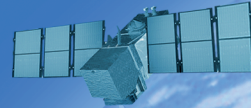


# JEODEZİ VE JEOİNFORMASYON DERGİSİ

## JOURNAL OF GEODESY AND GEOINFORMATION



TMMOB

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

UCTEA Chamber of Survey and Cadastre Engineers



TMMOB

**Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası**

**Yayıncı / Publisher**

TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası  
UCTEA Chamber of Surveying and Cadastre Engineers, Turkey

**Yayın İdare Merkezi / Head Office**

Mustafa Kemal Mahallesi 2129 Sk. No:1/7-8-9 06530 Çankaya, ANKARA, TURKEY  
Tel: +90 (312) 2325777 • Fax: +90 (312) 2308574  
jjd@hkmo.org.tr ; hkmojjd@gmail.com  
dergipark.org.tr/hkmojjd

**Tasarım ve Mizanpaj / Design & Layout**

Önder Olgun Bökü  
Tel: +90 (532) 694 72 80

**Baskı & Cilt / Printing & Binding**

OnAda Tanıtım Basım Promosyon Organizasyon San. ve Tic. Ltd. Şti.  
onada.com.tr  
Tel: +90 312 80 302 80

**Basım Tarihi / Publication Date: Kasım 2022 / November 2022**

**Baskı Adedi / Circulation: 2000**

Hakemli bir dergidir. / A Peer - reviewed journal.

Yaygın ve süreli yayındır. / A widely distributed periodical.

Yılda iki defa yayımlanır (Mayıs - Kasım) / Published semiannually (May - November).

[Cilt/Volume:09] [Sayı/Issue:02] [Kasım/November 2022] [Dergi No/Journal No.:116]

[ISSN: 2147-1339] [e-ISSN: 2667-8519]

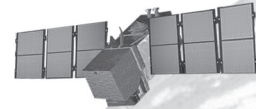


UCTEA

**Chamber of Survey and Cadastre Engineers**

# JEODEZİ VE JEOİFORMASYON DERGİSİ

JOURNAL OF  
GEODESY AND GEOINFORMATION



TMMOB

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

UCTEA Chamber of Survey and Cadastre Engineers

# JEODEZİ VE JOURNAL OF GEODESY

## EDİTÖR / EDITOR IN CHIEF

Prof. Dr. Bahattin ERDOĞAN  
Yıldız Teknik Üniversitesi  
İstanbul

## EDİTÖR YARDIMCILARI / CO-EDITORS

Prof. Dr. Tarık TÜRK  
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi  
Sivas

Prof. Dr. Nursu TUNALIOĞLU  
Yıldız Teknik Üniversitesi  
İstanbul

## EDİTÖR KURULU / EDITORIAL BOARD

Prof. Dr. Arif Çağdaş AYDINOĞLU  
Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli

Prof. Dr. Atınç PIRTI  
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Aydın ÜSTÜN  
Hacettepe Üniversitesi, Ankara

Prof. Dr. Cemal Özer YIĞIT  
Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli

Prof. Dr. Cengizhan İPBÜKER  
İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Çetin CÖMERT  
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

Prof. Dr. Çetin MEKİK  
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak

Prof. Dr. Devrim AKÇA  
Işık Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Ekrem TUŞAT  
Konya Teknik Üniversitesi, Konya

Prof. Dr. Erol KÖKTÜRK  
Okan Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

Prof. Dr. Ferruh YILDIZ  
Konya Teknik Üniversitesi, Konya

Prof. Dr. Halil AKINCI  
Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin

Prof. Dr. Haluk ÖZENER  
Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Haluk KONAK  
Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

Prof. Dr. Hülya DEMİR  
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Hüseyin TOPAN  
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak

Prof. Dr. İbrahim Öztuğ BİLDİRİCİ  
Konya Teknik Üniversitesi, Konya

Prof. Dr. İsmail Rakıp KARAŞ  
Karabük Üniversitesi, Karabük

Prof. Dr. Mahmut Onur KARSLIOĞLU  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara

Prof. Dr. Metin SOYCAN  
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Mualla YALÇINKAYA  
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

Prof. Dr. Murat UYSAL  
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar

Prof. Dr. Mustafa TÜRKER  
Hacettepe Üniversitesi, Ankara

Prof. Dr. Naci YASTIKLI  
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU  
İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Necla ULUĞTEKİN  
İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Oğuz GÜNGÖR  
Ankara Üniversitesi, Ankara

Prof. Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK  
İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Sebahattin BEKTAŞ  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

Prof. Dr. Süleyman Savaş DURDURAN  
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya

Prof. Dr. Şenol Hakan KUTOĞLU  
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak

Prof. Dr. Taşkın KAVZOĞLU  
Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli

Prof. Dr. Uğur DOĞAN  
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Volkan ÇAĞDAŞ  
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Doç. Dr. Ahmet Özgür DOĞRU  
İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Doç. Dr. Ayşe YAVUZ ÖZALP  
Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin

Doç. Dr. Caner GÜNEY  
İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Doç. Dr. Emine Tanır KAYIKÇI  
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

Doç. Dr. Melis UZAR, Yıldız Teknik Üniversitesi,  
İstanbul

Doç. Dr. M. Tefvik ÖZLÜDEMİR  
İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Doç. Dr. Nusret DEMİR  
Akdeniz Üniversitesi, Antalya

Doç. Dr. Özgün AKÇAY  
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale

Doç. Dr. Saygın ABDİKAN  
Hacettepe Üniversitesi, Ankara

Doç. Dr. Sultan KOCAMAN GÖKÇEOĞLU  
Hacettepe Üniversitesi, Ankara

Doç. Dr. Taylan ÖCALAN  
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Doç. Dr. Uğur AVDAN  
Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir

Dr. Öğr. Üyesi Emin Özgür AVŞAR  
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Güven KOÇAK  
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İzmir

Dr. Öğr. Üyesi Utkan Mustafa DURDAĞ  
Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin

SAHİBİ (HKMO adına)  
OWNER (on behalf of CSCE)  
Ali İPEK  
HKMO, Ankara

YAZI İŞLERİ MÜDÜRÜ  
MANAGING EDITOR  
Timur Bilinç BATUR  
HKMO, Ankara

## YAYIN KURULU / PUBLICATION BOARD

Bahattin ERDOĞAN, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Nursu TUNALIOĞLU, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Tarık TÜRK, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas

Taylan ÖCALAN, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Onur SEVENCAN, HKMO, Ankara

# JEOİNFORMASYON DERGİSİ AND GEOINFORMATION

## Dergi Hakkında

Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası'na ait altı ayda bir yayımlanan (Mayıs ve Kasım ayları), hakemli, açık erişimli, süreli, özgün makalelerin yer aldığı bilimsel bir dergidir.

## Amaç ve Kapsam

Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi, jeodezi, jeoinformasyon bilimleri ve teknolojileri konularında geniş kapsamlı araştırma alanlarını içermektedir. Geleneksel çalışma alanlarının yanında, yer bilimleri, yere yönelik uzay bilimleri ve ilişkili disiplinler arası çalışmalara da dergide yer verilmektedir.

Dergide en az iki bilim insanı veya araştırmacı tarafından hakem değerlendirmesinden geçmiş, aşağıda listelenen alanlarda Türkçe veya İngilizce makaleler yayımlanmaktadır.

- Ölçme ve Algılama Sistemleri
- Matematiksel, Fiziksel, Uzay ve Mühendislik Jeodezisi
- Yer Bilimleri
- Uzaktan Algılama
- Fotogrametri
- Yere Yönelik Uzay Bilimleri
- Kartografya
- Coğrafi Bilgi Sistem ve Teknolojileri
- Arazi Yönetimi
- Yazılım Geliştirme

## Makale Gönderme

Makale gönderme, değerlendirme ve düzenleme süreçleri <https://dergipark.org.tr/tr/pub/hkmojjd> sistemi üzerinden gerçekleştirilmektedir.

## Telif Hakkı Bildirimi

Jeodezi ve Jeoinformasyon dergisi ücretsiz ve açık erişimli bir dergidir. Uygun şekilde kaynak göstermek koşulu ile makalenin herhangi bir bölümünün araştırma, çalışma, ders veya bilimsel ve teknik dokümanlarda kullanımı ücretsizdir. Ticari amaçla kopyalanması ve kullanımı TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası'ndan alınacak özel izne tabidir.

## Yayın Etiği

Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi bünyesindeki tüm yayınlar için yayın etiğini en yüksek standartlarda uygulamayı amaçlar ve "The Committee on Publication Ethics (COPE)" tarafından ortaya konulan kural ve ilkelere uymayı taahhüt eder.

## About the Journal

Journal of Geodesy and Geoinformation is a peer-reviewed, semiannual (May and November), open access journal, which covers original scientific manuscripts, published by UCTEA Chamber of Surveying and Cadastre Engineers, Turkey.

## Aim and Scopes

Journal of Geodesy and Geoinformation covers a broad range of research topics in geodetic and geoinformation sciences and technologies. Besides the traditional areas, it also includes study fields concerned with the earth sciences, earth-oriented space sciences and related interdisciplinary subjects.

The journal publishes peer-reviewed papers in the fields listed below in both English and Turkish, which are reviewed by at least two scientists and researchers.

- Surveying and Sensoric
- Mathematical, Physical, Space and Engineering Geodesy
- Earth Sciences
- Remote Sensing
- Photogrammetry
- Earth Oriented Space Sciences
- Cartography
- Geographical Information Systems and Technologies
- Land Management
- Software Development

## Submission of Manuscript

Manuscript submission, review and editing processes are available on <https://dergipark.org.tr/en/pub/hkmojjd>

## Copyright Information

Journal of Geodesy and Geoinformation is an open access and free of charge journal. There is no charge for use of any part of this publication in research, study, teaching or republications in scientific and technical documents, but the materials must be cited appropriately. Use and reproduction for commercial purposes requires special permission from Chamber of Surveying and Cadastre Engineers.

## Publication Ethics

Journal of Geodesy and Geoinformation aims to apply high quality ethical standards for all publications and commits to obey the rules and principles of "The Committee on Publication Ethics (COPE)".

