}_{ij}^k = \text{CPR}_{ij}^k + f(\text{FKP}_i^k, \Delta\phi_{ij}, \Delta\lambda_{ij}, \Delta h_{ij}) + \Delta T_{\text{model},ij} \quad (3)$$

Yukarıdaki eşitlik, ağda kullanılan troposfer gecikmesi modeli ile VRS arasındaki farkı belirtmektedir (G. WUBBENA vd, 2001; WANNINGER L., 1999; VOLLATH vd 2000, 2001, 2002 ve 2003). Merkezde oluşturulan VRS düzeltmeleri, genellikle RTCM ile geziciye gönderilmektedir. VRS yönteminde tüm ağdan oluşturulan düzeltmeler, gezicinin hemen yakınında oluşan sanal bir referans İstasyonu üzerinden yayınlanmaktadır.

**MAC Tekniği:** MAC (Master Auxiliary Concept) RTCM 3.x ağ formatının temelini oluşturan düşünce, alt-ağ ölçü verilerinin sıkıştırılmış olarak geziciye gönderilmesi ve gezicinin farklı hata kaynakları için kendi ağ hesaplarını yapmasını sağlamaktır (RTCM 2005). Ancak bunun bir dezavantajı, genellikle ağın sadece bir alt bölümüne ait verilerin gönderiliyor olmasıdır. RTCM 3.0 ağ önerisinin diğer bir dezavantajı ise, sadece belirli bir zamana ait iyonosfer ve geometrik hataların gönderilmesidir. Gezici doğrudan server veri dizisini almaya başladığında, sistematik etkilere ait hemen bir bilgi sahibi olamamaktadır. İyonosferik ve özellikle troposferik modellerde, parametrelerin saptanması için biraz zaman gerekmektedir. İyi bir model duyarlılığına ulaşmak için 15 dakika veya daha uzun bir zaman gereklidir. Ancak bu süre içerisinde sistematik hatalar, gereken güvenli düzeyde modellenenmektedir. RTCM 3.x ağ yöntemi, ağ server'ında oluşturulan komple filtre durumunu kullanırmamaktadır. Sadece server'da elde edilen belirsizlikleri (ambiguity) kullanmakta ve bunları taşıyıcı faz ölçmelerinden çıkarmaktadır (Carrier Phase). Diğer bir deyişle, MAC tasarımı, ana istasyondaki kod ve taşıyıcı faz verileri ile dış istasyonların taşıyıcı faz verilerini, belirsizlikler önceden ayıklanmak suretiyle gönderecek şeklindedir. Bu veriyi alan gezici aşağıdakileri gerçekleştirir:

- Geometrik ve iyonosferik etkilerin basit enterpolasyonu,
- Ağ serverinin ağ bilgilerini RTCM 3.0 ağ önerisi formatına çevirmeden önceki tüm hata kaynaklarını içeren kompleks modele benzer bir model oluşturulması.

Ancak RTCM 3.x ağ yöntemi için gerekli band genişliği, VRS ve FKP çözümüne göre çok daha büyüktür. Bir örnek vermek gerekirse, 12 uydunun izlenmesi durumunda VRS yöntemi RTCM 3.0 için saniyede 2472 bitlik bir band genişliğine gereksinim duyar. Buna karşılık RTCM 3.0 ağ önerisi 8- istasyonlu bir ağ için 9661 bit, 32 istasyonluk bir ağ için ise 34712 bitlik bir band genişliği gerektirecektir. Aynı şekilde tüm modellemeler gezicinin üstünde yapıldığından gezicilerin bellek işlemcilerinin güçlü olması da gerekir. Yukarıda belirtilen nedenlerle veri iletişimindeki hacmi küçültmek için CORS ağındaki bir istasyon master ve diğerleri de yardımcı istasyonlar olarak seçilmektedir. MAC, master istasyona ait tüm düzeltme ve koordinatları ile yardımcı istasyonlara ait düzeltme ve koordinat farklarını yayınlamaktadır. MAC yeni bir teknik değildir. CORS ağı için belirlenen iyonosferik ve geometrik hatalar ile düzeltmeler, koordinatlar ve farkları, MAC tarafından gezicilere iletilmekte ve gezicilerde çoklu-baz hesabı yapılmaktadır (BROWN vd., 2006).

### 3. TUSAGA-Aktif Sistemi

“Sürekli Gözlem Yapan GNNS İstasyonları Ağı ve Ulusal Datum Dönüşümü Projesi (TUSAGA-Aktif / CORS-TR)” İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ) yürütücülüğünde, Harita Genel Komutanlığı (HGK) ve Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) müşterek müşteri olmak üzere, 08 Mayıs 2006 tarihinde başlamış olup, Aralık 2008 itibarıyla tamamlanmasıyla faaliyete geçmiştir. TUSAGA-Aktif sisteminin işletilmesi ve düzeltme parametrelerinin hesaplanması kontrol ve analiz merkezlerinde yapılmaktadır. Tüm istasyonlardan toplanan veriler ADSL ve GPRS/EDGE (ADSL çalışmadığı zamanlarda devreye girecek) yolu ile veri merkezlerine aktarılmakta ve burada düzeltme parametreleri hesaplanarak tüm kullanıcılara sunulmaktadır. Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) düzeltme verileri RTCM (Radio Technical Commission for Aeronautics) iletişim formatında olup ve GSM, GPRS, NTRIP (İnternet Protokolü Üzerinden RTCM Verisinin Ağ Dağıtımı) vasıtalarından biri veya birkaçı yardımıyla gezici alıcılara gönderilmektedir.

TUSAGA-Aktif istasyonlarının yerlerinin seçiminde zemin yapısı, elektrik, telefon, İnternet ve güvenlik hususları dikkate alınmış ve tüm Türkiye’de gerçekleştirilen arazi keşifleri neticesinde Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Meteoroloji İstasyonları, Üniversiteler, Belediyeler ile Kamu Kurum ve Kuruluşlarına ait bina ve araziler seçilmiştir.

Proje kapsamında kurulan istasyonlarda birer adet GNSS (GPS+GLONASS) alıcısı ve alıcıya bağlı bir jeodezik GNSS anteni bulunmaktadır. Sistemde, sabit GPS istasyonları ile kontrol merkezleri arasındaki iletişim ADSL üzerinden sağlanmaktadır. Ayrıca, ADSL hattında meydana gelebilecek veri kesikliklerinde mevcut bir Router ile GPRS modem devreye giren ve veri iletimi GPRS/EDGE ile yapılmaktadır.

Kontrol merkezlerinde bulunan sunucular (server) tüm istasyonlardan gelen anlık verilerden yararlanarak atmosferik modelleme yapmakta ve DGPS/RTK düzeltme verileri hesaplamaktadır. Söz konusu düzeltme verileri ise arazide bulunan gezici alıcılara GPRS üzerinden aktarılmaktadır. Bu şekilde tek frekanslı bir GPS alıcısı DGPS verisini kullanarak metre altı doğrulukta, çift frekanslı bir GPS alıcısı ise RTK verisini kullanarak 1-10 santimetre doğrulukta konum belirlemektedir. Veri aktarım formatı olarak NTRIP kullanılmaktadır.

### 4. TUSAGA-Aktif İstasyonları

Türkiye koşullarında istasyon noktaları için a) optimum mesafenin <100km olması, b) kullanıcıların yoğun olduğu il merkezlerinde kurulması, c) sağlam zeminlerde olması, d) lojistik destek sağlanabilmesi, e) enerji ve haberleşme olanaklarının uygun olması, f) plaka hareketlerinin izlenmesine olanak sağlaması koşulları göz önünde bulundurulmuştur (EREN vd, 2009). Bu kriterlere göre Türkiye’de toplam 146 adet TUSAGA-Aktif istasyonu yeri belirlenmiştir. Belirlenen istasyon yerleri ve kapsayacağı alanlar Şekil.1’de gösterilmiştir. Zemin tesisleri ülke ve bölge koşullarına uygun olarak planlanmıştır. Sonuç olarak iki türlü zemin tesisi yapımına karar verilmiştir: a) Toprak zeminde beton yer pilyesi, b) Çatı ve teraslarda büyük çaplı, galvaniz kaplı çelik pilyeler.

Ülke genelinde inşa edilen 146 pilyenin boyutlarına göre dağılımları a) 85 adet 2 m pilye (zeminler dahil), b) 58 adet 3 m pilye, c) 3 adet 4 m pilyedir. 2 m uzunluğundaki beton pilye örneği Şekil 2’te; 3 m uzunluğundaki galvaniz kaplı çelik boru pilye örneği Şekil 3’te ve 3 m uzunluğundaki galvaniz kaplı çelik boru pilye örneği de Şekil 4’da verilmektedir



Şekil 1. CORS-TR İstasyonları (146 İstasyon)

Tüm istasyonlara ait Statik IP bulunmaktadır. Tüm istasyonlar ile CISCO routerlar üzerinden VPN tünel (iç IP) haberleşmesi yapmaktadırlar, ancak statik IP sistemi sayesinde herhangi bir router problemi olması halinde standart basit bir router üzerinden sistem Statik IP’ler ile çalışabilecek şekilde planlanmıştır.



Şekil 2: IĞDIR TUSAGA-Aktif İstasyonu



Şekil 3:DIYARBAKIR TUSAGA-Aktif İstasyonu





Şekil 4: VIRANŞEHİR TUSAGA-Aktif İstasyonu

## 5. TUSAGA-Aktif Kontrol Merkezi

TUSAGA-Aktif Projesi kapsamında 2 adet kontrol merkezi kurulmuştur. Tüm TUSAGA-Aktif istasyon verileri, otomatik olarak bu merkeze iletilmekte ve burada yapılan CORS ağ hesapları ve düzeltmeler buradan kullanıcılara ulaştırılmaktadır. Kontrol Merkezi, server'ların yanısıra güçlü bir kontrol merkezi yazılımına sahiptir. Bu yazılımın başlıca fonksiyonları aşağıda verilmektedir:

Tüm NetR5 referans istasyonlarına bağlantı ve gözlemlerin transferi, CORS noktalarının koordinatlarının hesaplanması, Hataların modellenmesi, düzeltmelerin hesaplanması ve gezicilere yayınlanması, RTK hizmetleri, Web hizmetleri, Gezicilerin izlenmesi, Verilerin depolanması vd.

Kontrol merkezi yazılımı 'Trimble VRS SW' tarafından sağlanmıştır. Bu yazılım 250 NetR5 referans istasyonu için tasarlanmıştır olup GPSNet, RTKNet, Webserver, Rover Integrity, Coordinate Monitor ve Data Storage modüllerinden oluşmaktadır. Bu yazılım, iyonosfer, troposfer, yansıma (multipath) ve yörünge düzeltmelerini hesaplayabilmekte, RTK konum belirleme amaçlı olarak FKP, VRS, MAC teknikleriyle düzeltme ve/veya koordinatları yayınlatabilmektedir. Kontrol merkezi ile geziciler arasındaki iletişim için RTCM 3.0 ve daha sonraki protokoller kullanılmakta ve böylece radyo dahil, GSM, GPRS / EDGE üzerinden NTRIP (Network Transport of RTCM via Internet Protokol) protokolü ile iletişim sağlanabilmektedir. NetR5 referans istasyonlarıyla kontrol merkezlerinden oluşan CORS-TR sayesinde ülkenin tamamında 24 saat RTK hizmetleri verilmektedir. Ana kontrol merkezinde 4+4 adet GPSnet sunucusu üzerinde 4+4 bölgeye bölünmüş Türkiye'deki istasyonlar çalışmaktadır. Her sunucuya ait bir yedek sunucu otomatik olarak devreye girecek şekilde dir. Bu istasyonlardan 1 saniyelik saatlik ve 30 saniyelik 24 saatlik Rinex verisi toplanmaktadır. Ayrıca otomatik olarak precise efemeris verileri de sistem tarafından yüklenmektedir. Ana kontrol ve yedek kontrol merkezinden VRS CMR+, VRS RTCM3.1, SAPOS FKP 2.3, RTCM3Net, (MAC) ve DGPS düzeltme yayınları yapılmaktadır. Ayrıca gerçek zamanlı kullanıcılar izlenebilmektedir(Şekil.6)

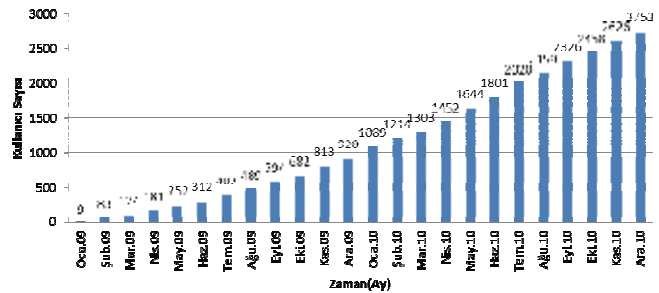


Şekil 6. Kullanıcıların Gerçek Zaman İzlenmesi

Statik veri kullanımı için bir webserver yazılımı webrouter sunucusu üzerinde kosmakta olup, kullanıcılar mevcut istasyonlar veya VRS istasyonlar için istenilen zaman aralığında, ve veri toplama aralığında Rinex veri indirebilmektedirler. Bir NAS(Network Attached Storage) server üzerinde 2TB hotswap RAID oluşturulmuş olup, rinex verileri (Hatanaka), raporlar, log dosyaları ve tüm sunucuların otomatik alınan saatlik Registry backup'ları depolanmaktadır.

## 6.TUSAGA-Aktif Kullanıcıları

TUSAGA-Aktif Sistemi aktif kayıt ile kullanılabilir. Sistem tarafından yayınlanan düzeltme parametreleri alıcıdan bağımsız olarak yayınlanmaktadır. CORS yayınlarına uygun olan her türlü alıcı TUSAGA-Aktif sisteminin yayınlarını alabilmektedir ve gerçek zamanda konum bilgilerini elde edebilmektedir. Bu amaçla sistemden faydalanmak isteyen alıcılar GSM modemi ile 212.156.70.42 numaralı IP'den düzeltme parametrelerini alabilmektedir. 15 Temmuz 2010 itibarı ile TUSAGA-Aktif Sistemini aktif olarak 3200 den fazla kayıtlı alıcı kullanmaktadır. TUSAGA-Aktif sisteminin kullanıcılarına daha verimli hizmet vermesini sağlamak amacıyla TKGM tarafından 3000 kullanıcı kapasiteli APN tüneli oluşturulmuş ve hizmete sokulmuştur. Tablo 1'de başlangıçtan Aralık 2010'a kadar kullanıcı grafiği verilmiştir. TUSAGA-Aktif Sistemi kullanıcılarına daha aktif hizmet verebilmek kullanım koşulları, abonelik ve diğer konularda 24 saat yardım sağlamak amacıyla www.tkgm.gov.tr/tusaga adresinde bir web sayfası hizmete sunulmuştur.







4000 civarında GNSS alıcısı performanslarını %50 oranında artırmıştır ve tüm coğrafi bilgi teknolojilerine altlık oluşturmaktadır. TUSAGA-Aktif Sistemi sayesinde, Türkiye çapında kadastral ve jeodezik çalışmalar yerel referans noktası gereksinimi olmadan hızlı ve ekonomik bir şekilde yürütülecek, topoğrafik çalışmalar gerçek zamanda yapılacaktır. Ayrıca, deprem ülkesi olan Türkiye’de jeodezik noktaların hareketlerinin hızları ve tektonik plaka hareketlerinin belirlenmesi amaçları gerçekleştirilecektir.

Türkiye kapsamında 220 milyon USD’lık kadastro yenileme çalışmaları başlatılmıştır. Bu çalışmaların %20 si jeodezik çalışmalar olup 35 milyon USD’lık bir tasarruf yapılacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca, Devlet Planlama Teşkilatı, Vatandaş Odaklı Hizmet Dönüşümü ve Kamu Yönetiminde Modernizasyon programları kapsamında Kadastro Kayıtları için 158 Milyon TL ve CBS Altyapısı Kurulumu için de 232 Milyon TL ayırmıştır. TUSAGA-Aktif Sistemi kullanılarak bu çalışmalarda yaklaşık %20 lik bir tasarruf edilmesi tahmin edilmektedir.

Bunların dışında CORS-Yön yazılımı ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü bünyesinde kullanılan TUSAGA-Aktif Sistemi uyumlu alıcıların anlık performansları takip edilmekte ve aylık olarak ilgili Müdürlükler ile Bölge Müdürlüklerine gönderilmekte ve çalışma-performans ilişkileri merkezden takip edilmektedir.

## Kaynaklar

- BROWN N., GEISLER I., and TROYER L.: **RTK Rover Performance using the Master-Auxiliary Concept**, Journal of Global Positioning System, Vol:5, No. 1-2 (2006)
- EREN K., UZEL T., GÜLAL E., YILDIRIM O., CİNGÖZ A.: **Results from a Comprehensive GNSS Test in the CORS-TR Network: Case Study**, Journal of Surveying Engineering, February 2009
- EREN K., UZEL T., GÜLAL E.: (2007), “**CORS-TR Benchmark Test Results**”, Istanbul Kultur University, Turkey.
- RTCM,: (2005) “**Supplement Number 1 To RTCM Recommended Standards For Differential GNSS (Global Navigation Satellite Systems) Service Version 3.0**”, Document Number RTCM Paper 079-2005-SC104-383, Radio Technical Commission For Maritime Services, 5 May 2005.

URL. 1: [www.trimble.com](http://www.trimble.com)

URL 2: <http://igs.bkg.bund.de/ntrip/about>

IKU: **TUSAGA AKTİF (CORS-TR) Projesi, Sonuç Raporu**, TÜBİTAK Proje No: 105G017, Temmuz 2010.

MEKİK Ç., SALGIN Ö., CANKURT İ., vd.: **GPS/IMU Verilerinin TUSAGA-Aktif Sisteminin Sabit İstasyon Verileri İle Process Edilerek Resim Orta Noktası Koordinat Değerlerinin Belirlenmesi**, TUFUAB 2011 VI.Teknik Sempozyumu, Antalya, 2011.

VOLLATH U., A. DEKING, H. LANDAU, C. PAGELS, and B. WAGNER: **Multi-Base RTK Positioning using Virtual Reference Stations**, Proceedings of the 13th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, Salt Lake City, Utah, USA, September, 2000.

VOLLATH U., A. DEKING, H. LANDAU, and C. PAGELS: **Long Range RTK Positioning using Virtual Reference Stations, Proceedings of the International Symposium on Kinematic Systems in Geodesy, Geomatics and Navigation**, Banff, Canada, June, 2001.

VOLLATH U., H. LANDAU, AND X. CHEN: **Network RTK versus Single Base RTK - Understanding the Error Characteristics**, Proceedings of the 15th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, Portland, Oregon, USA, September, 2002.

WANNINGER L.: **The Performance of Virtual Reference Stations in Active Geodetic GPS-networks under Solar Maximum Conditions**, Proceedings of the National Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, ION GPS/1999 (September 1999, Nashville, USA), 1419 - 1427, 1999

WÜBBENA GERHARD, SCHMITZ MARTIN, BAGGE ANDREAS: **Precise Kinematic GPS Processing and Rigorous Modeling of GPS in a Photogrammetric Block Adjustment**, Geo++® GmbH, D-30827 Garbsen, Germany

WÜBBENA GERHARD, SCHMITZ MARTIN, BAGGE ANDREAS: **PPP-RTK: Precise Point Positioning Using State-Space Representation in RTK Networks**, Geo++, Gesellschaft für satellitengestützte geodätische und navigatorische Technologien mbH, D-30827 Garbsen, Germany

WÜBBENA GERHARD, BAGGE ANDREAS, SCHMITZ MARTIN: **Network-Based Techniques for RTK Applications**, Geo++®, D-30827 Garbsen, Germany

YILDIRIM Ö., vd, TUSAGA-Aktif (CORS-TR): **4. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu**, Trabzon, 2009.

# İnternet Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemi Uygulamalarında GeoServer, ArcGIS Server, Google Maps API ve OpenLayers Entegrasyonu

Fatih SARI<sup>1</sup>, Ali ERDİ<sup>2</sup>, Osman KIRTILOĞLU<sup>1</sup>

## Özet

Günümüz bilgi çağının bir yansıması olarak ortaya çıkan internet tabanlı coğrafi bilgi sistemleri kavramı kurumların ve organizasyonların yürütmekle sorumlu oldukları fonksiyonların vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Sağladığı kullanım kolaylığı, erişilebilirlik ve etkin paylaşım olanaklarından dolayı toplumun her kesiminden kullanıcıya hitap edebilmekte, dolayısıyla birçok uygulamanın sunum aşamasında getirdiği çözümler nedeniyle tercih sebebi olmaktadır.

Bu çalışmada internet tabanlı coğrafi bilgi sistemleri uygulamalarında sıkça kullanılan ArcGIS Server, GeoServer ve tüm dünyada paylaşımına açılarak birçok uygulamada altlık olarak kullanılan Google Maps API yazılımlarının genel bir incelemesi yapılmıştır. Uygulama kapsamında Konya ili eczane, banka, hastane, vb. gibi veriler bu yazılımların bir arada kullanılmasıyla oluşturulan bir İnternet Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemi uygulaması içerisine entegre edilmiştir.

## Anahtar Sözcükler

Coğrafi Bilgi Sistemi, Web/İnternet, Harita, Mekansal Veri, Harita Servisleri

## Abstract

### Integration Of GeoServer, ArcGIS Server And Google Maps API in Web Based Geographical Information System Applications

As an affection of the today's age technology, web-based geographical information systems become an indispensable part of the project functions that organisations and institutions have to carry out. Because of it provides accessibility, easy usage functions and effective sharing options, it can address to the public people. So the web-based geographical information systems are chosen for the purpose of solving techniques in presentation sections.

In this study, a general review was examined for frequently used software as like ArcGIS Server, GeoServer and Google Maps API which become as a base for many application all over the world in web-based geographical information systems. As an example study, the banks, hospitals and drugstores etc., are integrated into web-based geographical information system application which of all softwares and Google Maps API used together.

## Key Words

Geographical Information Systems, Web/İnternet, Map, Spatial Data, Map Services

## 1. Giriş

İnsanoğlu hayatı boyunca bilgiye ihtiyaç duymuş ve bilgiyi sürekli olarak bir gelişme aracı olarak kullanmıştır. Sanayi toplumundan bilgi toplumuna doğru hızlı bir geçiş sürecinin yaşandığı günümüzde, bilgi çağının getirdiği değişim yeniden yapılanma sürecini hızlandırmakta, toplum yaşamında ve kültürde kalıcı değişikliklere neden olmaktadır. Toplumlar bilgi toplumu olabilmek için tüm hizmet sektörlerinde bilgiye sahip olma ve bilgiyi verimli kullanma zorunluluğu duymaya başlamışlardır. Organizasyonların yönetimsel fonksiyonlarını desteklemek amacı ile bilgiyi toplayan, depolayan, üreten ve dağıtan bir mekanizma olan bilgi sistemleri; bilgiye kolayca erişip, bilgiyi daha verimli kullanabilme olanağı sağlamıştır. (YOMRALIOĞLU, 2000).

Teknolojik gelişmelerin yansıması olarak bilgi sistemi kavramı birçok mesleki disiplin tarafından benimsenmiştir. Bunun sonucu olarak mesleki çalışmalar coğrafi bilgi sistemi ortamında planlanmakta, konumsal verilerin yönetimi ve paylaşımı için gerekli olan protokoller bilgi sistemi kavramı içerisinde yürütülmektedir. Böylece hem yerel yönetimlerin hem de resmi kurumların verilerini yönetebilme yetenekleri artmış, birlikte çalışılabilirliğin temelleri atıldıkça verilerin paylaşılması ve kullanıcıya sunulması ihtiyacı günden güne hissedilmeye başlamıştır. Bu noktada günümüzde en etkili küresel iletişim aracı olan internet, konumsal verilerin paylaşılması ve kullanıcıya sunulması işlemine farklı bir boyut getirmiş, ülkemizde de İnternet Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemi kavramının yoğun bir şekilde kullanılmasına yol açmıştır.

Ayrıca açık kaynak kodlu yazılımlarda meydana gelen gelişmeler ve yeteneklerindeki kayda değer artış, kullanıcılar tarafından tercih sebebi olmuş, ülkemizde de İnternet Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemi uygulamalarında yer bulmaya başlamıştır. Açık kaynak kodlu yazılım olarak büyük oranda kullanıcı ve geliştirici kitlesine sahip olan GeoServer, Java dilinde yazılmıştır. Büyük ölçekli konumsal verileri Open Spatial Concorcium (OGC) standartlarında sunabilen ve birlikte çalışılabilirlik ilkesi ile dizayn edilmiş bir yapıya sahiptir. GeoServer OGC, Web Feature Service (WFS) ve Web Coverage Service (WCS) standartlarının yanı sıra yüksek performans uyumluluğu garanti edilmiş Web Map Service (WMS)'in bir referans uygulamasıdır. GeoServer Konumsal Web kavramının çekirdek bileşenini oluşturmaktadır.

Paket yazılımlar tarafında ise ArcGIS Server kullanıcılarına web üzerinden veri sunmayı ve paylaşmayı sağlayan bir yazılım olarak karşımıza çıkmaktadır. Veri altlığı olarak haritalar, konumsal veritabanları (Geodatabases) ve adres bulma

<sup>1</sup> Arş.Gör, <sup>2</sup> Yrd. Doç. Dr., Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya

yapılarını kullanmaktadır. ArcGIS Server, öncelikli olarak veriyi sunmakta, sonrasında ise istemci internet uygulamaları oluşturarak verinin internet üzerinden servis edilmesini sağlamaktadır. Verinin ArcGIS Server üzerinden sunulması, diğer sunucu teknikleri ile aynı olmasının yanında kullanıcılara tek merkezden veriyi yönetme ve güncel veri sağlama konusunda çeşitli çözümler üretmektedir.

Günümüzde internet kullanımında her meslekten insan grubu için global haritalar günlük hayatta yoğun olarak kullanılmaktadır. Adres bulma, mesafe hesaplama, yol tayini ve uydu fotoğraflarının kullanılması gibi nedenler ile milyonlarca kişi bu tür servisleri kullanmaktadır. Günümüzde global olarak harita sunan Google, Yahoo ve Bing Maps gibi uygulamalar bulunmaktadır. Bu global harita servisleri kendi içlerinde ayrıca farklı harita seçenekleri de sunmaktadırlar. (Örneğin Google Uydu, Karma ve Harita seçenekleri gibi). Bu haritalar, sunucularından bir anahtar kodu alınarak uygulamalarda ücretsiz olarak kullanılabilir hale gelmektedirler. Sunduğu çok çeşitli uygulamalar ve güncel verilerden dolayı Google haritası bir çok internet sayfasında ve konum bazlı uygulamalarda altlık olarak karşımıza çıkmaktadır.