# İÇİNDEKİLER

# CONTENTS

---

## ARAŞTIRMA MAKALELERİ / RESEARCH ARTICLES

- COVID-19 hastalarının izlenmesinde çevrimiçi coğrafi kodlama servislerinin karşılaştırmalı analizi  
Comparative analysis of online geocoding services in monitoring COVID-19 patients ..... 95-107  
*Batuhan KILIÇ, Fatih GÜLGEN, Ali KOCATAŞ, Mert GÜRTÜRK, Perihan ABAY, Yalçın YILMAZ, Gülden ANATACA*
- İç mekân navigasyonu ağ modelleri: Karşılaştırmalı bir inceleme  
Indoor navigation network models: A comparative investigation..... 108-126  
*Atakan BİLGİLİ, Alper ŞEN, Melih BAŞARANER*
- Tescil dışı alanların arsa düzenlemelerinde değerlendirilmesi  
The evaluation of non-registered parts in the zoning plans and land readjustments..... 127-136  
*Murat Selim ÇEPNİ*
- Fotogrametrik nokta bulutu verisinin makine öğrenmesi ile sınıflandırılması  
Classification of photogrammetric point cloud data with machine learning..... 137-149  
*Muhammed Enes ATİK, Ömercan GÜNGÖR, Engin KESKİN, Zaide DURAN*
- Arazi idaresi temel modeli planlama paketi geliştirilmesi için Türkiye mekânsal planlama sisteminin incelenmesi  
Review of the Turkey spatial planning system for developing the land administration domain model planning package .... 150-165  
*Okan YILMAZ, Mehmet ALKAN*
- Web-NDefA: Açık kaynak kodlu GNSS tabanlı deformasyon analizi platformu  
Web-NDefA: Open source GNSS based deformation analysis platform..... 166-181  
*Mehmet BAK, Rahmi Nurhan ÇELİK*
-

## COVID-19 hastalarının izlenmesinde çevrimiçi coğrafi kodlama servislerinin karşılaştırmalı analizi

Batuhan Kılıç<sup>1\*</sup>, Fatih Gülgen<sup>1</sup>, Ali Kocataş<sup>2</sup>, Mert Gürtürk<sup>1</sup>, Perihan Abay<sup>3</sup>,  
Yalçın Yılmaz<sup>1</sup>, Gülden Anataca<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Davutpaşa Kampüsü, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Esenler, İstanbul, Türkiye.

<sup>2</sup>Sağlık Bilimleri Üniversitesi Kanuni Sultan Süleyman Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Cerrahi Anabilim Dalı, Küçükçekmece, İstanbul, Türkiye

<sup>3</sup>Sağlık Bilimleri Üniversitesi Kanuni Sultan Süleyman Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Küçükçekmece, İstanbul, Türkiye

<sup>4</sup>Sağlık Bilimleri Üniversitesi Kanuni Sultan Süleyman Eğitim ve Araştırma Hastanesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı, Küçükçekmece, İstanbul, Türkiye

**Öz:** Adres ve konum bilgisi, hareketliliği kolaylaştıran temel unsurlardır. Sağlık, lojistik ve ulaşım yönetimi gibi alanlarda hizmet veren konum temelli uygulamalar, coğrafi referanslı konumu işaret eden adres bilgisini kullanır. ArcGIS Online, Bing Maps, Google Maps, HERE Maps ve Yandex Maps gibi küresel harita platformları sağladıkları coğrafi kodlama servisi sayesinde adres ve coğrafi konum arasında bir köprü kurar. Dünya genelinde COVID-19 gibi bulaşıcı hastalıkların mekânsal analizinde salgın bilgilerinin hızlı görüntülenmesi, bildirilen vakaların mekânsal olarak takibi ve kontrol işlemleri için coğrafi kodlama servisleri hayati bir rol oynar. Bu çalışma, COVID-19 hastalarının izlenmesi için kullanılacak beş farklı çevrimiçi coğrafi kodlama servisi sağlayıcıları tarafından sunulan sonuç ürünlerin kalitesini ortaya koymaktadır. Servislerin karşılaştırılması, servislerin sunduğu eşleşme oranına, konum doğruluklarına ve hata kaynaklarına bağlı olarak deneysel yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, Yandex Maps çevrimiçi coğrafi kodlama servisinin diğer servislere göre daha başarılı sonuçlar verdiğini ve halk sağlığı konularında güvenilir bir kaynak olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Adres, COVID-19, Coğrafi kodlama, Konum doğruluğu

### Comparative analysis of online geocoding services in monitoring COVID-19 patients

**Abstract:** Address and location information are the fundamental elements that facilitate mobility. Location-based applications serving in areas such as health, logistics and transportation management employ address information that points to a geographic referenced location. Global map platforms such as ArcGIS Online, Bing Maps, Google Maps, HERE Maps and Yandex Maps serve users by performing the geocoding process, which is the between addresses and geographic locations. Geocoding services play a vital role in the rapid display of epidemic information, spatial tracking of reported cases and control processes in the spatial analysis of infectious diseases such as COVID-19 around the world. Therefore, the objective of this study is to reveal the quality of outcome products offered by online geocoding service providers that can be used for monitoring COVID-19 patients. The comparison of the services was carried out using experimental methods, depending on the match rate, positional accuracy and error sources offered by the services. The results revealed that Yandex Maps online geocoding service was more successful than other services and was a reliable source for public health issues.

**Keywords:** Address, COVID-19, Geocoding, Positional accuracy

\* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Tel: +90 212 383 5326

Geliş Tarihi/Received: 26.06.2021

Kabul Tarihi/Accepted: 10.09.2021

0000-0002-0529-8569, batuhank@yildiz.edu.tr (Kılıç B.)\*  
0000-0002-8754-9017, fgulgen@yildiz.edu.tr (Gülgen F.)  
0000-0003-2424-8900, ali.kocatas@saglik.gov.tr (Kocataş A.)  
0000-0003-4690-9976, mgurturk@yildiz.edu.tr (Gürtürk M.)  
0000-0002-7493-7723, perihan.abay@saglik.gov.tr (Abay P.)  
0000-0003-3195-2533, yilmazy@yildiz.edu.tr (Yılmaz Y.)  
0000-0002-2999-4462, gulden.anataca@saglik.gov.tr (Anataca G.)



## 1. Giriş

Tarih boyunca, insanoğlu birçok bulaşıcı hastalık türü ile savaşmak zorunda kalmış ve hayatını devam ettirebilmek adına çözüm yolları aramıştır. Eski Yunan ve Mısır topluluklarında, çiçek hastalığı, tüberküloz, difteri, cüzzam türündeki belgelenmiş bulaşıcı hastalıklar dönemin çevresel ve ekonomik gelişmelerini derinden şekillendirmiştir (Nelson & Williams, 2014; Watts, 1999). Ortaya çıkan ve tekrarlayan bulaşıcı hastalık türleri günümüzde ise beklenmedik bir hızla ilerlemektedir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verilerine göre, dünya son yirmi yıllık süreçte birçok farklı salgına tanık olmuştur (URL-1).

Yirminci yüzyılın başlarında tarihteki grip salgınlarının en büyüğü olarak bilinen İspanyol gribi (1918-1920), milyonlarca insanın ölümüne neden olmuştur (URL-2). Gribin farklı türleri arasında sayılan Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) ve Middle East Respiratory Syndrome (MERS) gibi hastalıkların yakın geçmişte ortaya çıkması, halk sağlığı sistemlerine küresel çapta zorluklar yaşattır. Bu virüs ailesinin en yenisi olarak ifade edilen Koronavirüs (COVID-19) hastalığı ilk olarak Aralık 2019'un sonuna doğru Çin'in Wuhan kentinde ortaya çıkmıştır. DSÖ, COVID-19 hastalığını (SARS-CoV-2) 30 Ocak 2020'de uluslararası bir öneme sahip halk sağlığı acil durumu ve 11 Mart 2020'de ise pandemi olarak ilan etmiştir (WHO 2020a; 2020b). Günümüze kadar, 210 ülke ve bölgede 219 milyondan fazla COVID-19 vakası rapor edilmiştir. Bu vakaların 4.5 milyondan fazlası ölümle sonuçlanmıştır (JHU CSSE, 2021).

Coğrafi bilgi sistemi (CBS) teknolojisi, coğrafi referanslı verilerin hızlı bir şekilde toplanması, sorgulanması, analizi ve transferini sağlar. COVID-19 ile mücadelede salgın verilerinin haritalar üzerinde görüntülenmesi, teyit edilen vakaların mekânsal olarak takibi, salgının yayılım hızının izlenmesi, kaynakların mekânsal tahsisi ve sosyal duyarlılığın tespiti gibi birçok hususta CBS önemli bir rol oynamaktadır (Zhou vd., 2020). Ayrıca, CBS COVID-19 ile mücadele ve bakım kalitesini iyileştirme sürecine yardımcı olabilecek ve bulaşıcı hastalıkların (Mollalo, Mao, Rashidi, & Glass, 2019) mekânsal dağılımını sunabilecek oldukça önemli bir araçtır (Clarke, McLafferty, & Tempalski, 1996; Doğru vd., 2017; Franch-Pardo, Napoletano, Rosete-Verges, & Billa, 2020; Uluğtekin, Alkoy, Şeker, & Göksel, 2006). Epidemiyolojik çalışmalarda mekânsal analizlerin haritalar ile görselleştirilmesi ve ilişkilerin kurulması, tıbbi coğrafya adı verilen bir disiplinin çalışma alanıdır. Örneğin, 1832 yılında Fransız coğrafyacı Charles Picquet, kolera kaynaklı ölümlerin sayısını temsil etmek için Paris haritasında çeşitli renk grafik değişkenleri kullanmıştır. İngiliz Doktor John Snow, 1854 yılında Londra'da kolera nedeniyle artan ölümlerin ardından, hastaların kümелendiği yerleri gösterebilmek için bölgenin nokta yoğunluk haritasını oluşturmuştur (Koch, 2004; McLeod, 2000).

CBS'nin çatı terimlerinden biri olan "coğrafi referanslama" kavramının altında yer alan coğrafi kodlama, coğrafi referanslı metin girdisini dünya yüzeyindeki uygun konumla ilişkilendirme süreci olarak kabul edilir (Kılıç & Gülgen, 2020a). Kamu güvenliği ve suç analizi (Bichler & Balchak, 2007; Hart & Zandbergen, 2013; Ratcliffe, 2004), ilgi noktalarının (point of interests, POIs) doğruluk analizi (Kılıç & Gülgen, 2020b), karayolu trafik kazalarının tespiti (Levine & Kim, 1998; Qin, Parker, Liu, Graettinger, & Forde, 2013) ve epidemiyoloji (Dearwent, Jacobs, & Halbert, 2001; Goldberg & Cockburn, 2012; Howe, 1986; Krieger vd., 2002; McElroy, Remington, Trentham-Dietz, Robert, & Newcomb, 2003; Rushton vd., 2006; Ward vd., 2005) gibi farklı uygulama alanlarında coğrafi kodlama kritik bir rol oynamaktadır.