Google, Google Maps API hizmetini program geliştiricilerin kendi sayfalarına Google haritalarını entegre edebilmeleri için geliştirmiştir. API, uygulama programlama arayüzü (Application Programming Interface) kısaltması olup, ücretsiz olarak web sayfası tasarımcılarına sunulan çevrimiçi fonksiyon kütüphanelerini kapsar (BİLDİRİCİ vd. 2009). Ülkemizde yerleşim alanlarının yüksek çözünürlüklü görüntüsünü sağlamaktadır. Dolayısıyla internet üzerinden harita uygulamalarında güvenilir bir altlık olması ve ticari uygulamalar hariç ücretsiz olmasından dolayı kullanışlı bir altlık sağlamaktadır.

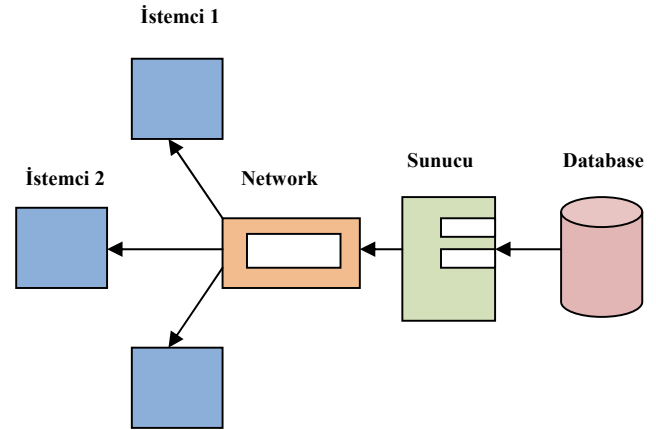
İnternet tabanlı uygulamalara bakıldığında coğrafi verilerin internet ortamında dinamik olarak sunulmasını sağlayan ve kullanıcılara etkin yönetim araçları sunan OpenLayers ara yüzünün ön plana çıktığı görülmektedir. OpenLayers, bir *Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)* projesi olup açık kaynak kodlu olarak kullanılabilir (URL-1). Bu makalede sözü edilen uygulama OpenLayers'in sunmuş olduğu olanaklar ve yöntemler ile gerçekleştirilmiştir.

## 2. İnternet Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemleri

İnternet ve web teknolojilerinin gelişimi, organizasyonların konumsal bilgiyi kullanma şekline yeni bir boyut getirmiş, basit gösterimlerden gelişmiş internet haritacılık ve karar destek sistemlerine kadar web üzerinde etkin olmaya başlamıştır (AYDINOĞLU, 2003).

Ülkemizde internet üzerinden harita uygulamaları kavramı her geçen gün biraz daha benimsenerek yeni uygulamalarda kendini göstermektedir. Kullanım kolaylığı, konumsal verilerin sunumuna getirdiği etkin yönetim ve kullanım yetenekleri ile kurumlar tarafından gerçekleştirilen yerel ölçekteki coğrafi bilgi sistemi çalışmaları global bir hale gelerek etkinliği daha da artmıştır. Özellikle yerel yönetimler konumsal verilerini internet ortamında sunarak anlaşılabilir ve dikkat çekici sonuçlar elde etmektedirler.

İnternet CBS'nin işleyişini anlamak için genel çalışma prensiplerinin bilinmesi gereklidir. İstemci (client) ve Sunucu (server) mimarisinde, istemci ve sunucu, *TCP/IP (Transmission Control Protocol/ Internet Protocol)* tabanlı ağlarda, İnternet veya İnternet üzerinde HTTP protokolünü kullanarak iletişime geçer. CBS istemcisi bir web tarayıcısı kullanarak sunucuya komutu gönderir. Sunucu tarafı işlemler sonucunu üretilen cevap istemciye URL (Uniform Resource Locator) adreslemesi vasıtasıyla geri gönderilir (AYDINOĞLU, 2003). Şekil 1'de istemci-sunucu mimarisinin temel bileşenleri görülmektedir.



Şekil 1 İstemci – Sunucu Mimarisi

Herhangi bir uygulama planlanırken verilerin boyutu, öz-nitelik verileri ve formatları gibi bileşenleri; veri aktarımı, görselleme ve sorgulama sonuçlarının istemciye gönderilmesinde büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle istemci ve sunucu mimarisi çerçevesinde uygulamalarda kullanılmak üzere farklı stratejiler geliştirilmiştir. Stratejilerin her birisi kendi bünyesinde avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Oluşturulacak İnternet Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemleri uygulamalarında hangi stratejinin kullanılacağını belirlenmesinde verilerin karakteristik özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Bu stratejiler;

**Sunucu Tarafı Stratejiler (Server-Side):** İstemci üzerinden gönderilen isteğin tamamen sunucu tarafında işlenmesi ve sonuç ürünün (harita, veri, vb.) tekrar istemciye gönderilmesi esasına dayanmaktadır.

**İstemci Tarafı Stratejiler (Client Side):** İstemci bilgisayarlardan gönderilen işlem isteklerinin değerlendirilmesinin büyük bölümü sunucudan veri alındıktan sonra yine istemci bilgisayarında yapılmaktadır. Veri bir kere alındıktan sonra sunucu ile olan veri alışverişi gerek kalmamaktadır.

**Karma Stratejiler (Hybrid):** İstemci isteği sunucuya gönderir ve işlemlerin birçoğu sunucu üzerinde gerçekleştirilir. Bu işlem esnasında yine istemci-sunucu arasındaki veri alışverişi devam etmektedir.

Bu makalede gerçekleştirilen uygulama karma strateji protokolleri çerçevesinde çalışmaktadır. İstemci bilgisayarı bazı verileri sunucudan hazır olarak isterken bazı verileri kendi bünyesinde gerçekleştirerek uygulamanın daha hızlı gerçekleşmesine olanak vermektedir.

### 3. İnternet Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemlerinde OGC Standartları

Zaman içerisinde Coğrafi Bilgi Sistemlerindeki gelişmeler, yazılım sayısındaki önemli artış ve donanım gücündeki kayda değer performans yükselişi nedeniyle özellikle veri formatları olmak üzere sonuç ürün yelpazesi genişlemiştir. Dünya çapında bu durum belirli standartlar ortaya çıkarma ihtiyacı doğurmuş, üniversiteler, kamu kurumları, özel sektör ve araştırmacıların katılımıyla bazı organizasyonlar hayata geçirilmiştir. Bu organizasyonların başında Open Geospatial Concorcium (OGC) olarak adlandırılan komisyon 25 Eylül 1994 yılında kurulmuştur.

Open Geospatial Consortium (OGC), kamuya açık ara yüz standartlarını geliştirmek için ortaya konulan uzlaşma sürecine katılan 438 şirket, devlet kurumları ve üniversitelerin katılımı ile oluşturulan uluslararası bir endüstri konsorsiyumudur. Belirlediği standartlar ile internet, kablosuz ve konum tabanlı servislere birlikte çalışabilirliğe ilişkin çözümler ortaya koymaktadır (URL-2).

#### 3.1 Web Map Service

Web Map Service (WMS), konumsal verileri coğrafi olarak referanslanmış haritalar üzerinde dinamik olarak göstermektedir. Bu uluslar arası standart, coğrafi verilerin bilgisayar ekranlarında gösterilmeye uygun dijital resim rolü oynayacak bir “map( harita)” objesi tanımlamaktadır. Esasen bu harita, kendi başına bir veri değildir. WMS genellikle haritaları PNG, GIF veya JPEG formatında üretmektedir. Bazen de vektör tabanlı grafik elemanı olan ölçeklenebilir vektör SVG (Scalable Vector Graphics) veya Web Computer Graphics Metafile (WebCGM) şeklinde üretmektedir (URL-3).

#### 3.2 Web Feature Service

Web Feature Service (WFS), internet üzerinden konumsal verinin oluşturulmasına, değiştirilmesine ve eklenmesine olanak veren bir servistir. Web Map Service, bir istemciye internet üzerindeki dağıtık sunuculardan harita resimlerini görsellemeye izin vermektedir. Benzer olarak OGC Web Feature Service istemcilere çoklu servisler üzerinden dağıtılan, Coğrafi işaretleme dili olan (GML) dosyaları içerisinde saklanan verileri değiştirme ve güncelleme işlemlerine imkan vermektedir (URL-4).

### 4. Uygulama

Uygulama kapsamında Konya ili merkezinde bulunan Eczaneler, Okullar, Petrol istasyonları, Sağlık ocakları ve Bankalar GeoServer ve ArcGIS Server yazılımları kullanarak WMS olarak yayımlanmıştır. JavaScript ortamında yazılan kodlar ile verilerin Google Maps ile entegrasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamada Google Maps entegrasyonunun gerçekleştirilme nedeni, geliştirilen internet üzerinden harita uygulamalarında sunulan verilere geniş ve sağlam altlıklar sağlamak, Google şirketinin sunmuş olduğu yol tarifleri, trafik yoğunlukları ve yön tarifleri gibi hizmetlerden yararlanarak daha kullanışlı ve üretken uygulamalar oluşturmaktır.

Uygulamayı iki şekilde gerçekleştirmek mümkündür. Bunlardan ilki harita servislerinin oluşturulan web sayfalarına eklenen Google MAP haritası üzerinde doğrudan gösterilmesidir. İkinci yöntem ise OpenLayers servisi kullanılarak Google haritalarının katman olarak web sayfasına eklenmesidir. İlk seçenekte harita servislerinin öznelik ve açmakapama gibi opsiyonlarının kullanılabilmesi için butonların html ile yeniden kodlanması gerekmektedir. İkinci seçenekte OpenLayers ara yüzünün sunmuş olduğu katman listesi ve diğer harita özellikleri herhangi bir kodlamaya gerek kalmadan kullanılabilir. Bu makalede gerçekleştirilen uygulama OpenLayers ara yüzü kullanılarak harita servislerinin gösterilmesine dayanmaktadır. Çünkü sadece Google MAP değil, Yahoo ve Bing Maps gibi global haritalarında var olmasından dolayı farklı harita çeşitleri de harita servislerine altlık olarak kullanılabilir.

Uygulamanın ilk aşaması olarak veriler ArcGIS programında sözel veriler entegre edilerek hazırlanmıştır. Tüm veriler ShapeFile olarak kaydedilmiş ve bu veri formatı üzerinden WMS oluşturulmuştur. Google haritası altlığı üzerinde görselleneceğinden projeksiyon sistemi Google ile aynı olarak tanımlanmıştır. ArcGIS yazılımında Google MAP için tanımlı olan projeksiyon sistemi “WGS84 Web Mercator” olarak görülmektedir.

```
var options = {projection: “EPSG:900913”,units: “m”,}
```

Verilerin üzerinde gösterileceği OpenLayers haritasının tanımlanması ise;

```
map = new OpenLayers.Map(‘map’, options);
```

kodları ile yapılmaktadır. Bu kod sayesinde temel bir “map” objesi tanımlanarak verilerin hangi harita üzerinde gösterileceği tanımlanmış olmaktadır.

Hazırlanan veriler sonraki aşamada GeoServer ve ArcGIS Server yazılımları kullanılarak WMS olarak yayımlanmıştır. Bu uygulama çerçevesinde verilerin nokta bazlı olmasından dolayı WFS kullanılmamış, tüm veriler WMS olarak yayımlanmıştır.

```
var wms = new OpenLayers.Layer.WMS(“TAKSI DURAKLARI”, “http://193.255.248.22:8080/geoserver/wms?”,
```

```
var dynamicMap=new esri.arcgis.gmaps.DynamicMapServiceLayer (“http://fatih.sari.salcuk.edu.tr/ArcGIS/ services/KAMPUS_BILGI_SISTEMI/MapServer”);
```

Servislerin yayımlanmasının ardından html sayfasında altlık olarak kullanılacak global haritalarının tanımı gerçekleştirilmiştir. Bu tanımlama ile temel katman olarak görünecek haritanın Google MAP, Bing Maps veya herhangi bir global harita olarak atanması gerçekleştirilmektedir. Ayrıca Google MAP kullanılacaksa, uydru, arazi ve karma haritalarından hangisinin atanacağı da belirlenebilmektedir.

```
var SATELLITE = new OpenLayers. Layer. Google (“SATELLITE”, {type: G_SATELLITE_MAP, spherical Mercator: true})
```