COVID-19 gibi bulaşıcı hastalık türlerinde, sosyal izolasyon prensibinin uygulanabilir olması ve salgın yayılımının sınırlandırılması için dünyanın farklı ülkelerinde olduğu gibi Türkiye'de de kısmi veya tam kapanma gibi farklı düzeylere sahip önlemler alınmaktadır. Bu noktada hedef, insanların mecbur kalmadıkça evlerinden dışarı çıkışlarını sınırlandırmak ve temasa odaklı kalabalık ortamlardan uzak durmalarını sağlamaktır. Hastalığa yakalanan kişilerin ikamet adreslerinden takibinin gerçekleştirilmesi önemli bir iş kalemidir. Bu süreci sağlıklı bir şekilde yürütebilmek adına kişilerin doğru ikamet

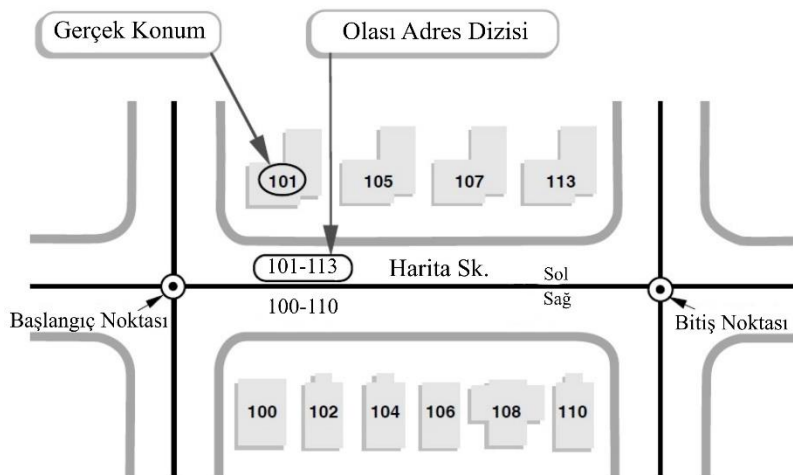


adreslerine ve buna bağlı konum bilgilerine ihtiyaç duyulur. Buna karşın, veri tabanlarında tutulan hasta kayıtları genellikle mekânsal referanslı değildir. Metin şeklinde depolanan adres bilgileri, doğrudan haritalar üzerinde gösterilemediğinden, hastalığa ait mekânsal dağılımın ve yayılımın incelenmesi için bu bilgileri coğrafi koordinatlara dönüştürmek gerekir. Bu sürecin doğruluğu, mekânsal analiz sonuçlarını etkileyen kritik konulardan biridir.

Bu çalışmada, COVID-19 hastalığından dolayı izolasyon sürecinde bulunan hastaların beyan ettikleri adresler kullanılarak coğrafi kodlama ile konum tespiti yapılması ve bu hizmeti sağlayan global coğrafi kodlama servislerinin doğrulukları ölçülerek en başarılı coğrafi kodlama servisinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu sayede, çalışma olay vakalarının doğru ve zamanında tespiti, temaslı olan kişilerin en hızlı şekilde belirlenmesi ve salgının kontrol altına alınabilmesi açısından kritik öneme sahip olacaktır. Analizlerde ilk olarak, hastaların izolasyon adresleri beş farklı coğrafi kodlama servisinden elde edilen sonuçlara göre haritalar üzerinde gösterilmiştir. Ardından, elde edilen sonuçlar istatistiksel analizler kullanılarak eşleşme oranı ve konum doğrulukları açısından birbirleriyle karşılaştırılmış, ortaya çıkan hata kaynakları metin benzerlik yöntemi kullanılarak incelenmiş ve çevrimiçi coğrafi kodlama servislerinin başarısı belirlenmiştir.

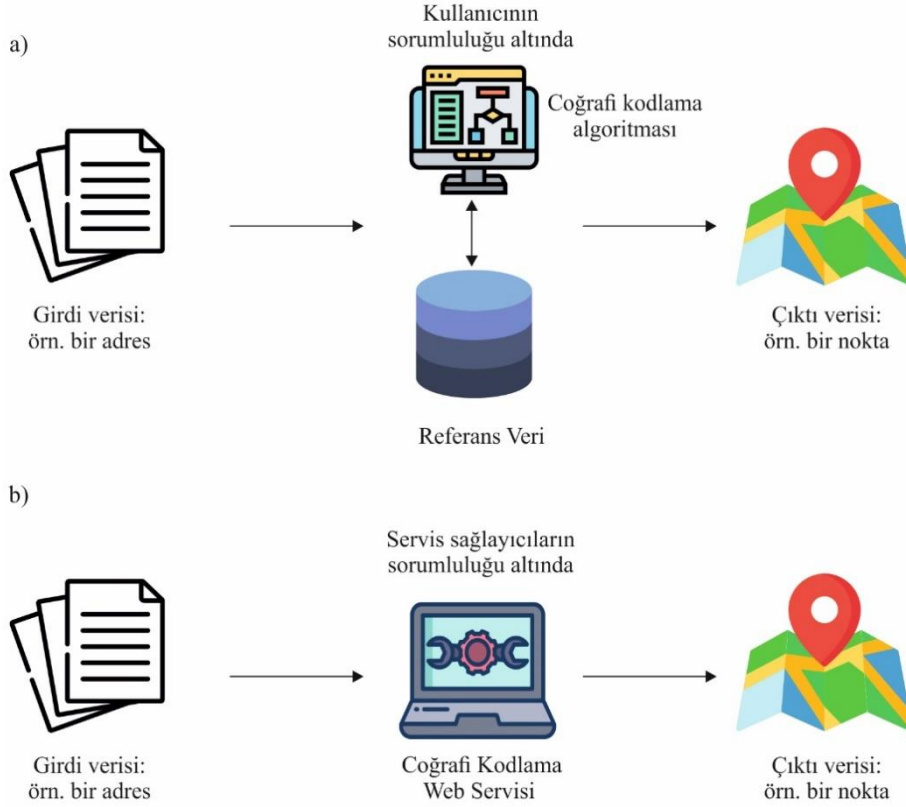
## 2. Coğrafi Kodlama ve Türkiye Adres Sistemine Genel Bir Bakış

Genel bir ifade ile coğrafi kodlama, konuma özgü tanımlayıcı öğelerin referans veriler ile karşılaştırılarak enlem ve boylam değerleri ile ifade edilen coğrafi koordinatlara dönüştürülmesi işlemi olarak tanımlanmaktadır (Kılıç & Gülgen, 2017; Roongpiboonsopit & Karimi, 2010; Zandbergen, 2008). Coğrafi kodlama işleminin genel süreçleri; ayrıştırma, normalizasyon ve eşleştirme (enterpolasyon) olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır (Kılıç, 2017). Ayrıştırma işlemi, bütün bir adresi tanımlayıcı bileşenlerine ayırma işlemidir (Li, 2018). Bu işlemin ardından, normalizasyon işlemi ile birlikte düzensiz veya kısaltılmış olan adres bileşenleri eşleştirme için kullanılabilir standart bir format haline getirilmektedir. Kullanılan servisin referans veri tabanından bu bileşenlere en yakın değer tespit edilerek, standart adres formatı oluşturulur. Eşleştirme işleminde, bir girdi adresini referans veri kümesindeki bir kayıtle eşleştirmek için bu adresin bileşenleri kullanılmaktadır. Örneğin, bir girdi adresindeki tüm bileşenler, başlangıç ve bitiş noktaları belirli bir isimli yol boyunca referans veri tabanındaki detaylardan biri ile eşleşirse doğru konum belirlenmektedir (Şekil 1). Aksi takdirde, bileşenlerin yalnızca bir kısmı eşleştirilebiliyorsa doğru konum tam olarak belirlenememekte ve gerçekleştirilen coğrafi kodlamanın doğruluğu düşmektedir.



Şekil 1: Adres eşleştirme örneği

Posta adresi gibi bir metin bilgisini yorumlayan ve mekânsal analizler için bir altyapı oluşturan coğrafi kodlama süreci, çevrimdışı ve çevrimiçi olmak üzere iki grupta ele alınır (Şekil 2). Çevrimdışı coğrafi kodlama CBS yazılım paketlerine gömülü coğrafi kodlama araçları ile gerçekleştirilirken, çevrimiçi coğrafi kodlama internet tabanlı harita servisleri tarafından sağlanır. Çevrimiçi coğrafi kodlama işlemlerinde referans veri tabanı servis sağlayıcı tarafından güncellenmektedir. Aynı servis sağlayıcı, referans veri tabanının yönetiminin yanında coğrafi kodlama yazılımının geliştirilmesinden de sorumludur. Kullanıcı, veri tabanının oluşturulmasıyla ilgilenmediği için coğrafi kodlamayı çok daha kolay olarak gerçekleştirmektedir (Roongpiboonsopit & Karimi, 2010).



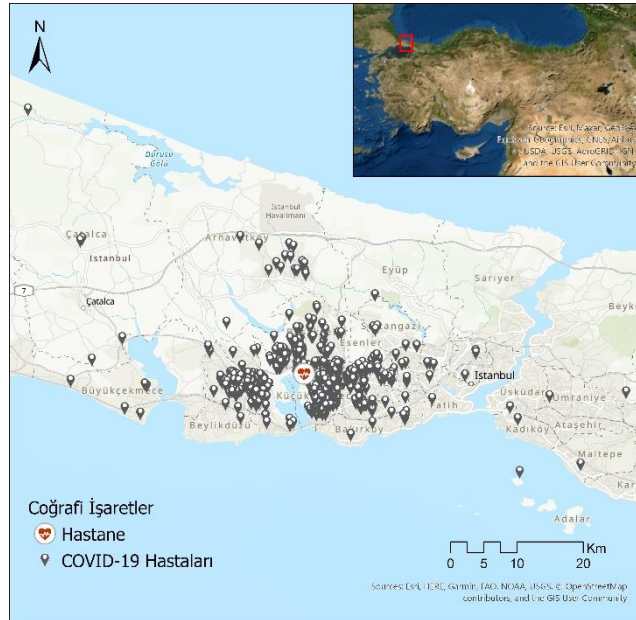
Şekil 2: (a) Çevrimdışı ve (b) çevrimiçi coğrafi kodlama süreci

Coğrafi kodlama işleminin temel girdisi olan adres bilgisi, 5490 sayılı Nüfus Hizmetleri Kanunu'nun 3. Maddesinin (a) bendinde, bir toprak parçasının veya binanın coğrafi konumu ve işlevi açısından tanımlanması olarak ifade edilmektedir. Adres sistemi, sokak, cadde veya bulvar, mahalle, kapı numarası, posta kodu, ilçe ve il (Adres Kayıt Sistemi, 2007) ve yerleşik kısaltmalar (PTT, 2013) gibi çeşitli bileşenlerden oluşur. Kamu kurum ve kuruluşları tarafından farklı adres formatlarının kullanılması, değişen cadde, sokak, bulvar ve meydan isimlerinin güncellenme sıklığının yetersizliği, kısaltma kullanımlarındaki farklılıklar, vatandaşların sokak isimlerinde veya numarataj bilgilerinde yapılan değişikliklerin farkında olmaması gibi nedenlerden ötürü ülkemizde coğrafi kodlama sonuçlarının doğruluğunun düştüğü bölgeler mevcuttur. Yıldırım, Yomralıoğlu, Nişancı ve İnan (2014), coğrafi kodlama işlemiyle ortaya çıkan uyumsuz adreslerin hata kaynaklarının yaklaşık %63'ünün dış kapı numarası ve sokak isimleri olduğunu ifade etmiştir. Matcı ve Avdan (2018) Türkiye'de kullanılan posta adreslerinde yazım hataları ve farklı formatlardan kaynaklanan çeşitli sorunlar tespit etmiş ve bu hataları doğal dil işleme, eşleşme oranı yaklaşımı ve Levenshtein mesafe algoritması kullanarak elimine etmeye çalışmıştır. Kılıç ve Gülgen (2019), 5 farklı web portalı ve 4 farklı coğrafi kodlama servisinden elde edilen posta adreslerinin bileşen odaklı uyumluluklarını Damerau-Levenshtein algoritmasını kullanarak incelemiştir. Hesaplanan ortalama uyum değerlerinin, servisler tarafından sağlanan adres bilgilerinin portal bilgilerine göre Adres Kayıt Sistemi (AKS) ile daha

uyumlu olduğunu tespit etmiştir. [Kılıç ve Gülgen \(2020b\)](#) Türkiye'nin İstanbul iline bağlı Fatih ilçesi ve Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) Florida eyaletine bağlı Miami Beach şehrinin sınırları içinde yer alan konaklama tesislerinin Google ve Bing harita servisleri tarafından sağlanan çevrimiçi coğrafi kodlama performanslarını incelemiştir. Onlar, ABD'de her iki servisin birbirine yakın sonuçlar verdiğini, Türkiye'de ise sonuçların birbirinden oldukça farklı olduğunu tespit etmiştir.

### 3. Çalışma Alanı ve Yöntem

T.C. Sağlık Bakanlığı'nın paylaştığı bilgiler doğrultusunda Türkiye'deki hasta vaka sayılarının neredeyse %40'nı oluşturan İstanbul, test işlemlerinin gerçekleştirilmesi için çalışma bölgesi olarak seçilmiştir ([URL-3](#)). İstanbul, yaklaşık 15.5 milyonluk nüfusuyla Avrupa'nın en kalabalık metropol şehirlerinden biridir. İstanbul'da nüfus yoğunluğunun en fazla olduğu ilçelerden biri olan Küçükçekmece ([TÜİK, 2020](#)) sınırları içinde yer alan Sağlık Bilimleri Üniversitesi Kanuni Sultan Süleyman Eğitim ve Araştırma Hastanesi, 1952 yılından beri faaliyetlerini sürdürmekte ve ülke genelinde hasta vaka sayılarının artmasıyla birlikte pandemi hastanesi olarak hizmet vermeye devam etmektedir. Çalışma bölgesine ait deneysel veriler, hastanenin COVID-19 Servisleri ve Poliklinik Birimi'ne 11 Mart 2020 ile 11 Ağustos 2020 tarihleri arasında başvuru yapan 925 hastaya ait adres bilgilerini içermektedir (Şekil 3).



Şekil 3: Çalışma bölgesi

6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (KVKK) uyarınca, hastaların kimlik bilgileri ve diğer detaylar kullanılmamış sadece adres bilgilerinden yararlanılmıştır. Çalışmanın T.C. Sağlık Bakanlığı Bilimsel Araştırma Platformu'na yapılan başvurusu 23 Mayıs 2020 tarihinde onay almıştır. Ayrıca, çalışmanın T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Bilimleri Üniversitesi Kanuni Sultan Süleyman Eğitim ve Araştırma Hastanesi 2020.06.80 sayı ve 18 Haziran 2020 tarihi (KAEK/2020.06.80) onayı ile etik kurul kabulü alınmıştır. Beş farklı harita servisinin (ArcGIS Online, Bing Maps, Google Maps, HERE Maps ve Yandex Maps) çevrimiçi coğrafi kodlama servisleri kullanılarak konum bilgileri elde edilmiş, hastalara ilişkin coğrafi koordinatlar ve standart formlarından oluşan posta adres bilgileri türetilmiştir. Ancak, her çevrimiçi coğrafi kodlama servisi lisanslama ve ücretsiz sınıfların kullanımı konusunda farklı kısıtlamalara ve sınırlamalara sahiptir. Ağ üzerinden erişilebilir bir sistem üzerinde çalışan servisler, bir Web Uygulama Programlama Arayüzü (API) ile kullanılmaktadır ([Kılıç & Gülgen, 2020a](#); [Kounadi, Lampoltshammer, Leitner, & Heistracher, 2013](#)). Hiper metin işaretleme dili (HTML), JavaScript nesne gösterimi (JSON) ve genişletilebilir işaretleme dili (XML) gibi üç türde çıktı döndürürler ve

standart özelliklerini kullanıcılara sunarlar (Tablo 1). Hasta takibinin incelenmesi ve konum doğruluklarının tespiti için referans koordinatlar, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Şehir Haritası'ndan temin edilmiştir (URL-4). Kalite değerlendirme sürecinde üç tür araştırma gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, beş farklı servisin coğrafi kodlama işlemi sonrasında elde ettikleri kabul edilebilir eşleşme oranları incelenmiştir. İkinci olarak, çevrimiçi coğrafi kodlama servisleri ile referans veriler arasındaki konum doğrulukları karşılaştırılmıştır. Ardından, elde edilen sonuçlar üzerinden doğru eşleşmeyen noktalara ait hata kaynaklarının nedenleri, bir metin benzerlik algoritması olan Levenshtein benzerlik algoritması kullanılarak irdelenmiş ve servisler açısından, tanımlayıcı adres bileşenleri (mahalle, yol ve numarataj bilgileri) arasındaki uyum yüzdeleri hesaplanmıştır.

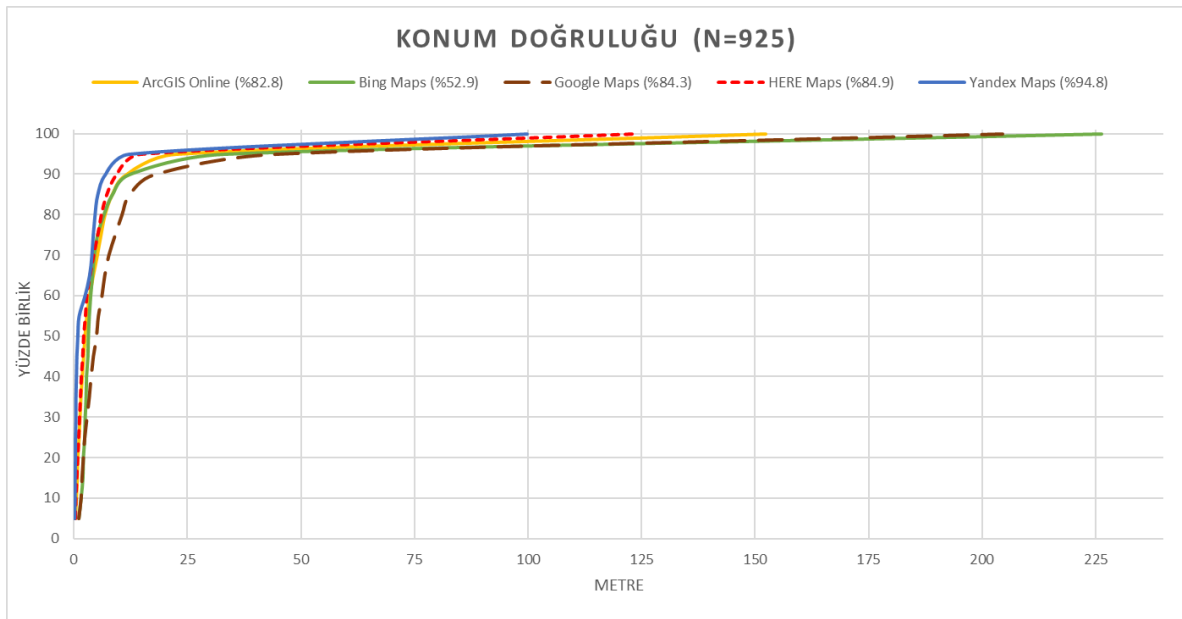
**Tablo 1:** Çalışmada kullanılan çevrimiçi coğrafi kodlama servislerinin listesi

Platform	Şirket	Servis	Sınırlamalar	Çıktı Formatı
ArcGIS Online	ESRI	Geocoding Service	Lisanslama işlemine bağlıdır (Yıllık 50 milyon istek ile sınırsız aramaya kadar)	HTML/JSON
Bing Maps	Microsoft	Locations API	Yıllık 1 milyon isteğe kadar	XML/JSON
Google Maps	Google	Geocoding API	Günlük 2500 isteğe kadar	XML/JSON
HERE Maps	HERE Technologies	HERE Geocoder API	Aylık 100 000 isteğe kadar	XML/JSON
Yandex Maps	Yandex	Provider	Günlük 25 000 isteğe kadar	XML/JSON