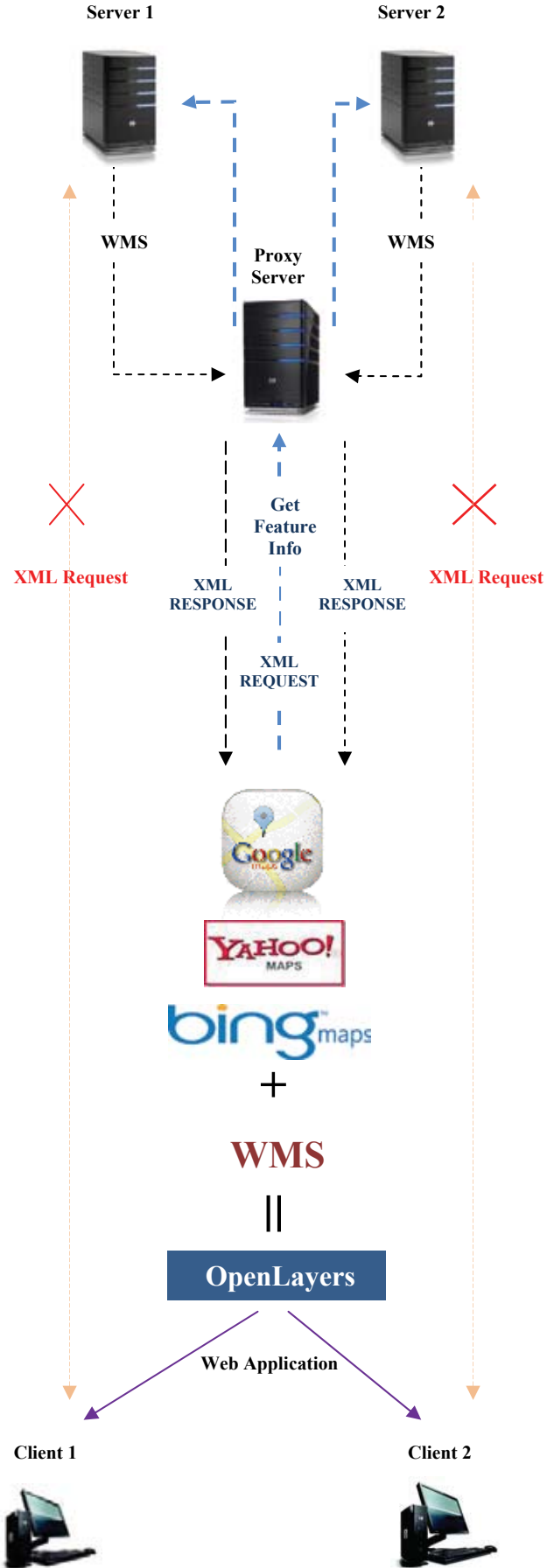


Oluşturulan OpenLayers ara yüzü içerisinde her bir temel harita ve WMS katmanlarının gösterilmesi aşağıdaki kodlar yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Burada bulunan her bir katman OpenLayers ara yüzünde bulunan katman seçim kısmında görülecektir.

```
map.addLayers([SATELLITE, NORMAL, osm, vector, HYBRID, TD, BING, YAHOO, wms])
```

Uygulamanın asıl amaçlardan birisi verilerin öznetelik verilerinin de gösterilebilmesini sağlamak olduğundan bazı ek yazılımlara ihtiyaç duyulmuştur. Örneğin JavaScript güvenlik kısıtlamaları nedeniyle bir *XMLHttpRequest* üzerinden uzaktaki bir sunucudan bilgi almak mümkün değildir. Bu yüzden tabakaların sözel verileri herhangi bir şekilde gösterilememektedir. Sözü edilen sorundan dolayı objelerin öznetelik verilerini ekranda gösterebilmek, bir başka deyişle *GetFeatureInfo* özelliğini kullanabilmek için Proxy Server kullanılması gerekmektedir. *GetFeatureInfo*, WMS olarak yayımlanan verilerin sözel tablolarını ekrana getirmek için kullanılan bir fonksiyondur. Apache Server, Python veya Perl gibi yazılımlar kullanılarak Proxy Server verilerin sunulduğu sunucu üzerinde tanımlanabilmektedir. Kurulan yazılıma göre oluşturulan web sayfasına eklenecek tanım kodları sayesinde Proxy Server uygulama için kullanılabilir hale getirilebilmektedir. Burada Proxy Server, XML veri alışverişi esnasında JavaScript güvenlik kısıtlamaları nedeniyle ortaya çıkan istek-cevap sorununda ara bir uygulama gibi davranarak istemci ve sunucu arasındaki veri alış-verişini sağlamaktadır. Böylece istemci ekran üzerinde tıkladığı herhangi bir coğrafi varlığın sözel verilerini ekranda görebilir hale gelmektedir. Tüm bu tanımlamaların ardından global haritaların ve WMS verilerin bir arada kullanılması gerçekleştirilmiş olmaktadır. Verilerin tanımlanmasından ekrana getirilmesine kadar gerçekleşen işlem adımları Şekil 2’de gösterilmiştir.

Uygulamada istemci ve sunucu arasında geçen iletişim istemciden gönderilen istek ile başlamaktadır. İstemci bilgisayardan uygulama web sitesine girilmesi ile birlikte temel harita katmanının yayımlandığı siteye harita isteği gönderilmektedir. Örneğin Google haritası kullanılıyor ise Google sunucularından haritanın kodlar içerisinde belirlenmiş zoom seviyesi ve merkez koordinatları gibi bilgilere göre hazırlanarak yine istemci bilgisayarına gönderilmektedir. Bu esnada harita üzerinde çağırılacak olan tabakaların WMS adresleri yardımıyla sunucuya bir takım istekler gönderilmektedir. İstekler XML dosya tabanlı olup *XML Request* olarak adlandırılmaktadır. Bunlardan ilki *GetCapabilities* isteği, verilerin yayımlandığı sunucunun genel özelliklerini tanımlamak için kullanılmaktadır. İkinci istek olan *GetLayer* ise sunucu üzerinde bulunan tabakaların listesini sunucudan çağırılmaktadır. Eğer bu istek ile sunucu adresine bağlanılır ise, bağlanılan ara yüzde tüm tabakaların listesi görülecektir. Ancak uygulamada sadece harita üzerinde gösterilmesi istenilen WMS adresleri mevcut olduğundan bu verilere ulaşım için *GetMap* isteği gönderilmektedir.



Şekil 2 Uygulama Akış Şeması

**TABAKA: Meram-Erzincan**

| RD                | ECZANE ADI     | ADRES                                      | İLÇE  | TEL                  | FAX/ECZACI      | BİMLER     | BOYUN   |
|-------------------|----------------|--------------------------------------------|-------|----------------------|-----------------|------------|---------|
| Meram-Erzincan 33 | FETHİ ECZANESİ | HACİSA<br>ERENDİ MH.1<br>AZERBEYCAN<br>CO. | MERAM | 0332<br>320<br>37 37 | FATMA<br>KIVRAK | 37 8542937 | 4588995 |

Kütüphanenin içerisinde OpenLayers ara yüzünün katman seçim menüsü, Overview penceresi, navigasyon araçları ve GetFeatureInfo istekleri gibi sınıfların tanımlamaları mevcuttur. Bu kütüphane istenildiği takdirde uygulamanın yayımlandığı sunucu üzerine kaydedilebilmekte isteğe göre de OpenLayers resmi sitesinde var olan link kullanılarak doğrudan kullanılabilir.



Genel olarak harita ve servislerin kombinasyonuna bakıldığında GeoServer ve Google MAP haritalarının çok daha hızlı ve etkin kullanılabileceği söylenebilir. ArcGIS Server yazılımı ise kendi raster formatındaki haritalarının yayımlanmasında çok daha hızlı olduğundan eğer herhangi bir global harita kullanılmayacak ise local uygulamalarda daha kullanışlı ve üstün olduğu söylenebilir.

## Kaynaklar

AYDINOĞLU A.Ç.: **İnternet Tabanlı CBS Uygulaması: Trabzon İli Örneği**, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 9. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, 2003.

BİLDİRİCİ İ.Ö., BÖGE S., ALPSAL B. S.: **Ücretsiz Veri ve Teknolojiler ile Web Haritalarının Oluşturulması: Google Map API Teknolojisi**. TMMOB COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KONGRESİ 2009 2-6 KASIM İZMİR

YOMRALIOĞLU, T.: **Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar**, 1, Seçil Ofset, Trabzon, 10-45 (2000)

URL1, OpenLayers resmi sitesi

<http://openlayers.org/> 09.10.2011

URL 2: GeoServer resmi sitesi

<http://www.opengeospatial.org/ogc> 04.03.2011

URL 3: OpenGeospatial resmi sitesi, **OpenGIS Web Map Service (WMS) Implementation Specification 1.3.0**

<http://www.opengeospatial.org/standards/wms#overview> 04.03.2011

URL 4: OpenGeospatial resmi sitesi, **OpenGIS Web Feature Service (WFS) Implementation Specification**

<http://www.opengeospatial.org/standards/wfs#overview> 04.03.2011

# Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ) Davutpaşa Kampüsü ÖSYM Salon Bilgi Sistemi

Tolga BAKIRMAN<sup>1</sup>, M. Ümit GÜMÜŞAY<sup>2</sup>

## Özet

ÖSYM, ülkemizde, yüksek öğretim programlarına yerleştirilecek öğrencileri belirleyen Lisans Yerleştirme Sınavı (LYS) gibi önemli sınavları düzenleyen ve denetleyen kurumdur. Bu kurumun düzenlediği sınavlarda, ev sahipliğini ülke çapındaki üniversiteler, liseler ve ilkokullar yapar. YTÜ Davutpaşa Kampüsü, bu ev sahiplerinden biridir. Bu çalışmada YTÜ Davutpaşa Kampüsündeki ÖSYM salonlarına yönelik coğrafi bilgi sistemi kurulması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, fakültelerin CAD ortamındaki kat plan verileri elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler düzenlenerek, oluşturulan coğrafi bilgi sistemi (CBS) veri tabanına aktarılmıştır. Oluşturulan sistem, salon ve fakülteler hakkında sorgu yapma olanağı sağlamaktadır.

## Anahtar Sözcükler

Coğrafi Bilgi Sistemleri, Web/Internet, Konumsal Veri, Ortofoto, Programlama

## Abstract

### GIS for OSYM Exam Halls on YTU Davutpasa Campus

OSYM is the institution that regulates and supervises national important exams like LYS, which determines students that qualify for high education programs. Universities, high school and primary schools are the hosts of the exams, which is regulated by this institution. YTU Davutpasa Campus is one of the hosts. In this study, it is aimed to create geographic information system of exam halls, that OSYM has in YTU Davutpasa Campus. For this purpose, floor plan data of faculties in YTU Davutpasa Campus have been obtained as in CAD environment. The obtained data have been edited and imported to geographic information system database. The project that has been created in Arc Map was saved as .mxd file. Created system provides to query about exam halls and faculties.

## Key Words

Geographic Information Systems, Web/Internet, Spatial Data, Orthophoto, Programming

## 1. Giriş

CBS'de internetin kullanımı, coğrafi bilginin kullanım anlayışını da değiştirmiştir (GONZALEZ, 2001). Web tabanlı coğrafi bilgi sistemlerinin önemi ve avantajları anlaşıldığından beri, internet teknolojisinin gelişmesiyle bu sistemlerinin kullanımı büyük derecede artmıştır. İnternet konumsal veriye ve konumsal veri işleme servislerine ulaşım kolay-

lığını arttıran bir potansiyele sahiptir (ABEL vd. 1998). İnternet coğrafi bilgi sistemi verilerini genel bir arayüz ile yayınlayarak, kullanıcının herhangi bir CBS yazılımına ihtiyaç duymadan sadece internet bağlantısı ile tüm CBS verilerine ulaşmasını sağlar (TÜRKMENDAĞ, 2009).

Farklı şirketler tarafından üretilen farklı web tabanlı CBS yazılımları mevcuttur. Fakat bu İnternet uygulamaları genellikle farklı standartlara sahiptir. Bu nedenle, bilgiyi paylaşmak imkansız olmuştur. Bu durumun sonucu olarak, CBS tabanlı servislerin bir standartının oluşturulması için The Open Geospatial Consortium (OGC) devreye girmiştir. OGC, The Geography Markup Language (GML) standart dilini geliştirmiştir (AYDINOĞLU ve YOMRALIOĞLU, 2002).

İnternet teknolojisindeki gelişmeler arttıkça web tabanlı CBS uygulamaları kaydırma, tanımlama, yakınlaşma, uzaklaşma gibi standart özellikler dışında, daha gelişmiş CBS fonksiyonları da kullanmak olanaklı hale gelmiştir. (DRAGICEVIĆ, 2001).

Öğrenci Seçme ve Yerleştirme Merkezi (ÖSYM), Yükseköğretim Kurulunun tespit ettiği esaslar çerçevesinde yükseköğretim kurumlarına öğrenci alınması amacıyla sınavları hazırlayan ve yapan, öğrenci isteklerini de göz önünde tutarak Yükseköğretim Kurulunun tespit ettiği esaslara göre değerlendiren, öğrenci adaylarının yükseköğretim kurumlarına yerleştirilmesini sağlayan ve bu faaliyetlerle ilgili araştırmalar ve diğer hizmetleri yapan Yükseköğretim Kuruluna bağlı bir kuruluştur (URL-1).

Kampüse dayalı coğrafi bilgi sistemleri, kampüs bilgisini yönetmeye yarayan bir uygulamadır (FRAZIER, 2000). Bu sistemler, güvenli, doğru ve kullanışlı bir ortam sağlamalıdır (DAI ve KUMAR, 2010).

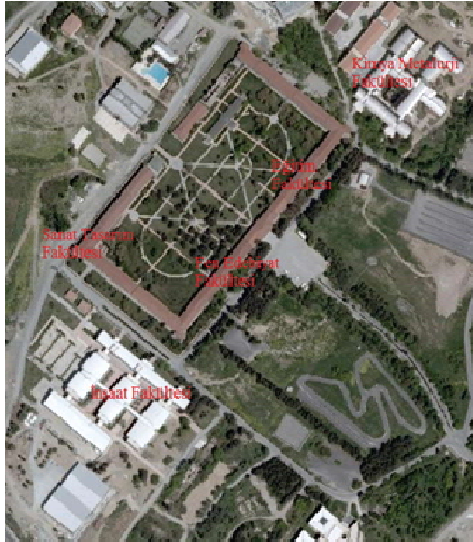
ÖSYM'nin düzenlediği sınavların gerçekleştiği yerlerden biri olan Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü 130 hektar büyüklüğündedir. YTÜ Davutpaşa Kampüsünde ÖSYM, gerçekleştirdiği sınavlarda 51 adet salonu kullanmaktadır. Kampüs alanının büyüklüğü, yeni binaların üniversite bünyesine katılması, kampüsü ulaşım zorlukları gibi faktörler sınava girecek adaylarının sınav salonlarına ulaşmalarında sorunlarla karşılaşmalarına neden olmaktadır. Bu çalışmada sınava girecek adayların sınav salonlarının nerede olduğunu ve nasıl ulaşabileceğini gösteren web tabanlı ÖSYM salon bilgi sistemi kurulması amaçlanmıştır.