## 4. Bulgular ve Tartışma

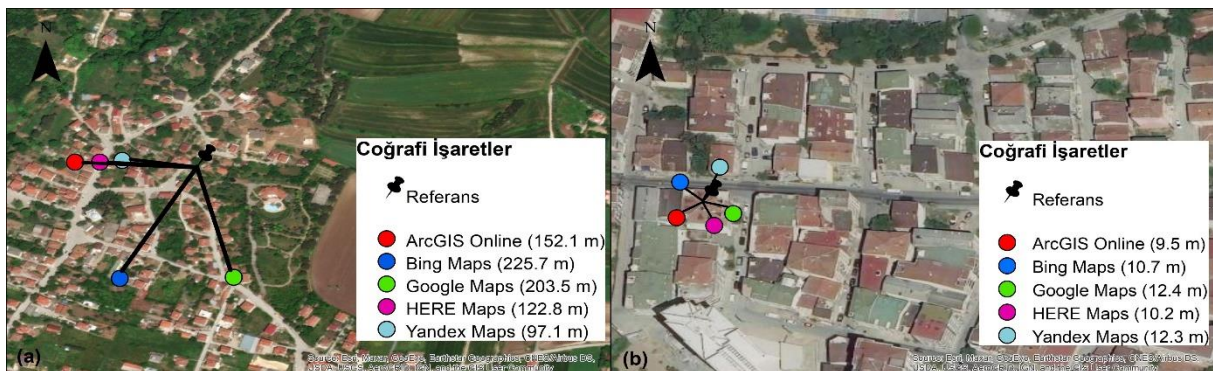
### 4.1 Eşleşme Oranı

Coğrafi kodlama işleminin kalitesinin en basit ölçüsü, güvenilir olarak eşleşen adres sayısının yüzdesi şeklinde ifade edilen eşleşme oranıdır (diğer bir ifadeyle tamlık). Bir başka ifadeyle, coğrafi kodlama servisleri tarafından doğru olarak kodlanan adres sayılarının toplam girdi adres sayısına olan oranıdır. Burada dikkat edilmesi gereken husus, kabul edilebilir bir eşleşme oranının ne olduğunun ortaya konulmasıdır. Şaşırtıcı bir şekilde, bu tür bir problem literatür çalışmalarında sınırlı ilgi görmüştür. Ayrıca kabul edilebilir bir eşleşme oranı için evrensel bir standart üzerinde fikir birliği bulunmamaktadır (Roongpiboonsopit & Karimi, 2010; Zandbergen, 2008). Konuyla ilgili olarak, Ratcliffe (2004), suç olayları üzerinde güvenilir bir model elde etmek için minimum eşleşme oranının ne olması gerektiğini belirleyebilme adına coğrafi kodlanmış suç olayları üzerinden Monte Carlo simülasyonunu kullanmıştır. Elde ettiği sonuçlarda, istatistiksel güvenilir bir model üretmek için yaklaşık olarak %85'lik bir eşleşme oranının olması gerektiğini belirtmektedir. Ayrıca coğrafi kodlama çalışmalarına yönelik literatür çalışmalarında, "eğer coğrafi kodlama işleminin doğruluğu 100 metre ve altında ise, gerçek konuma çok yakın olduğu kabul edilmektedir" şeklinde bir kabul de yer almaktadır (Bonner vd., 2003; Kounadi vd., 2013; Roongpiboonsopit & Karimi, 2010; Strickland, Siffel, Gardner, Berzen, & Correa, 2007; Ward vd., 2005). Bu durumlar ele alınarak, ilk olarak beş farklı çevrimiçi coğrafi kodlama servisinden eşleşme oranları elde edilmiştir ve doğruluklarına ilişkin incelemeler gerçekleştirilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4: Servislerin eşleşme oranına göre konum doğrulukları

Eşleşme oranı sonuçları incelendiğinde, ArcGIS Online, Bing Maps, Google Maps, HERE Maps ve Yandex Maps servisleri sırasıyla %82.8, %52.9, %84.3, %84.9 ve %94.8 oranında bir başarı elde etmişlerdir. Başarı oranları göz önüne alındığında Yandex Maps servisinin diğer servislerle oranla en iyi sonucu sağladığı görülmektedir. Diğer üç servisin ise (ArcGIS Online, Google Maps ve HERE Maps) yaklaşık %85'e yakın sonuçlar ürettiği ve kabul edilebilir düzeyde olduğu söylenebilir. Şekil 4'teki bir diğer analiz servislerin konum doğruluklarının yüzde birlik değerleridir. Yüzde birlik ifadesi, istatistiksel olarak toplam sıklığı yüz eşit parçaya bölen değerlerden her biri olarak ifade edilmektedir. Bir veri aralığı arasında k. sırasındaki yüzde birlik değerini vermektedir. Örneğin; k değeri 75 olarak seçildiğinde elde edilecek sonuç çıktısı, verilerin %75'inin o değer ve altında kaldığını ifade etmektedir. Şekil 4'te yer alan verilerin %100'ünün hangi değer ve altında olduğu incelendiğinde, servislere ait (ArcGIS Online, Bing Maps, Google Maps, HERE Maps ve Yandex Maps) konum doğrulukları sırasıyla 152.3, 226.3, 204.3, 123.1 ve 99.8 metre olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar, servisler arasından Yandex Maps'in belirtilen doğruluk kriterine (100 m ve altında) uyum sağlayan tek servis olduğunu göstermektedir. HERE Maps servisinin bu kriterle en yakın sonucu ürettiği söylenebilir (123.1 m). Diğer üç servisin sonuçlarında ise, 100 m'nin üzerinde doğru eşleşen noktaların olduğu görülmektedir. Doğru bir eşleşme olmasına rağmen sonuçların yüksek çıkmasının nedeni incelendiğinde, ilgili noktaların kırsal alan içerisinde yer aldığı görülmüştür (Şekil 5). Bu tip durumlar, kentsel ve kırsal alanlar üzerinde gerçekleştirilen coğrafi kodlama sonuçlarının farklı olduğu literatür çalışmalarını desteklemektedir (Bonner vd., 2003; Cayo & Talbot 2003; Ward vd., 2005).



Şekil 5: (a) Kırsal ve (b) kentsel alanlara ait örnek servis sonuçları

## 4.2 Konum Doğruluğu Analizleri

Tüm noktalar için ( $n = 925$ ), beş farklı çevrimiçi coğrafi kodlama servisi ile referans veri arasındaki konum doğrulukları hesaplanmıştır. Her bir servis için konum doğrulukları incelendiğinde kaba hatalı sonuçların ortaya çıktığı görülmüştür. Servislerin kalitesinin belirlenebilmesi için konum doğruluklarının karesel ortalama hata (RMS) değerleri ile ilişkilendirilmesi işleminden önce uyumsuz ölçülerin veri kümesinden çıkarılması gerekmektedir. RMS değerlerinin hesaplanmasından önce uyumsuz ölçüler; klasik yöntemlerden ziyade %50 kırılma düzeyi ile en güvenilir robust yöntemlerinden biri olan Medyan yöntemi ile analiz edilmiştir (Hampel, Ronchetti, Rousseeuw, & Stahel, 2011; Sezer, Doğan, & Erdoğan, 2021). Medyan yöntemi Eşitlik 1 ile ifade edilmektedir.

$$mad = \begin{cases} 1.2533 \times \frac{1}{n} \times \Sigma |X - medyan(X)|, & medyan(X - medyan(X)) = 0 \\ 1.4826 \times medyan(X - medyan(X)), & medyan(X - medyan(X)) \neq 0 \end{cases} \quad (1)$$

burada,  $X$ ; konum fark vektörü,  $n$  ise ölçü sayısını göstermektedir. Kullanılan yöntemde  $|X - medyan(X)|$  düzeltme değerleri  $3 \times mad$  sınır değeri ile karşılaştırılır. Sınır değerden büyük olarak tespit edilen konum doğrulukları, ölçü serilerinden çıkarılır. Bu işlem sonrasında kalan noktalar için RMS değerleri hesaplanmıştır (Eşitlik 2). Ayrıca, konum doğruluklarına ilişkin istatistiksel sonuçlar hesaplanmış ve her bir servise ait elde edilen başarılar Tablo 2’de gösterilmiştir.

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_R)^2}{n}} \quad (2)$$

burada;  $X_i$  i. coğrafi koordinat değerini,  $X_R$  referans coğrafi koordinatı,  $n$  ise ölçü sayısını ifade etmektedir.

**Tablo 2:** Çevrimiçi coğrafi kodlama istatistiksel servis sonuçları

Servisler	Veri Sayısı (n)	Veri Kaybı (%)	Konum Doğruluğu (m)						
			Min	Ortalama	Mak	RMS	Yüzde Birlik (k.)		
							75.	90.	95.
ArcGIS Online	719	22.3	0.0	3.5	15.6	4.8	5.3	8.2	10.5
Bing Maps	507	45.2	0.1	8.2	89.9	17.2	5.6	15.9	39.6
Google Maps	731	20.9	0.2	5.8	23.3	7.4	7.7	11.9	16.6
HERE Maps	734	20.6	0.0	3.0	12.3	4.0	4.4	7.0	8.5
Yandex Maps	698	24.5	0.0	1.4	4.6	2.0	2.5	4.1	4.3

Tablo 2’deki genel değerlendirme sonuçları incelendiğinde; Yandex Maps, Bing Maps servisinden sonra en fazla veri kaybına sahip (yaklaşık %25) servis olsa da, 2 metre RMS değeri ve verilerin %75’i ile %95’i arasında 1.8 metrelik fark üretmesiyle diğer tüm servislere oranla konum doğrulukları en yüksek sonuçları elde etmiştir. HERE Maps ve ArcGIS Online, Yandex Maps servisinden sonra en başarılı sonuçları üreten servisler olup, birbirlerine yakın konum doğrulukları üretmişlerdir. Bing Maps servisi, hem veri kaybının en fazla (%45.2) olduğu hem de servisler arasından konum doğruluklarının en başarısız çıktığı servis konumundadır. Verilerin %95’inin yaklaşık 40 metre ve altında olması ve RMS değerlerinin diğer servislere oranla çok kötü çıkması Şekil 4’teki sonuçları desteklemektedir. Servisler arasından Google Maps’in sonuçları incelendiğinde, veri kaybının en az olduğu (%20.9) servislerden biri olmasına rağmen en kötü ikincil sonuçları üreten servis olmaktadır (RMS  $\cong$  7.4 m ve verilerin %95’inin 16.6 m ve altında olması). Bu durumlar, Yandex Maps servisinin COVID-19 hastalarının adres takibinin sağlanmasında kabul edilebilir bir tercih olacağını göstermektedir. Bunlara ek olarak, diğer iki servis (HERE Maps ve ArcGIS Online) ise birbirine yakın sonuçlar veren coğrafi kodlama servisleri olmuşlardır ve Yandex Maps servisinden sonra tercih edilebilecek düzeyde oldukları söylenebilir.