## 2. Çalışma Alanı ve Metot

Proje, YTÜ Davutpaşa Kampüsündeki, İnşaat, Fen Edebiyat, Kimya-Metalurji, Eğitim ve Sanat Tasarım Fakültesinde bulunan derslikleri kapsamaktadır (Şekil 1).

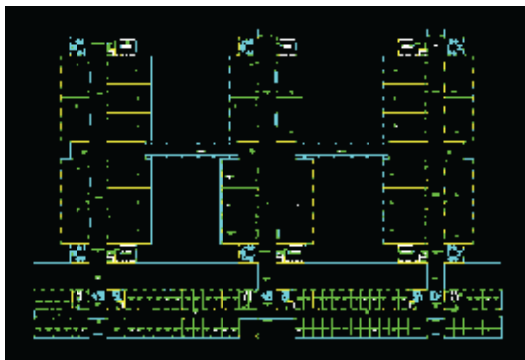
<sup>1</sup> Araş. Gör., <sup>2</sup> Yrd. Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Müh. Bölümü, Esenler, İstanbul





Şekil 1: Proje Alanı.

Çalışmanın başında proje için mevcut durum incelenmiş ve gereksinimler belirlenmiştir. Kampüste bulunan binaların konumlarının belirlenmesi için üretilmiş sayısal haritalara gereksinim olduğu görülmüştür. Bu haritaların İstanbul Büyükşehir Belediyesinden (İBB) tarafından fotogrametrik yöntemle üretilmiş olduğu tespit edilmiş ve belediyeden de temin edilmiştir. Proje için fakülte binalarının katlarına ait plan verileri YTÜ Yapı İşleri Daire Başkanlığı'ndan elde edilmiştir (Şekil 2). Fakültelerin kullandığı derslikler ve bu dersliklerden ÖSYM tarafından kullanılan salonların kat planları üzerinde konumları incelenerek, kat planlarına uygunluğu kontrol edilmiştir. Bu inceleme sonucunda bazı salonların farklı isimlerle adlandırıldığı, bazı salonların ise tamamen farklı işlevlerde kullanıldığı gözlemlenmiştir. ÖSYM'nin, YTÜ Davutpaşa Kampüsünde hangi salonları kullandığı bilgisi ise, fakülte sekreterliklerinden elde edilmiş ve bu bilgilerde yerinde kontrol edilmiştir. Ayrıca, sistem kullanıcılarının büyük çoğunluğunu üniversite sınavına girecek olan öğrencilerin oluşturacağı düşünülerek, YTÜ bölümlerinin bir önceki seneye ait taban ve tavan puanları, kontenjanlar, mezun sayıları gibi bilgilerin sisteme entegre edilmesi gerçekleştirilmiştir. Böylece hem üniversite adaylarının YTÜ hakkında bilgi sahibi olması hem de üniversitenin mevcut bölümlerin tanıtılması sağlanmıştır. Bu istatistiksel bilgiler YTÜ Öğrenci Daire İşleri Başkanlığı'ndan elde edilmiştir. (Şekil 3).



Şekil 2: Kat Planı

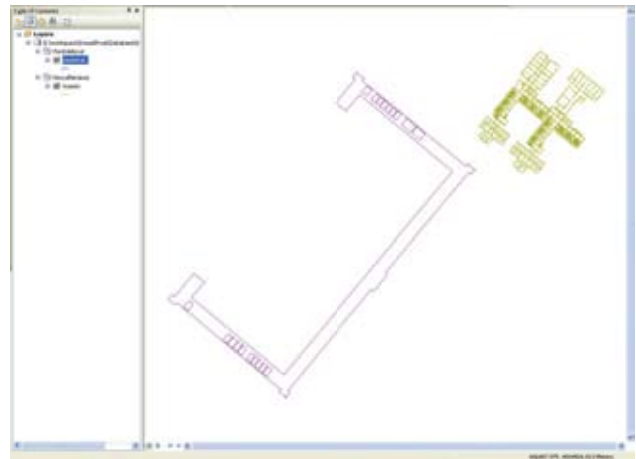
| YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ                                       |              |            |            |
|------------------------------------------------------------------|--------------|------------|------------|
| 2010-2011 EĞİTİM-ÖĞRETİM YILI MEZUN OLAN LİSANS ÖĞRENCİ SAYILARI |              |            |            |
| FAKÜLTE / BÖLÜM                                                  | Genel Toplam |            |            |
|                                                                  | 2010 - 2011  |            |            |
|                                                                  | KIZ          | ERKEK      | TOPLAM     |
| <b>İNŞAAT FAKÜLTESİ</b>                                          |              |            |            |
| Çevre Mühendisliği                                               | 9            | 11         | 20         |
| Çevre Mühendisliği (II. Öğretim)                                 | -            | -          | -          |
| İnşaat Mühendisliği                                              | 5            | 51         | 56         |
| İnşaat Mühendisliği (II. Öğretim)                                | 1            | 15         | 16         |
| Harita Mühendisliği                                              | 1            | 21         | 22         |
| Harita Mühendisliği (II. Öğretim)                                | 2            | 22         | 24         |
| <b>TOPLAM</b>                                                    | <b>18</b>    | <b>120</b> | <b>138</b> |

Şekil 3: Öğrenci İstatistikleri.

### 3. Sistemin Kurulması

#### 3.1. Veri Tabanının Oluşturulması

Web tabanlı coğrafi bilgi sistemi için gerekli olacak olan fakültelerin kat planlarındaki grafik veriler, CAD ortamında düzenlenerek CBS ortamına uygun hale getirilmiştir. Kat planları yerel koordinat sisteminde olduğu için gerekli koordinat dönüşümleri yapılarak, ülke koordinat sistemine dönüştürülmüştür. CBS ortamına uygun hale getirilen grafik veriler, Arc Catalog yardımı ile veritabanı (geodatabase) oluşturulmuş ve CAD ortamından veriler CBS ortamına aktarılmıştır. Fakültelerin her katı ayrı bir katman halinde CBS ortamına aktarılmıştır (Şekil 4).



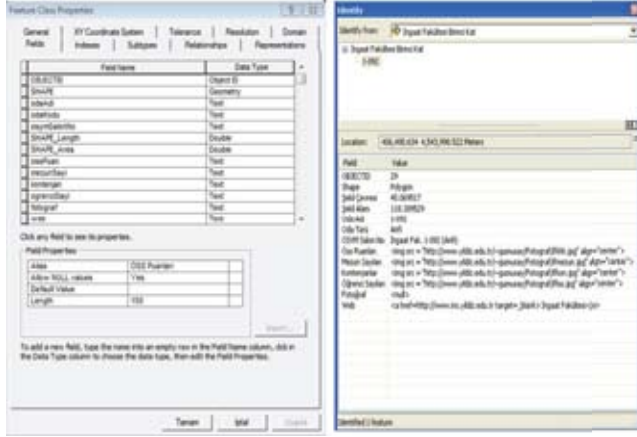
Şekil 4: Kat Planlarının CBS Ortamındaki Durumu

#### 3.2. Sistem Tasarımı

CBS ortamına aktarılan kat planları üzerinden, poligon veri tipinde, sınav salonları oluşturulmuştur (Şekil 5). Oluşturulan sınav salonlarının öznitelik tablolarına ilgili verilerin girişi yapılmıştır. Projenin internet ortamındaki görsel yönünü artırmak amacıyla, fakültelerin resimleri ve web sayfaları için, öznitelik tablolarına gerekli kodlar yazılmıştır. (Şekil 6).

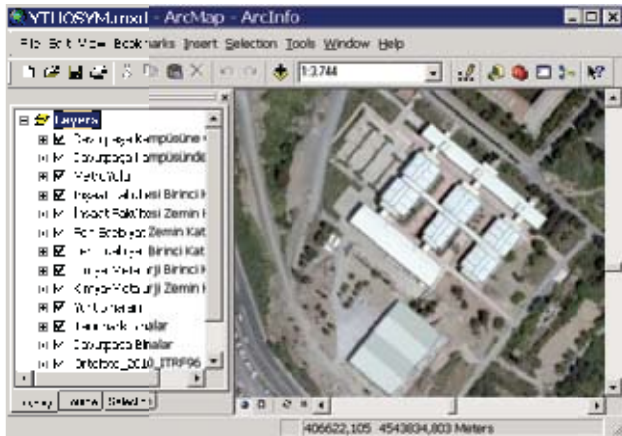


Şekil 5: Vektör Veri Oluşumu.



Şekil 6: Öz nitelikler.

Projede altlık olarak İBB CBS sunucusu üzerinde yayınlanan İstanbul'a ait 2010 ortofoto haritasından yararlanılmıştır. Bunun için, İBB CBS sunucusuna ArcMap yazılımı üzerinden bağlantı kurulmuştur. Kullanılabilir haritalar listesinden İstanbul 2010 ortofoto haritası projeye eklenmiştir. Son olarak altlıkla görsel olarak bütünlük sağlamsı için, katmanlar belli bir seviyede transparan hale getirilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7: Son Görünüm

### 3.3. Projenin İnternet Ortamında Servise Sunulması

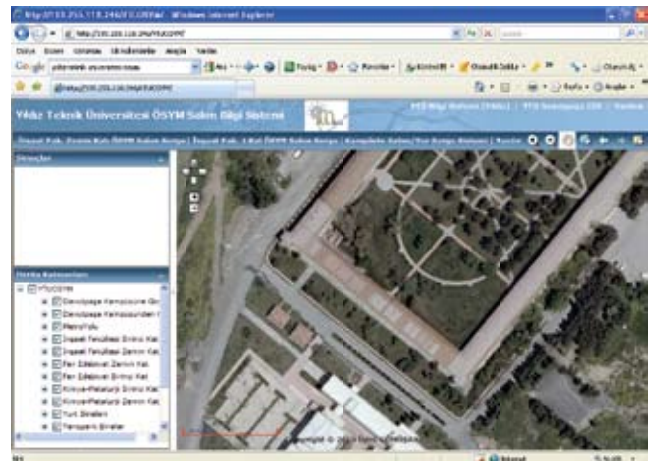
Oluşturulan coğrafi bilgi sisteminin internet ortamına aktarılıp, servis yapılması için öncelikle Windows Server 2003 veya Windows Server 2008 işletim sistemi yüklü bir sunucu bilgisayarına ihtiyaç olmuştur. Servise sunma işlemi ise ArcGIS Server 9.3.1 yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. ArcGIS Server 9.3.1 yazılımı OGC standartlarında WMS ve WFS servislerini sağlamaktadır.

Projeye ait tüm veri tabanları bu bilgisayara aktarılmıştır ve ArcGIS Server arayüzü ile İnternet ortamında bir servis haline dönüştürülmüştür. Oluşturulan mevcut servisler ile yeni bir web uygulaması oluşturulmuştur. Bu işlem esnasında katmanların öz niteliklerinin hangi öncelikle ve nasıl görüneceği belirlenmiştir. Kullanılan altlık tüm İstanbul'u kapsadığı için, uygulama açıldığında görünecek olan başlangıç noktasının YTÜ Davutpaşa kampüsü olması sağlanmıştır.

Bir sonraki aşamada web uygulamasının hangi CBS fonksiyonlarını kullanacağı belirlenmiştir. İnşaat Fakültesi'nin zemin katı ve birinci katı için, ayrı ayrı iki adet sorgu fonksiyonu oluşturulmuştur. Oluşturulan sorgular ÖSYM salon no üzerine yapılmıştır. Bu sorgu tipinde kullanıcı salon listesini görür ve bu listeden bir seçim yaptığında ÖSYM sınav salonu grafik üzerinde seçilir. Ayrıca, kampüste bulunan tüm grafik verilere ait tüm öz nitelik bilgileri kullanıcıların arama yapabilme imkanı vardır. Bu arama şeklinde kullanıcı bir arama penceresine istediği bilgiyi yazarak, arama yapabilme yetkisine sahiptir. Son olarak, kullanıcıların edindiği coğrafi bilgileri, yazıcı çıktısı olarak alabilmesi için yazdır fonksiyonu oluşturulmuştur. Bu fonksiyonların herbiri düzenlenerek isimleri, butonları ve etiketleri türkçe isimlerle değiştirilmiştir.

## 4. Sistemin Kullanılması

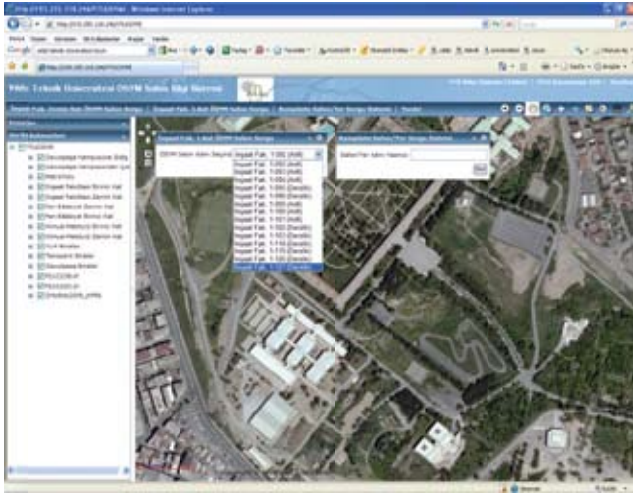
Yayına başlayan uygulama yeni bir İnternet Explorer penceresinde açılır. Bilgi sistemi üç ayrı pencere ve bir araç çubuğundan oluşmaktadır. Birincisi, haritanın bulunduğu pencere, ikinci katmanların kontrolünü sağlayan pencere ve son olarak arama sonuçlarını gösteren penceredir. Araç çubuğunda ise web uygulaması yaratılırken oluşturduğumuz fonksiyonlar ve temel araçlar bulunmaktadır (Şekil 8).



Şekil 8: Uygulama Ekranı

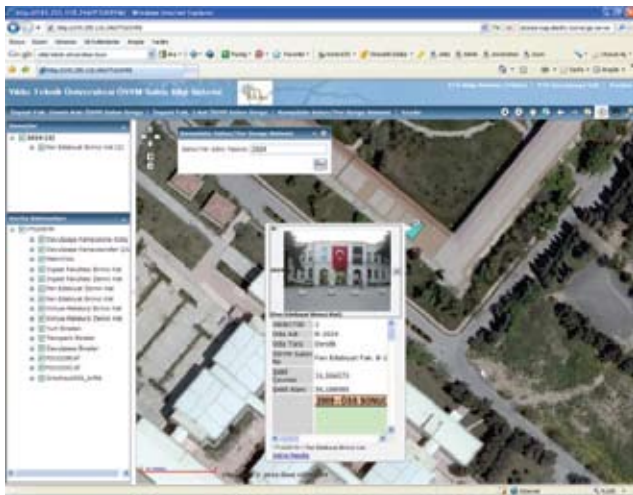
İnternet üzerinden erişime açık olan bilgi sistemi iki farklı sorgulama tipine imkan vermektedir. Bunlar liste sorgu ve arama sorgusudur (Şekil 9).





Şekil 9: Sorgu Tipleri

Yapılan sorgu sonucunda bulunan sonuçlar, “Sonuçlar” penceresinde listelenir. Bu penceredeki listeden, aranan oda seçilerek, yaklaşma veya öznetelik bilgileri gösterme komutları çalıştırılabilir (Şekil 10).



Şekil 10: Sorgu Sonuçları ve Öznetelikler

## 5. Sonuç ve Öneriler

Oluşturulan sistem ile ÖSYM sınav salonlarını kullanacak adayların sınav yerlerinin konumu hakkında internet ortamında kolayca bilgi sahibi olmalarına imkan sağlanmıştır. Sistemin ortofoto verilerini İBB'nin web sunucusundan alması nedeniyle veri akışı hızlı olmaktadır. Kampüse çevre yolları ve metro kullanılarak nasıl erişilebileceği grafik çizgi olarak gösterilmiştir. Kampüste bulunan fakülte ve tesislerin ismi yazılarak sorgulama olanağının olması kampüsün tanıtımını da gerçekleştirmektedir.

ÖSYM Salon Bilgi Sistemine şu web adresinden erişmek mümkündür:

<http://193.255.118.246/YTUOSYM>

Sistemin internet tabanlı olması ile hem daha çok kullanıcıya hizmet sunulacak, hem de kullanıcılar ArcGIS gibi herhangi bir yazılıma ihtiyaç duymaksızın projeyi inceleyebilecek ve bilgi edinebilecekler. Proje, internet üzerinden birçok kitleye hizmet vereceğinden, görsel görünümüne de önem verilmiştir.

Günümüz bilgi çağında bilginin sunulması ve sunulan bilgiye hızlı bir şekilde erişilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bilgi hem grafik hem de sözel bilgilerden oluşuyorsa elde edilen kazanç daha da artmaktadır.

Daha iyi bir kampus bilgi sistemi için, derslikler ve odalar dışında, kültürel faaliyetler, spor alanları, engelli ulaşımı gibi önemli bileşenleri konum bilgisiyle entegre edildiği bir sistem oluşturulmalıdır. Bu sayede, tüm ihtiyaçların kolayca giderilebileceği güncel bir sistem elde edilmiş olacaktır.

## Kaynaklar

- ABEL. D.A., ACKLAND R., TAYLOR. K.: **An Exploration of GIS Architectures for Internet Environments**, Computer Environment and Urban Systems, Vol: 22 No:1 (1998), Sayfa: 7-23
- AYDINOĞLU A. C., YOMRALIOĞLU T.: **Web Based Campus Information System**, International Symposium on GIS, 23-26 Eylül 2002, İstanbul, Türkiye
- DAI X., KUMAR B. A.: **Comparing and Contrasting Campus Information Systems in South Pacific Regional Universities**, International Conference on Computational and Information Sciences, 17-19 Aralık 2010, Sichuan, Çin
- DRAĞIĆEVIĆ S.: **The Potential of Web-based GIS**, Journal of Geographical Systems, Volume: 6, Number: 2 (2004), Sayfa: 79-81
- FRAZIER L.R.: **An Admission Process Transformed with Technology**, Educause Quarterly, Volume: 2 No: 3 (2000), Sayfa: 32-38
- GONZALEZ L. J.: **Assesment of a Web-based GIS Mapping Application for California State University Advancement**, Yüksek Lisans Tezi, California State University, USA, 2001
- TÜRKMENDAĞ G.: **Web Based Geographical Information Systems for Middle East Technical University Campus**, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2009
- URL-1, ÖSYM İnternet Sitesi, **ÖSYM-Kuruluş Yasal Dayanaklar**, <http://www.osym.gov.tr/belge/1-2705/osym---kurulus.html>, 3 Mart 2011

## Etkinlikler Takvimi

### Ağustos 2011

#### 3-4 Ağustos, Kampala, Uganda

1<sup>st</sup> Conference on Advances in Geomatics Research (AGRC2011)

[tech.mak.ac.ug/survey/agrc2011/](http://tech.mak.ac.ug/survey/agrc2011/)

#### 8-9 Ağustos, Los Angeles, ABD

Groundwater: Cities, Suburbs, and Growth Areas - Remedying the Past/Managing for the Future

[www.ngwa.org/Events-Education/conferences/5026/Pages/5026aug11.aspx](http://www.ngwa.org/Events-Education/conferences/5026/Pages/5026aug11.aspx)

#### 9-11 Ağustos, Yunnan, Çin

WG VII/6 International Symposium on Image & Data Fusion (ISIDF 2011)

[isidf2011.casm.ac.cn/](http://isidf2011.casm.ac.cn/)

#### 10-12 Ağustos, Burnaby, Kanada

WG IV/5 2<sup>nd</sup> International Workshop on Pervasive Web Mapping, Geoprocessing & Services, in conjunction with 4<sup>th</sup> ICA Workshop on Geospatial Analysis & Modeling (ICA GAM 2011)

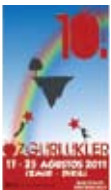
[www.sfu.ca/dragicevic/workshops2011/](http://www.sfu.ca/dragicevic/workshops2011/)

#### 15-19 Ağustos, Nairobi, Kenya

AGSE 2011 - Applied Geoinformatics for Society and Environment: "Geoinformation for a better world"

[applied-geoinformatics.org](http://applied-geoinformatics.org)

#### 17-25 Ağustos, Dikili, İzmir, Türkiye



10. Yaz Eğitim Kampı

[www.hkmo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=8774&tipi=17&sube=0](http://www.hkmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=8774&tipi=17&sube=0)

#### 17-19 Ağustos, York, İngiltere

WG V/2 Conference "Cultural heritage data acquisition & processing"

[areeweb.polito.it/ricerca/TCV\\_WG2/events.html](http://areeweb.polito.it/ricerca/TCV_WG2/events.html)

#### 20-25 Ağustos, Gross Dölln, Almanya

12<sup>th</sup> International Workshop on Modeling of Mantle Convection and Lithospheric Dynamics

[www.gfz-potsdam.de/portal/gfz/Neuestes/Veranstaltungen/Tagungen+und+Konferenzen/2011/Mantle\\_Lithospheric\\_Dynamics\\_Workshop.jsessionid=51070BDBDC7026DDBBD57D3F8DE932E3](http://www.gfz-potsdam.de/portal/gfz/Neuestes/Veranstaltungen/Tagungen+und+Konferenzen/2011/Mantle_Lithospheric_Dynamics_Workshop.jsessionid=51070BDBDC7026DDBBD57D3F8DE932E3)

#### 21-24 Ağustos, Curitiba, State of Paraná, Brezilya

XXV Brazilian Cartographic Congress Organised by Brazilian Society of Cartography, Geodesy, Photogrammetry and Remote Sensing – SBC.

#### 22 Ağustos – 9 Eylül, EPFL İsviçre

ENGO 699.55 Integrated Sensor Orientation

[www.geomatics.ucalgary.ca/files/engo/ENGO699.55.pdf](http://www.geomatics.ucalgary.ca/files/engo/ENGO699.55.pdf)

#### 23-25 Ağustos, Perth, Avustralya

7<sup>th</sup> International Symposium on Digital Earth (ISDE7)

[www.isde7.net/](http://www.isde7.net/)

#### 29 Ağustos, Delft, Hollanda

eGOV 2011 - The Netherlands,

Workshop: Use of 3D City Models in E-Government for Sustainable Urban Governance.

[www.egov-conference.org/egov-2011/workshops/workshop-on-3d-citymodels-in-e-government-for-sustainable-urban-governance](http://www.egov-conference.org/egov-2011/workshops/workshop-on-3d-citymodels-in-e-government-for-sustainable-urban-governance)

#### 29-31 Ağustos, Calgary, Alberta, Kanada

ISPRS Workshop Laser Scanning 2011

[www.ucalgary.ca/laserscanning2011/](http://www.ucalgary.ca/laserscanning2011/)

#### 29-31 Ağustos, Potsdam, Brandenburg, Almanya

Practical Methods for Modeling Soil Spectral Information

[www.gfz-potsdam.de/portal/gfz/Neuestes/Veranstaltungen/Tagungen+und+Konferenzen/2011/Workshop\\_Soil\\_Modeling](http://www.gfz-potsdam.de/portal/gfz/Neuestes/Veranstaltungen/Tagungen+und+Konferenzen/2011/Workshop_Soil_Modeling)

#### 31 Ağustos - 2 Eylül, Kopenhag, Danimarka

3<sup>rd</sup> International Colloquium - Scientific and Fundamental Aspects of the Galileo Programme, organised by The European Space Agency (ESA) and the Technical University of Denmark. Co-sponsored by FIG Commission 5

[www.congex.nl/11A12/](http://www.congex.nl/11A12/)

### Eylül 2011

#### 1-2 Eylül, Londra, İngiltere

Dynamic Topography - A key surface record of deep Earth processes

[www.geolsoc.org.uk/gsl/events/listings/dynamictop](http://www.geolsoc.org.uk/gsl/events/listings/dynamictop)

#### 4-8 Eylül, Ulaanbaatar, Moğolistan

International Workshop on Innovative Technologies for an Efficient Geospatial Management of Earth Resources. Third International Workshop organised by Siberian State Academy of Geodesy and FIG Commissions 5 and 6.

[www.fig.net/events/2011/mongolia\\_com5-6\\_sept\\_2011.pdf](http://www.fig.net/events/2011/mongolia_com5-6_sept_2011.pdf)



**5–8 Eylül, Oostende, Belçika**

CoastGIS  
Marine and Coastal Spatial Planning

**12-16 Eylül, Denver, Kuzey Carolina**

Free and Open Source Software for  
Geospatial  
[2011.foss4g.org/](http://2011.foss4g.org/)

**13 Eylül, Noordwijk, Hollanda**

Advanced RF Sensors and Remote Sensing Instruments  
(ARSI)

[www.congrex.nl/11c11/](http://www.congrex.nl/11c11/)

**14-16 Eylül, Zurih, İsviçre**

UAV-g 2011 - Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics.  
Technical sessions at ETH Zurich on Eylül 14 and 16, and  
invitation to system providers, researchers and users to  
contribute with live demonstrations at Airfield Birrfeld on  
15 Eylül. Organised by ETH Zurich and co-sponsored by  
FIG Commission 5 and 6.

[www.uav-g.ethz.ch](http://www.uav-g.ethz.ch)

**18 Eylül, Kona, Hawaii, ABD**

GEOSS Workshop XLII – Oceans

[www.ieee-earth.org/category/events/featured/workshops/](http://www.ieee-earth.org/category/events/featured/workshops/)

**19-20 Eylül, Üsküp, Makedonya**

International NSDI Conference: Impact of the NSDI in So-  
ciety, Challenges for Establishment. Organised by Govern-  
ment of the Republic of Macedonia, Agency for Real Estate  
Cadastre and Faculty of Civil Engineering. Co-sponsored  
by FIG.