### 4.3 Hata Kaynaklarının İrdelenmesi

Beş farklı çevrimiçi coğrafi kodlama servisi tarafından elde edilen hatalı sonuçların (eşleşme oranı dışında kalanlar) analizi için referans ve servislerin standart adres formatları kullanılmış ve adres bileşenleri arasındaki uyum, Levenshtein metin benzerlik algoritması kullanarak incelenmiştir (Levenshtein, 1966). Levenshtein algoritması internet arama motorlarının yazım denetimi yaparken kullandığı en temel algoritmadır. Bu algoritma, benzerliği ölçmek için bir mesafe değeri hesaplar. İki diziyi, metni ya da cümleyi karakter odaklı olarak karşılaştırır ve birinin diğerine dönüşebilmesi için gereken minimum işlem sayısını hesaplar (Eşitlik 3).

$$lev_{xy}(i,j) = \begin{cases} mak(i,j) & , \min(i,j) = 0 \\ \min \begin{cases} lev_{xy}(i-1,j) + 1 \\ lev_{xy}(i,j-1) + 1 \\ lev_{xy}(i-1,j-1) + 1_{(x_i \neq y_i)} \end{cases} & , \text{diğer} \end{cases} \quad (3)$$

Burada sonuç değeri  $lev_{xy}(i,j)$ , “0” değerine yaklaştıkça benzerliğin azaldığını, “1” değerine yaklaştığında ise arttığını göstermektedir.

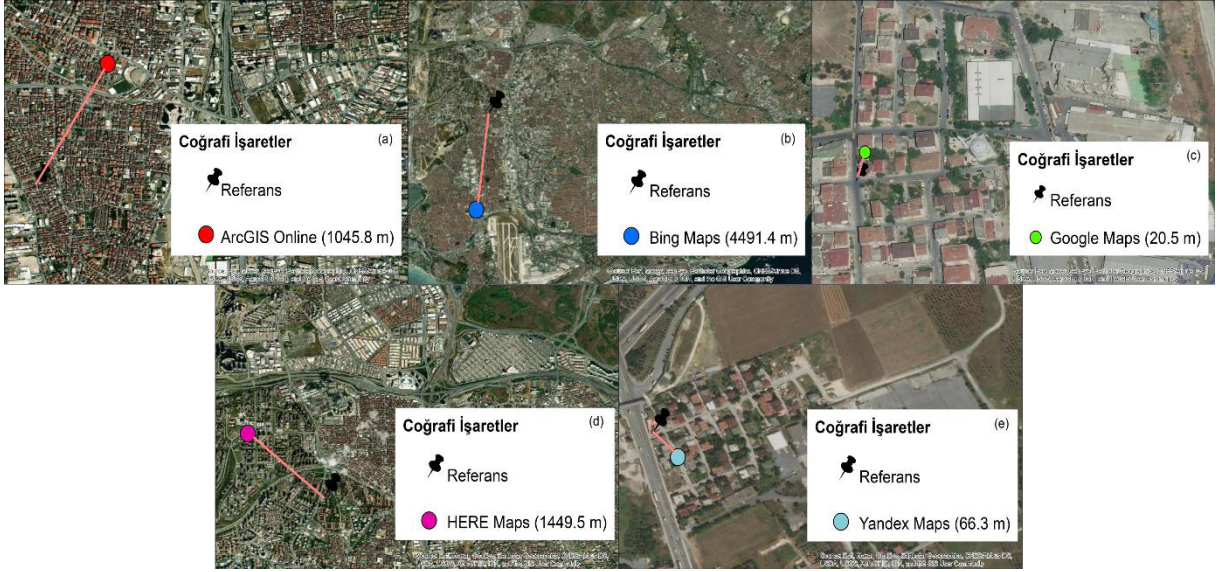
Servislere ait mahalle, yol (cadde-sokak veya bulvar bilgileri) ve numarataj benzerlik sonuçları Tablo 3’te gösterilmektedir.

**Tablo 3:** Servislerin hata kaynaklarının incelenmesi

Servisler	Nokta Sayısı	Referans		
		Levenshtein Mesafesi (%)		
		Mahalle	Yol	Numarataj
ArcGIS Online	159	59.2	55.5	41.2
Bing Maps	436	24.7	51.1	44.7
Google Maps	145	69.2	80.6	41.1
HERE Maps	140	62.3	58.1	35.9
Yandex Maps	48	71.1	63.8	61.1

Tablo 3 incelendiğinde, ArcGIS Online servisinin hatalı sonuç verilerinin yaklaşık %40’ında mahalle bilgilerini gerçek verilerden farklı olarak konumlandığı görülmektedir. Bu türde yanlış bir eşleştirmenin sonucu olarak, verilerin konum doğruluklarının da azaldığı tespit edilmiştir. Yol bilgilerinde ise her ne kadar %55’e yakın doğru eşleştirilen tespitler olsa da bu sonuçların büyük bir çoğunluğunu farklı mahallerde yer alan aynı isimlere sahip yol bilgilerinin ve bir yol türünün (bulvar gibi) iki farklı mahalle sınırından da geçmesinin oluşturduğu görülmüştür (Şekil 6a). Bing Maps servisi için, mahalle bilgilerindeki kötü eşleştirmeler (yaklaşık %25 tutarlılık) sonucunda, eşleştirilen noktanın referans noktadan uzaklaştığı ve buna bağlı olarak konum doğruluk sonuçlarının kötü çıktığı tespit edilmiştir (Şekil 6b ve Tablo 2). Ayrıca, ArcGIS Online servisinde olduğu gibi yol bilgilerindeki hataların aynı türde olduğu görülmüştür. Google Maps servisinin hatalı sonuçların yer aldığı mahalle ve yol bilgilerinin büyük çoğunluğunda diğer servislere oranla daha iyi bir eşleştirme yaptığı görülmektedir. Bu durum, Google Maps servisinin numarataj bilgilerinde referans noktalarını doğru yakalayamadığını ve sonuçların diğer üç servise oranla daha kötü çıktığını göstermektedir (Şekil 6c ve Tablo 2). HERE Maps servisine ait sonuçlar incelendiğinde, mahalle ve yol bilgilerinin yaklaşık %40’a yakın bir bölümünün hatalı döndürüldüğü görülmektedir. Hatalı noktaların birçoğunda konum doğruluklarının kötü çıkmasının nedeni olarak, servisin sadece mahalle bilgilerini döndürmüş olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6d). Üç çevrimiçi coğrafi kodlama servisinin (ArcGIS Online, Bing Maps ve HERE Maps) düşük numarataj eşleştirme sonuçlarına sahip olması, servislerin genel olarak numarataj bilgilerini döndürmemesinden kaynaklanmaktadır. Yandex Maps servisinin ise, diğer dört servise oranla tanımlayıcı adres bileşenleri eşleştirmelerinde en

optimum sonuçları ürettiği görülmektedir. Bu sonuçlar, konum doğruluklarının kabul edilebilir düzeyde (Şekil 4 ve Tablo 2’deki göstergeler) çıkmasının nedeni olarak söylenebilir. Hatalı eşleştirmelerde ise, bazı noktalara ait numarataj bilgilerinin servis tarafından döndürülmemiş olması referans veri ile olan mesafesini arttırdığını ve kaba hatalı sonuçlar ürettiğini göstermektedir (Şekil 6e ve Tablo 2).



Şekil 6: (a) ArcGIS Online, (b) Bing Maps, (c) Google Maps, (d) HERE Maps ve (e) Yandex Maps servislerine ait hatalı eşleşme örnekleri

## 5. Sonuçlar

Coğrafi kodlama işleminin CBS’de temel bir analiz niteliği taşıdığı bilinmesiyle birlikte, geliştiriciler ve araştırmacılar için uygulamalarında veya projelerinde bir coğrafi kodlama servisini kullanmadan önce coğrafi kodlama sonuçlarının kalitesini fark etmeleri önemli bir konu olmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada COVID-19 hastalarının izlenmesinde ArcGIS Online, Bing Maps, Google Maps, HERE Maps ve Yandex Maps gibi beş farklı çevrimiçi coğrafi kodlama servisinin başarı kaliteleri araştırılmıştır. Coğrafi kodlama işleminin kalitesi için deneysel karşılaştırmalar, eşleşme oranlarına ait analizler, konum doğruluk analizleri ve ortaya çıkan hata kaynakları incelenerek gerçekleştirilmiştir.

Eşleşme oranı analizinde, çevrimiçi coğrafi kodlama servislerine ait farklı sonuçlar elde edilmiştir. Servisler arasında Yandex Maps servisi en başarılı sonuçları üretirken, Bing Maps servisinin ise başarısız kaldığı görülmüştür. Literatür çalışmalarında belirtilen güvenilir eşleşme oranı ve konum doğruluğu değerleri açısından tek uyum gösteren servis Yandex Maps olmuştur. Bu durum, COVID-19 hastalarının adres takibi ve izlenmesinde tercih edilmesi gereken çevrimiçi coğrafi kodlama servisinin Yandex Maps olduğunu göstermektedir. Diğer üç servisin ise (ArcGIS Online, Google Maps ve HERE Maps) her ne kadar bazı noktalar için konum doğruluk değerleri 100 metre ve üzerinde çıktığı görülse de eşleşme oranlarının kabul edilebilir düzeyde olduğu söylenebilir.

Konum doğruluk analizlerinde, her bir çevrimiçi coğrafi kodlama servisi için uyumsuz ölçüler medyan yöntemine göre belirlenmiş ve ölçü kümesinden çıkarılmıştır. Elde edilen sonuçlar, Bing Maps servisi haricindeki diğer tüm servislerin (ArcGIS Online, Google Maps, HERE Maps ve Yandex Maps) birbirlerine yakın sonuçlar ürettiğini göstermektedir. Ancak, bu servisler arasında Bing Maps servisinin ürettiği sonuçlar, COVID-19 hasta takip sistemleri için tercih edilmemesi gereken bir çevrimiçi coğrafi kodlama servisi olduğunu kanıtlamaktadır. Öte yandan, Yandex Maps ise yaklaşık olarak 2 metre RMS değeriyle en başarılı çevrimiçi coğrafi kodlama servisi olmuştur. Yandex Maps’in COVID-19 hastalarının adres takibi ve



izlenmesi için referans olarak kullanılabilir bir sonuç ürettiği söylenebilir.