[www.katastar.gov.mk/nsdi2011/](http://www.katastar.gov.mk/nsdi2011/)

**19-24 Eylül, Korint, Yunanistan**

2<sup>nd</sup> INQUA-IGCP 567: International Workshop on Active  
Tectonics, Earthquake Geology, Archaeology and Engine-  
ering

[www.paleoseismicity.org/](http://www.paleoseismicity.org/)

**19-23 Eylül, Portland, Oregon**

ION GNSS 2011

[www.ion.org/meetings/gnss2011/program.cfm](http://www.ion.org/meetings/gnss2011/program.cfm)

**21 Eylül, Guimarães, Portekiz**

2011 International Conference on Indoor Positioning and  
Indoor Navigation

[www.conferencealerts.com/seeconf.mv?q=cali8s00](http://www.conferencealerts.com/seeconf.mv?q=cali8s00)

**22-24 Eylül, Brijuni, Hırvatistan**

INGEO 2011. Organised by the Faculty of Civil Enginee-  
ring, Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty  
of Geodesy, University of Zagreb and FIG Commission 6

[web.svf.stuba.sk/kat/GDE/Ingeo2011/Ingeo.html](http://web.svf.stuba.sk/kat/GDE/Ingeo2011/Ingeo.html)

**25 Eylül–1 Ekim, Innsbruck, Avusturya**

FIG Commission 7 Annual Meeting 2011 ndInternational  
Symposium “Cadastre 2.0” Organised by FIG Commission 7.  
[sites.google.com/site/figsymposium2011/](http://sites.google.com/site/figsymposium2011/)

**27-29 Eylül, Nürnberg, Almanya**

INTERGEO, Conference and trade fair for geodesy, geo in-  
formation and land management

[www.intergeo.de/en/englisch/index.php](http://www.intergeo.de/en/englisch/index.php)

**Ekim 2011****3-9 Ekim, Roma, İtalya**

2<sup>nd</sup> World Landslide Forum

[www.wlf2.org/](http://www.wlf2.org/)

**5 Ekim, Londra, İngiltere**

Modernised Satellite Navigation: The implementation of  
GNSS programmes & future challenges

[conferences.theiet.org/gnss/](http://conferences.theiet.org/gnss/)

**6-7 Ekim, Banff, Alberta, Kanada**

International Workshop on Sensor Web Enablement 2011

[sensorweb.geomatics.ucalgary.ca/swe2011](http://sensorweb.geomatics.ucalgary.ca/swe2011)

**9–12 Ekim, Kolombiya, Kuzey Carolina**

Esri Electric and Gas User Conference

[www.esri.com/events/egug/index.html](http://www.esri.com/events/egug/index.html)

**10–14 Ekim, Grindelwald, İsviçre**

AGU Chapman Conference on Ad-  
vances in Lagrangian Modeling of  
the Atmosphere

[www.agu.org/meetings/chapman/2011/gcall/](http://www.agu.org/meetings/chapman/2011/gcall/)

**12-14 Ekim, Coimbra, Portekiz**

WG II/4 & ICWG II/IV 7th International Symposium of  
Spatial Data Quality

[www.mat.uc.pt/issdq2011/](http://www.mat.uc.pt/issdq2011/)

**17-18 Ekim, Shanghai, Çin**

IC WG II/IV Workshop on Dynamic & Multi-dimensional  
GIS (DMGIS' 2011)

[civileng.tongji.edu.cn/DMGIS2011/Home.html](http://civileng.tongji.edu.cn/DMGIS2011/Home.html)

**18-20 Ekim, Harwell, Oxford, İngiltere**

QA4EO Workshop: Providing harmonised quality informa-  
tion in earth observation data by 2015

[www.stfc.ac.uk/RALSpace/News+and+events/QA4EO/34850.aspx](http://www.stfc.ac.uk/RALSpace/News+and+events/QA4EO/34850.aspx)

**20-21 Ekim, Guilin, Çin**

Workshop on Geospatial Data Infrastructure: From Data  
Acquisition and Updating to Smarter Services. Organised  
by ISPRS.

[isprs-wg41.nsdi.gov.cn/](http://isprs-wg41.nsdi.gov.cn/)

**24-28 Ekim, Wuhan, Çin**

47<sup>th</sup> ISOCARP Congress - Liveable Cities: Urbanising World. Meeting the Challenge. Organised by ISOCARP and UPSC

[www.isocarp.org/subsites/isocarp-congress-2011/](http://www.isocarp.org/subsites/isocarp-congress-2011/)

**25-26 Ekim, Postdam, Brandenburg, Almanya**

Workshop on Geodesy Applications of the ACES Mission ESA Topical Team on “Geodesy, Clocks and Time Transfer” [http://www.gfz-potsdam.de/portal/gfz/Neuestes/Veranstaltungen/Tagungen+und+Konferenzen/2011/Workshop\\_Geodesy\\_Applications\\_ACES\\_Mission](http://www.gfz-potsdam.de/portal/gfz/Neuestes/Veranstaltungen/Tagungen+und+Konferenzen/2011/Workshop_Geodesy_Applications_ACES_Mission)

**25-28 Ekim, Paris, Fransa**

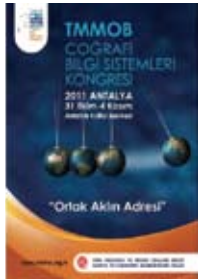
FIG Commission 3 Workshop - “The Empowerment of Local Authorities: Spatial Information and Spatial Planning Tools” and Commission 3 Annual Meeting.

[bit.ly/figcom3-paris2011](http://bit.ly/figcom3-paris2011)

**26-28 Ekim, Madrid, İspanya**

Esri European User Conference

[www.esri.com/events/euc/index.html](http://www.esri.com/events/euc/index.html)

**31 Ekim, Antalya, Türkiye**

Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 2011

[www.hkmo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=8775&tipi=17&sube=0](http://www.hkmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=8775&tipi=17&sube=0)

**Kasım 2011****1-3 Kasım, Beyrut, Lübnan**

Esri Middle East and Africa User Conference

<http://www.esri.com/events/meauc/index.html>

**2-4 Kasım, Hong Kong, Çin**

Joint International Symposium on Deformation Monitoring (JIS-DM). Co-organised by IAG and FIG Commission 6 [dma.lsgu.polyu.edu.hk/](http://dma.lsgu.polyu.edu.hk/)

**8 Kasım, Bhopal, Hindistan**

WG VIII/6, VIII/8 & ISRS Joint International Workshop on “Earth Observation for Terrestrial Ecosystems”

[www.commission8.isprs.org/wg6/](http://www.commission8.isprs.org/wg6/)

**15 Kasım, İstanbul, Türkiye**

23<sup>rd</sup> GEO Executive Committee Meeting

**16-18 Kasım, Delft, Hollanda**

Second International FIG Workshop on 3D-Cadastral. Jointly organised by FIG Commission 3 and 7 Working Group and supported by EuroSDR.

[3dcadastral2011.nl/](http://3dcadastral2011.nl/)

**21-23 Kasım, Viyana, Avusturya**

8<sup>th</sup> Symposium on Location-based Services. Organised by Vienna University of Technology. Co-sponsored by FIG Commission 5.

[www.lbs2011.org/](http://www.lbs2011.org/)

**23-25 Kasım, Varşova, Polonya**

3<sup>rd</sup> Cadastral Congress “Cadastral in the sustainable management of space”. Organised by the Association of Polish Surveyors and Surveyor General of Poland, and co-sponsored by FIG.

[www.congress.sgp.geodezja.org.pl/](http://www.congress.sgp.geodezja.org.pl/)

**27 Kasım – 2 Aralık, Sant Feliu de Guixols, İspanya**

Understanding Extreme Geohazards: The Science of the Disaster Risk Management Cycle

<http://www.esf.org/activities/esf-conferences/details/2011/confdetail389.html>

**28 Kasım, Namurs, Belçika**

Eighth European Space Weather Week

[sidc.oma.be/esww8/](http://sidc.oma.be/esww8/)

**29 Kasım, Roma, İtalya**

Earth Observation for Ocean-Atmosphere Interactions Science

[www.eo4oceanatmosphere.info/](http://www.eo4oceanatmosphere.info/)

**Aralık 2011****29 Kasım – 2 Aralık, Moskova, Rusya**

5<sup>th</sup> International Conference “Earth from Space - the Most Effective Solutions”

[www.conference.scanex.ru/index.php/en.html](http://www.conference.scanex.ru/index.php/en.html)

**8-9 Aralık, Berlin, Almanya**

WG V/5 Special Session about 3D Object Recognition & Tracking

[www2.informatik.hu-berlin.de/cv/isprs/index.html](http://www2.informatik.hu-berlin.de/cv/isprs/index.html)

**8-9 Aralık, Toulouse, Fransa  
Gnss Signals 2011**

Institut Aero Spatial (IAS)

<http://www.gsa.europa.eu/index.cfm?objectid=38CF768A-C984-BE33-DBB85F8F0C82BB18>

**15-16 Aralık, Hong Kong, Çin**

WG VII/5+6 Workshop on Remote Sensing & GIS Methods for Change Detection & Spatio-temporal Modelling

[www.lmars.whu.edu.cn/wg7/index.html](http://www.lmars.whu.edu.cn/wg7/index.html)

**Ocak 2012****23-25 Ocak, Ostrava, Çek Cumhuriyeti**

GIS Ostrava 2012 - Surface models for geosciences

[gis.vsb.cz/gisostrava/](http://gis.vsb.cz/gisostrava/)

**Şubat 2012****20–24 Şubat, Kona, Hawaii, ABD**

AGU Chapman Conference on Remote Sensing of the Terrestrial Water Cycle  
[www.agu.org/meetings/chapman/2012/acall/](http://www.agu.org/meetings/chapman/2012/acall/)

**Nisan 2012****22-27 Nisan, Viyana, Avusturya**

European Geosciences Union General Assembly 2012  
[www.egu.eu/](http://www.egu.eu/)

**25–28 Nisan, Sint-Niklaas, Belçika**

Mercator Revisited – Cartography in the Age of Discovery

**30 Nisan – 4 Mayıs, Tainan, Tayvan**

International Summer School on Mobile Mapping Technology 2012  
[mmt2013.ncku.edu.tw](http://mmt2013.ncku.edu.tw)

**Haziran 2012****2-8 Haziran, Banff, Alberta, Kanada**

11<sup>th</sup> International Symposium on Landslides  
[www.isl-nasl2012.ca/](http://www.isl-nasl2012.ca/)

**4 Haziran, Portoroz, Slovenya**

Small Satellites Systems and Services - the 4S Symposium 2012  
[congrex.nl/12a04/](http://congrex.nl/12a04/)

**Ağustos 2012****13–17 Ağustos, Singapore**

AOGS-AGU (WPGM)  
[www.asiaoceania.org/society/AOGS2012%20Ad.pdf](http://www.asiaoceania.org/society/AOGS2012%20Ad.pdf)

**Eylül 2012****17-21 Eylül, Nashville, Tennessee**

ION GNSS 201

**Ekim 2012****1-5 Ekim, Napoli, İtalya**

63<sup>rd</sup> IAC International Astronautical Congress  
[www.iafastro.com/index.html?title=IAC2012](http://www.iafastro.com/index.html?title=IAC2012)

**Ağustos 2013****25–30 Ağustos, Dresden, Almanya**

26<sup>th</sup> International Cartographic Conference  
[www.icc2013.org/](http://www.icc2013.org/)

**Ülkemizde ve Dünyada Genel Mesleki Etkinlikleri Takip Etmek İçin Web Sayfaları**

**AGU**

<http://www.agu.org/meetings/>

**EGU**

<http://www.egu.eu/meetings/topical-conferences.html>

**ESA**

<http://conferences.esa.int/>

**ESRI**

<http://www.esri.com/>

**FIG**

<http://www.fig.net/figtree/events/events.htm>

**FOSS4G**

<http://2011.foss4g.org/>

**GEOS**

<http://www.earthobservations.org/meetings/meetings.html>

**HKMO**

<http://www.hkmo.org.tr/etkinlikler/>

**ICA**

<http://www.ica.org/>

**IEEE**

[http://www.ieee.org/conferences\\_events/index.html](http://www.ieee.org/conferences_events/index.html)

**ION**

<http://www.ion.org/meetings/>

**ISPRS**

<http://www.isprs.org/calendar/>

## Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

### hkm Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi yönetimi Dergisi Kuralları

#### 1. Genel Yayın Kuralları

**Hakemli Yayın Hayatına giren Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi (hkm jeodezi, jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi) ;**

**Bilimsel Araştırma ve geliştirme çalışmalarına, güncel teorik bulguların kapsamlı ve ilgi uyandıracak uygulamalarına, Yeterli sayıda bilimsel yayını tarayarak güncel bir konuyu yorumlayan derleme yazılara, Bilimsel değerde ve güncel tercümelere, bilimsel etkinlikleri özetleyen kısa haberlere, yeni yayınlar hakkında kısa değerlendirmelere, Derginin özelliklerine uygun diğer haber ve tanıtımlara, Düzeyli yorum, görüş ve tartışmalara yer verecektir.**

- Dergi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası'na, özel sayılar hariç, düzenli olarak yılda iki kez (Ocak-Temmuz aylarında ) yayımlanır.

- Dergide Yayımlanan yazılardan ve içeriklerinden, yazarları sorumlu olup, Oda ve Dergi Tüzel kişiliği sorumlu değildir.

- Yayımlanan yazı ve resimlerin her hakkı saklı olup, önceden izin almak veya kaynak gösterilmek koşulu ile yararlanılabilir.

- Yayımlanmak üzere gönderilen yazılara alındı yazısı gönderilir ve Hakem değerlendirmelerine tabi tutulur. Değerlendirmede dergi ilkelerine uygun bulunmayan yazılar iade edilmez, yazarları sonuç hakkında bilgilendirilir.