Hata kaynaklarının incelenmesi konusunda, çalışmada kullanılan çevrimiçi coğrafi kodlama servislerinin mahalle adı, yol adı ve numarataj gibi tanımlayıcı adres bileşenlerinin uyumlarında sırasıyla yaklaşık olarak %57.3, %61.8 ve %44.8 gibi doğruluklar elde edilmiştir. Çevrimiçi coğrafi kodlama servislerinin adres bileşenlerinin eşleştirilmesinde kullanılan referans veri tabanları, kullanıcıdan bağımsız bir şekilde tamamen servis sağlayıcılarının sorumluluğu altında olduğu için sonuçların kalitesinin artırılması tamamen servis altyapılarının güncel olmasına ve adres sistemlerine bağlıdır. Ülkemizde özellikle adresi tanımlayan bileşenler arasında tutarsızlıkların olması, kısaltma kullanımlarındaki farklılıklar, değişen cadde, sokak, bulvar ve meydan isimlerinin güncellenme sıklığı, numarataj altyapısındaki eksiklikler, yol başlangıç ve bitişlerinin yanlış tespitleri, iki farklı mahalle sınırı içerisinde aynı cadde, sokak, bulvar ve meydan isimlerinin yer alıyor olması gibi birçok faktör çevrimiçi coğrafi kodlama işleminin kalitesini düşürmektedir. Standart bir sistemin oluşturulması ve devamlılığı, birçok çalışmaya altlık oluşturan adres bilgilerinin kalitesini artıracaktır. Gelecek çalışmalarda, konum doğruluk analizlerinin yanında adres karşılaştırmalarına yönelik bir hassasiyet düzeyi oluşturularak çevrimiçi coğrafi kodlama servislerinin kalitesi artırılmaya çalışılacaktır.

## Teşekkür

Yazarlar, T.C. Sağlık Bakanlığı, İstanbul İl Sağlık Müdürlüğü, T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Bilimleri Üniversitesi Kanuni Sultan Süleyman Eğitim ve Araştırma Hastanesinde çalışan ve bu çalışmaya dolaylı olarak katkı sunan tüm sağlık çalışanlarına ve yönetim kadrosunda bulunan çalışma arkadaşlarına teşekkür eder.

## Yazar Katkısı

**Batuhan Kılıç:** Fikir, Literatür taraması, Analiz ve yorumlama, Yazım. **Fatih Gülgün:** Tasarım, Analiz ve yorumlama, Denetleme, Makale değerlendirme. **Ali Kocataş:** Veri toplama, Finansman. **Mert Gürtürk:** Literatür taraması, Veri işleme. **Perihan Abay:** Veri Toplama, Finansman. **Yalçın Yılmaz:** Veri İşleme. **Gülden Anataca:** Veri İşleme.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, bu çalışmada bilinen ilgili herhangi bir finansal veya finansal olmayan çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## Kaynaklar

- Adres Kayıt Sistemi (2007). Adres Kayıt Sistemi Uygulama Yönergesi. <https://www.nvi.gov.tr/kurumlar/nvi.gov.tr/mevzuat/nufusmevzuat/yonerge/AdresKayitSistemiUygulamaYonergesi.pdf>, (Erişim Tarihi: 21 Mart 2021).
- Bichler, G., & Balchak, S. (2007). Address matching bias: Ignorance is not bliss. *Policing: An International Journal of Police Strategies & Management*, 30(1), 32-60.
- Bonner, M. R., Han, D., Nie, J., Rogerson, P., Vena, J. E., & Freudenheim, J. L. (2003). Positional accuracy of geocoded addresses in epidemiologic research. *Epidemiology*, 14(4), 408-412.
- Cayo, M. R., & Talbot, T. O. (2003). Positional error in automated geocoding of residential addresses. *International journal of health geographics*, 2(1), 1-12.
- Clarke, K. C., McLafferty, S. L., & Tempalski, B. J. (1996). On epidemiology and geographic information systems: a review and discussion of future directions. *Emerging infectious diseases*, 2(2), 85.
- Dearwent, S. M., Jacobs, R. R., & Halbert, J. B. (2001). Locational uncertainty in georeferencing public health datasets. *Journal of*

- Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 11(4), 329-334.
- Doğru, A. Ö., David, R. M., Uluğtekin, N., Göksel, C., Şeker, D. Z., & Sözen, S. (2017). GIS based spatial pattern analysis: Children with Hepatitis A in Turkey. *Environmental research*, 156, 349-357.
- Franch-Pardo, I., Napoletano, B. M., Rosete-Verges, F., & Billa, L. (2020). Spatial analysis and GIS in the study of COVID-19. A review. *Science of The Total Environment*, 739, 140033.
- Goldberg, D. W., & Cockburn, M. G. (2012). The effect of administrative boundaries and geocoding error on cancer rates in California. *Spatial and spatio-temporal epidemiology*, 3(1), 39-54.
- Hampel, F. R., Ronchetti, E. M., Rousseeuw, P. J., & Stahel, W. A. (2011). *Robust statistics: the approach based on influence functions*. John Wiley & Sons.
- Hart, T. C., & Zandbergen, P. A. (2013). Reference data and geocoding quality: Examining completeness and positional accuracy of street geocoded crime incidents. *Policing: An International Journal of Police Strategies & Management*, 36(2), 263-294.
- Howe, H. L. (1986). Geocoding NY State Cancer Registry. *American journal of public health*, 76(12), 1459-1460.
- JHU CSSE (2021). Johns Hopkins University Center for Systems Science and Engineering. COVID-19 Dashboard. <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>, (Erişim Tarihi: 25 Haziran 2021).
- Kılıç, B., & Gülgen F. (2017). Coğrafi Kodlama için Adres Standardizasyonu. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- Kılıç, B. (2017). *Adrese Dayalı Coğrafi Kodlama İşleminde Kalite Araştırması* (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Kılıç, B., & Gülgen, F. (2019). Türkiye’de Kullanılan Posta Adres Bilgilerinde Uyum Düzeylerinin Belirlenmesi. *Harita Dergisi*, 161, 26-34.
- Kılıç, B., & Gülgen, F. (2020a). Investigating the quality of reverse geocoding services using text similarity techniques and logistic regression analysis. *Cartography and Geographic Information Science*, 47(4), 336-349.
- Kılıç, B., & Gülgen, F. (2020b). Accuracy and similarity aspects in online geocoding services: A comparative evaluation for Google and Bing maps. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 5(2), 109-119.
- Koch, T. (2004). The map as intent: variations on the theme of John Snow. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 39(4), 1-14.
- Kounadi, O., Lampoltshammer, T. J., Leitner, M., & Heistracher, T. (2013). Accuracy and privacy aspects in free online reverse geocoding services. *Cartography and Geographic Information Science*, 40(2), 140-153.
- Krieger, N., Chen, J. T., Waterman, P. D., Soobader, M. J., Subramanian, S. V., & Carson, R. (2002). Geocoding and monitoring of US socioeconomic inequalities in mortality and cancer incidence: does the choice of area-based measure and geographic level matter? the Public Health Disparities Geocoding Project. *American journal of epidemiology*, 156(5), 471-482.
- Levenshtein, V. I. (1966). Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals. *Soviet physics doklady* 10(8), 707-710.
- Levine, N., & Kim, K. E. (1998). The location of motor vehicle crashes in Honolulu: a methodology for geocoding intersections. *Computers, environment and urban systems*, 22(6), 557-576.
- Li, D. (2018). *Geocoding and reverse geocoding*. Huang, B. (Ed). *Comprehensive geographic information systems – 1st edition: GIS methods and techniques*, Oxford: Elsevier.
- Matçı, D. K., & Avdan, U. (2018). Address standardization using the natural language process for improving geocoding results. *Computers, environment and urban systems*, 70, 1-8.
- McElroy, J. A., Remington, P. L., Trentham-Dietz, A., Robert, S. A., & Newcomb, P. A. (2003). Geocoding addresses from a large population-based study: lessons learned. *Epidemiology*, 399-407.
- McLeod, K. S. (2000). Our sense of Snow: the myth of John Snow in medical geography. *Social science & medicine*, 50(7-8), 923-935.
- Mollalo, A., Mao, L., Rashidi, P., & Glass, G. E. (2019). A GIS-based artificial neural network model for spatial distribution of tuberculosis across the continental United States. *International journal of environmental research and public health*, 16(1), 157.
- Nelson, K. E., & Williams, C. M. (Eds.). (2014). *Infectious disease epidemiology: theory and practice*. Jones & Bartlett Publishers.
- PTT (2013). Adres Yazım Standartları. <http://postakodu.ptt.gov.tr/Dosyalar/adres.pdf>, (Erişim Tarihi: 21 Mart 2021).
- Qin, X., Parker, S., Liu, Y., Graettinger, A. J., & Forde, S. (2013). Intelligent geocoding system to locate traffic crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 1034-1041.