Dergiye yayınlanmak üzere gönderilen yazıların, şekil yönünden uygunluğu, Yayın Kurulu tarafından incelenir.

Teknik ve bilimsel yazıların, İçerik ve düzey yönünden incelenmesi ve değerlendirilmesi için hakem irdelemesine başvurulur.

Hakemlere gönderilen yazılarda yazar veya yazarların adı bulunmaz, değerlendirmeler kesinlikle gizli tutulur.

**Hakemler değerlendirmelerini:**

- *Yayınlanabilir*

- *Düzeltildikten sonra yayınlanabilir*

- *Yayın ilkelerine uygun bulunmamıştır*

seçeneklerinden birisi ile ifade ederler.

Hakemler, düzeltilmesini uygun buldukları hususları değerlendirme **Formu**’nda ya da ek bir raporda belirtirler ve düzeltilmesini istedikleri yazıları, düzeltildikten sonra tekrar görmek isteyebilirler.

- Yayımlanmak üzere gönderilen bir yazının, aynı veya kapsam ve içerik yönünden değiştirilmemiş benzerinin başka bir yerde yayımlanmamış olması gerekir. Özgün çalışmalarında, yazarların, yazının Türkiye’de başka bir yerde yayımlanmadığına ilişkin imzalı beyanını içeren bir belge başvuruya eklenmelidir.

- Çeviri yazılarda, hangi yayından çevrildiği, dili, eserin adı, yazarın adı, yayın evi ile basım tarihi belirtilmeli ve çevirisi yapılan eserin aslı ya da fotokopisi de gönderilmelidir.

- Çevirilerden doğacak her türlü sorumluluk ve gerekiyorsa çevrilebileceğine ilişkin izin yazısı alınması çevirene aittir ve varsa bu izin yazısı da gönderilmelidir.

- Yazılar, belirtilen yazı standardı ve alanında 80 gramlık A4 boyutunda beyaz kağıda çıktısı HKMO Sümer Sok. 12/4, 06440 Yenışehir/Ankara adresine, ayrıca ek olarak elektronik ortamda ( Microsoft uyumlu taşınabilir manyetik ortamda kayıtlı ya da e- posta ekinde sıkıştırılmış dosya biçiminde) hkmo@hkmo.org.tr adresine gönderilmelidir.

- Yayımlanan yazılara telif ücreti ödenir ve yazıların, 10 (on) adet kopyası yazarına ücretsiz olarak gönderilir.

#### 2. Yazım Kuralları:

Yazılar, Microsoft Word formatında olmak üzere bilgisayarda; Times New Roman tipi karakterlerle, baskıya hazır olarak, aşağıda belirtilen kurallara göre yazılmalıdır:

**1\* Türkçe yazılarda** Türk Dil Kurumu’nca belirlenen yazım kurallarına ve bu kurumun en son yayımladığı sözlük diline, İngilizce yazılmış olan yazılarda ise *bu dilin kurallarına uyulmalıdır*. Yazımda yalın bir dil, üçüncü tekil şahıs ve edilgen fiiller kullanılmalı ve devrik tümcelerden kaçınılmalıdır.

**2\* Sayfa büyüklüğü** DIN A4 (210\*297 mm) standardında olmalıdır. Yazılarda her sayfada sağdan ve soldan 17.5 mm, alttan 22 mm, üstten, her yazının birinci sayfasında 40 mm, diğer sayfalarda 25 mm boşluk bırakılmalıdır.

**3\* Yazının Başlığı** olabildiğince kısa ve çalışmanın içeriğine uygun olması gözetilerek ilk sayfada, baş harfleri büyük, 14 punto koyu harflerle, sola dayalı yazılmalıdır.

**4\* Yazar adları**, yazı başlığından sonra bir satır aralık bırakılıp, aynı satırda virgülle ayrılarak (baş harfi büyük) isim ve (büyük harflerle) soyadı biçiminde, 11 punto harflerle koyu, yazar adresleri 1 satır aralıkla 8 punto harflerle “**dipnot**” olarak, aynı adresteki yazarların ünvanları, üst indis kullanılarak, aynı satırda olmak üzere, alt alta yazılmalıdır.

**5\* Yazar isimlerinden sonra**, iki satır (12 nk) boş bırakılarak, özetler ve yazının metni çift sütunda birer aralıkla yazılmalıdır. Her sütunun genişliği eşit ve sütunlar arası boşluklar 5mm olmalı, yazılar, tek sütunla değil, yakın boyda paralel iki sütunda sonlandırılmalıdır.

Başlıklar altında ve genel olarak resim, çizelge ve formül sonlarında bırakılan bir boş (6nk) satırdan sonra, ilk paragraflar sola dayalı başlamalı, diğer paragraflar 5 mm sağa kayık olarak, paragraf aralarında boş satır bırakılmaksızın yazılmalı, satır sonlarında, ilişkin komutla, otomatik olarak hece ayrımı yapılmalıdır ve sütunlar sağa, sola yaslanmalı, noktalama işaretlerinden sonra bir harflik aralık bırakılmalı, sayfa numarası verilmemelidir.



6\* İlk sütunun birinci satırına, sola dayalı, 1 nk kalınlığında bir yatay çizgi çizilmeli ve ikinci sütun bu çizginin hizasında başlatılmalıdır.

Çizgiden sonra bir satır aralık bırakılarak Türkçe ve İngilizce (İngilizce yazılarda önce İngilizce) özetler yer almaktadır:

- Başlık olarak “Özet” sözcüğü, 11 punto koyu harflerle italik, özet metni, başlıktan sonra bir satır (6nk) aralık bırakılarak 9 punto, yine italik harflerle yazılmalıdır.

- Türkçe özet 100 sözcüğü geçmemelidir. Özet bölümlerinde çalışmanın gerekçesi, yöntemler ve ulaşılan sonuçlar kısaca belirtilmelidir. (Bkz. TÜBİTAK Öz Hazırlama Kılavuzu)

- Özet metninin sonunda (6nk) boş bırakılarak, düz yazı ile, 10 punto, koyu “**Anahtar Sözcükler**” başlığı ve onun altına 9 punto anahtar sözcükler yazılmalıdır.

- (12 nk) aralık bırakıldıktan sonra, Türkçe özetin içeriğine **ve şekline** uygun olarak en çok 200 sözcüklü bir İngilizce özet ve Türkçe’sine uygun anahtar sözcükler yazılmalıdır.

İngilizce özet, 11 punto koyu “Abstract” başlık sözcüğünden sonra, (6nk) boş bırakılıp 10 punto koyu harflerle, ortalanmış olarak yazı başlığının İngilizce karşılığı yazılmalı ve (6nk) boş bırakıldıktan sonra bunu İngilizce özet metni izlemelidir

7\* Özet bölümünden sonra (12nk) aralık bırakılarak başlatılan yazı metni, genel olarak ; Giriş, Ana ve Ara Bölümler, Sayısal Uygulama, İrdelemeler, Sonuç ve Öneriler, (varsa) kısa tutulacak teşekkür, Kaynaklar ve (varsa) Ekler şeklinde bölümlendirilmelidir.

8\* Özetlerden sonra tüm metin 10 punto ile yazılmalı, bölüm başlıkları, baş harfleri büyük, ardışık numaralandırılarak, giriş ve ana bölümler 12, ara ve alt ara bölümler sırası ile 11 ve 10 puntolarla koyu harflerle (örneğin **1. Giriş, 2. Ana Bölüm, 2.1. Ara Bölümler, 2.1.1. Alt Ara Bölümler**) şeklinde yazılmalıdır. Bölüm sonlarında (12nk) aralık, bölüm başlıklarından sonra (6nk) aralık bırakılmalıdır. Bölüm başlığı sütun sonunda yalnız kalıyorsa, izleyen sütuna kaydırılmalıdır.

9\* Giriş bölümünde çalışmanın temel amacı, konuyu ele alış biçimi anlatılmalıdır. İzleyen bölümlerde kuramsal temeller, kullanılan ya da önerilen yöntemler ve sayısal uygulamalar belirtilmeli, İrdelemeler bölümünde elde edilen bulgular tartışılmalı ve Sonuç bölümünde ulaşılan sonuçlar ile varsa yazarın önerileri yer almalıdır

10\* Şekiller, Grafikler, Tablolar, Resimler vb. blok halinde ortalanmalıdır. Gerekirse bu alanlar ortalanmış olarak, her iki sütun alanını kapsayabilir ya da Tablolarda yazı ve rakamlar bulunduğu sütunlara sığdırılması için 8 puntoya kadar küçültülebilir. Tanıtım bilgileri; şekil, grafik ve resimlerde, özel alanlarının altına bu kelimelerden sonra bir harf boş bırakılarak, bu alanların sol sınırına dayalı 9 punto yazılacak olan “ardışık sıra numarası:, ad” bilgileri ile tanımlanacak, tablolarda ve çizelgelerde ise aynı anlamdaki bilgiler, benzer olarak ardışık numara ve adı ile, tablo ve çizelge alanının üstüne yazılacaktır. Örnek: Şekil \*: ad, Tablo \*: ad. Bu alanlarla metinler arasında bir satır, bu alanlar birbirini izliyorsa aralarında iki satır boş bırakılacaktır.

Resimlerin ve özel altlıklara çizilmiş olarak şekillerin metinden ayrı olarak orijinal kopyaları gönderilebilir. Bu durumda bunların metin içindeki yerleri, adları belirtilerek boş bırakılmalı, bu şekil ve resimlerin, kağıt baskıları metnin

eki olarak da gönderilmelidir. Bu resim ve şekiller sayısal ortamda bulunuyorsa baskıya uygun çözünürlükte (en az 300 dpi) olmalıdır

11\* sola dayalı yazılacak denklemlere parantez içinde sağa dayalı ardışık sıra numarası verilmelidir. Matrisler büyük harflerle, vektörler küçük harflerle, her ikisi de koyu gösterilmelidir. Harflere verilen anlamlar ve kısaltmalar ilk geçtikleri yerde tanıtılmalıdır.

#### 12\* Metin içerisinde

- **Alıntılar** tırnak içinde, **Göndermeler**, büyük harflerle, “*soyadı*”, parantez içinde “*yıl*”, yazar iki ise soyadları (ve) sözcüğü ile ayrılmalı, ikiden fazla yazar için “*ilk yazarın soyadı, vd*”, “*yıl*”,

- **göndermeler** belli bir sayfaya yapılıyorsa, bu sayfa, “*yıl*” bilgisinden sonra üst üste iki nokta ile ayrılarak verilmelidir. Örnekler: “DEMİR (1998)’e göre...”, “KAYA ve TOPRAK (1997)’nin hesaplamalarında ...”, “BERKAN vd. (1996)’nin araştırma sonuçlarına göre...”, “YAVUZ (2002: 175)’e göre ...”.

- **Kaynaklar**, parantez içinde büyük harflerle “*soyadı*” “*yıl*” şeklinde belirtilmelidir. Örnek: “.....olduğu gösterilebilir (SERKAN 1995), (DEMİR ve KOŞAR 1993), (KIRGIZ vd. 1992). Web sayfaları, tanımlayıcı bir kısaltma ile, buna “*web p.*” kelimesi de eklenerek, ya da (URL-no) şeklinde verilmelidir. Örnek (HKMO web p. ), (URL-2)

13\* Göndermeler ve kaynaklar, 12 punto koyu “**Kaynaklar**” başlığı altında metnin sonunda, metin içindeki ilk yazarların alfabetik soyadı sırasına göre listelenmeli, büyük harflerle soyadı ve bir harf kaydırılarak adının, nokta ile bitirilen baş harfi, varsa, virgüllerle ayrılarak aynı düzende diğer yazarlar verilmeli, üst üste iki nokta ile ayrılarak kaynak metni koyu harflerle olmak üzere diğer bilgiler, ikinci satır ve sonrasında 5mm sağa kaydırılmış olarak, 9 punto harflerle aşağıdaki kurallara göre yazılmalıdır:

#### Kaynak ya da Gönderme:

##### **Periyodikler, Dergiler vb. içinde makale ise:**

Yazarlar, makalenin adı, dergi ya da periyodik adı, cilt numarası, sayısı (yayın tarihi), başladığı ve bittiği sayfa numaraları, yeri.

##### **Kitap, Yayımlanmış Ders Notu vb. ise:**

Yazarlar, kitap adı, yayın evi, yayım numarası (ya da ISBN), yeri, tarihi.

##### **Bildiri, Poster, Seminer vb. ise:**

Yazarlar, bildirinin tam adı, etkinliğin tam adı ve düzenleme tarihi, (yayımlanmışsa bildiriler cildinin açık adı, varsa cilt numarası, bildirinin bulunduğu ilk sayfa-son sayfa, yeri, tarihi).

##### **Tez, Araştırma Raporu vb. ise:**

Yazarlar, tez ya da raporun tam adı, araştırma kurumu, araştırma birimi, tarihi.

##### **Diğerlerinde:**

Soyad, ad, eserin ya da araştırmanın adı, etkinliğin adı, varsa yayım numarası, çalışmanın bulunduğu ilk sayfa- son sayfa, yeri, tarihi.

##### **Yararlanılan internet siteleri:**

Alfabetik sıradaki kısaltmasından sonra, Sitenin adı, kaynağın tam adı, sitede kaynağın bulunduğu sayfasının adresi, kaynağın alındığı günün tarihi bilgileri ile verilir.













# TMMOB COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ KONGRESİ

**2011 ANTALYA**  
**31 Ekim-4 Kasım**  
Antalya Kültür Merkezi



**“Ortak Aklın Adresi”**