- Ratcliffe, J. H. (2004). Geocoding crime and a first estimate of a minimum acceptable hit rate. *International Journal of Geographical Information Science*, 18(1), 61-72.
- Roongpiboonsopit, D., & Karimi, H. A. (2010). Comparative evaluation and analysis of online geocoding services. *International Journal of Geographical Information Science*, 24(7), 1081-1100.
- Rushton, G., Armstrong, M. P., Gittler, J., Greene, B. R., Pavlik, C. E., West, M. M., & Zimmerman, D. L. (2006). Geocoding in cancer research: a review. *American journal of preventive medicine*, 30(2), S16-S24.
- Sezer, G., Doğan, A. H., & Erdoğan, B. (2021). Çoklu-GNSS çözümlerinin performansının internet tabanlı Trimble RTX servisi ile incelenmesi. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 8(1), 30-40.
- Strickland, M. J., Siffel, C., Gardner, B. R., Berzen, A. K., & Correa, A. (2007). Quantifying geocode location error using GIS methods. *Environmental Health*, 6(1), 1-8.
- TÜİK (2020). Türkiye İstatistik Kurumu Veri Portalı. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2020-37210>, (Erişim Tarihi: 24 Mayıs 2021).
- Uluğtekin, N., Alkoy, S., Şeker, D. Z., & Göksel, C. (2006). Use of GIS in epidemiology: a case study in Istanbul. *Journal of Environmental Science and Health Part A*, 41(9), 2013-2026.
- Ward, M. H., Nuckols, J. R., Giglierano, J., Bonner, M. R., Wolter, C., Airola, M., Mix, W., Colt, J. S., & Hartge, P. (2005). Positional accuracy of two methods of geocoding. *Epidemiology*, 542-547.
- Watts, S. (1999). *Epidemics and history: Disease, power and imperialism*. New Haven, CT: Yale University Press.
- WHO (2020a). World Health Organization. Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/who-china-joint-mission-on-covid-19-final-report.pdf>, (Erişim Tarihi: 16 Mart 2021).
- WHO (2020b). World Health Organization. Rolling Updates on Coronavirus Disease (COVID-19). <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/events-as-they-happen>, (Erişim Tarihi: 16 Mart 2021).
- Yıldırım, V., Yomraloğlu, T., Nişancı, R., & İnan, H. (2014). Turkish street addressing system and geocoding challenges. *Proceedings of the institution of civil engineers-municipal engineer* 167(2), 99-107.
- Zandbergen, P. A. (2008). A comparison of address point, parcel and street geocoding techniques. *Computers, Environment and Urban Systems*, 32(3), 214-232.
- Zhou, C., Su, F., Pei, T., Zhang, A., Du, Y., Luo, B., Cao, Z., Wang, J., Yuan, W., Zhu, Y., Song, C., Chen, J., Xu, J., Li, F., Ma, T., Jiang, L., Yan, F., Yi, J., Hu, Y., Liao, Y., & Xiao, H. (2020). COVID-19: challenges to GIS with big data. *Geography and sustainability*, 1(1), 77-87.
- URL-1: World Health Organization. <https://www.who.int/>, (Erişim Tarihi: 16 Mart 2021).
- URL-2: World Health Organization. Influenza. <https://www.who.int/teams/health-product-and-policy-standards/standards-and-specifications/vaccines-quality/influenza>, (Erişim Tarihi: 16 Mart 2021).
- URL-3: T.C. Sağlık Bakanlığı COVID-19 Bilgilendirme Platformu, <https://covid19.saglik.gov.tr/>, (Erişim Tarihi: 24 Mayıs 2021).
- URL-4: İstanbul Şehir Haritası. <https://schirharitasi.ibb.gov.tr/>, (Erişim Tarihi: 16 Mart 2021).

## İç mekân navigasyonu ağ modelleri: Karşılaştırmalı bir inceleme

Atakan Bilgili<sup>1\*</sup>, Alper Şen<sup>1</sup>, Melih Başaraner<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Davutpaşa Kampüsü, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Esenler, İstanbul.

**Öz:** Günümüzde açık alanlarda kullanılan navigasyon uygulamaları oldukça yaygındır. İç mekânlarda ise bu durum herkes tarafından kabul görmüş standart bir konumlama donanımının kullanılmaması, daha yüksek maliyet, doğruluk sorunları, iç mekânın yapısının dış mekânlara kıyasla karmaşıklık göstermesi ve iç mekân navigasyonunu kat düzeyi ve katlar arası düzeyde destekleyecek kapsayıcı ağ modelleri ve rota hesaplamalarına yönelik çalışmaların yeterince olgunlaşmamış olması nedeniyle henüz gelişme aşamasındadır. İç mekânların standart olmayan yapısına bağlı olarak karmaşıklık derecesinin değişkenlik göstermesi ve iç mekân içerisindeki hareket kabiliyetinin geniş bir spektrumda olması nedeniyle farklı navigasyon ağ modelleri oluşturulabilmektedir. Bu çalışmada literatürde öne çıkan Orta Eksen Dönüşümü (OED) tabanlı ağ modelleri ve eş görünüm alanları teorisinden yararlanarak geliştirilen Görünürlük Çizgesi (GÇ) tabanlı ağ modeli, Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi binasına ilişkin kat planları kullanılarak üretilen yapı bilgi modeli üzerinde uygulanmış, alt koridorlar arasında görüş alanı sınırlaması getirilerek GÇ ve OED kombinasyonu ile yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Elde edilen modellerin kullanılabilirlikleri en kısa mesafe ve rotalar üzerinden yapılan dönüş sayısı kriterlerine göre karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışmaya ilişkin bulgular, literatürde insan algısı ile ilişkili olduğu gösterilen GÇ'nin karşılaştırılan rotalar için en yakın ağ modeline göre mesafelerin ortalama 1.17 m kısalmasını ve dönüş sayılarının 0.20 kez azalmasını sağladığını göstermiştir. İstatistiksel test sonuçları, önerilen hibrit yöntemin GÇ'den anlamlı bir şekilde farklılaşmadığını ve çeşitli senaryolar için GÇ tabanlı ağ modeli yerine kullanılabileceğini göstermiştir.

**Anahtar Sözcükler:** İç mekân navigasyonu, Navigasyon ağ modeli, Orta eksen dönüşümü, Görünürlük çizgesi, Yapı bilgi modellemesi

### Indoor navigation network models: A comparative investigation

**Abstract:** Nowadays, the use of outdoor navigation applications is quite common. For indoor navigation, this case is still an emerging application due to the lack of use of a standardised positioning equipment, higher costs, accuracy issues, the more complex structure of indoor spaces and the fact that a comprehensive network model to support indoor navigation for floor-level paths and non-level paths and the studies on the computation of routes are not fully developed yet. Due to the degree of complexity of indoor spaces vary depending on the non-standard structures of buildings and the freedom of movement capability is in a wide spectrum, different navigation networks can be generated. In this study, the Medial Axis Transform (MAT) based methods and the Visibility Graph (VG) based network model that originates from isovists theory which are the prominent navigation network models in the literature are generated in the building information modelling of Yıldız Technical University Civil Engineering Faculty building by utilizing the two-dimensional floor plans of the building and a new approach is proposed based on the VG model by restricting the line of sight between sub-corridors of indoor space and combining it with the MAT. The usability of these navigation network models is compared in terms of the shortest distance and the fewest turns made on the route. The findings of the experimental study showed that the VG based network model which is shown in previous studies to be correlated with human perception enables a mean of 1.17 m shorter distances and 0.20 times fewer turns than the compared routes compared to closest network model. The statistical tests demonstrated that the proposed hybrid approach does not differ significantly from VG thus can be used instead of VG based model for various scenarios.

**Keywords:** Indoor navigation, Navigation network model, Medial axis transform, Visibility graph, Building information modelling

\* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Tel: +90 212 383 53 45

Geliş Tarihi/Received: 31.05.2021

Kabul Tarihi/Accepted: 11.10.2021



0000-0002-8763-5716, atakanb@yildiz.edu.tr (Bilgili A.)\*  
0000-0002-7236-6701, alpersen@yildiz.edu.tr (Şen A.)  
0000-0002-4619-7801, mbasaran@yildiz.edu.tr (Başaraner M.)

## 1. Giriş

Endüstri 4.0 çağı ile gelen uygulamalar, karakteristik nesnelere akıllı nesnelere dönüştürerek, esneklik ve verimlilik sağlamaktadır (Zhong, Xu, Klotz, & Newman, 2017). Endüstri 4.0 temel anlamda, nesnelere interneti (Internet of Things, IoT) ve nesnelere yaşam döngüsünü içeren bulut bilişim ile akıllı şehirler oluşturmayı hedeflemektedir. Akıllı bina kavramı ise akıllı şehirler için bir prototip niteliğinde olup, akıllı şehirleri oluşturan başlıca unsurlardandır. Navigasyon ise gündelik yaşamda sıklıkla kullanılan ve akıllı şehirlerde ulaşım sistemleri için bir gerekliliktir. Akıllı binalarda ise bu gereksinim çeşitli sensörler yardımıyla sağlanabilmektedir.

Navigasyon gidilmek istenen hedefe en kısa ve en hızlı şekilde ulaşmamız için en uygun yolu gösteren bir sistem olarak tanımlanabilir. Günümüzde dış alanlarda kullanılan navigasyon uygulamaları ise oldukça yaygındır. İç mekânlarda ise bu durum herkes tarafından kabul görmüş standart bir konumlama donanımının kullanılmaması, daha yüksek maliyet, doğruluk sorunları, iç mekânın yapısının açık mekânlara kıyasla karmaşıklık göstermesi ve iç mekân navigasyonunu kat düzeyi ve katlar arası düzeyde insanların iç mekân içerisindeki yön bulma algısını destekleyecek kapsayıcı ağ modelleri ve rota hesaplamalarına yönelik çalışmaların yeterince olgunlaşmamış olması nedeniyle henüz gelişme aşamasındadır (Fallah, Apostolopoulos, Bekrih, & Folmer, 2013; Giudice, Walton, & Worboys, 2010; Lin & Lin, 2018; Vanclouster vd., 2019).

Dış alanlar için kullanılan navigasyon uygulamalarında global konumlama sisteminin (Global Positioning System, GPS) sağladığı konum doğruluğu, kapsama alanı ve dış alanların cadde ağlarıyla çevrili standart yapısının kullanımını ve uygulanmasını kolaylaştırmaktadır (Mast, Jian & Zhekova, 2012); ancak iç mekânların kapalı ve değişkenlik gösteren yapısı sebebiyle açıkça belirli rotaların bulunmaması ve iç mekânlarda GPS'in kullanılmaması nedeniyle farklı yaklaşımlar geliştirilmiştir (Koyuncu & Yang, 2010; Mast vd., 2012; Puertolas Montanes, Mendoza Rodriguez, & Sanz Prieto, 2013; Rüetschi & Timpf, 2005). İç mekânlar için GPS'in yerini alabilecek çeşitli iç mekân konumlama sistemleri çalışmaları geliştirilmiştir; ancak tam anlamıyla tatmin edici bir sistem henüz geliştirilememiştir (Chen & Clarke, 2020). Geliştirilen yöntemlerde öne çıkan sistemler radyo frekansı ile tanımlama (Radio-Frequency Identification, RFID), kablosuz yerel alan ağı (Wireless Local Area Network, WLAN), Bluetooth, kızılötesi (Infrared, IR), ultra geniş bant (Ultra Wide Band, UWB), yakın alan iletişimi (Near Field Communication, NFC) gibi teknolojiler yardımıyla geliştirilen iç mekân konumlama sistemleridir (Li, Chang, Wong, & Skitmore, 2016). Bu sistemlerin gelişmesine bağlı olarak iç mekân navigasyonu; alışveriş merkezleri, havaalanları, kompleks binalar gibi yapılarda ziyaretçilerin yönlendirilmesi, acil durum yönetimi, tesis yönetimi, iç mekânda engelli bireylerin yönlendirilmesi gibi uygulama alanlarında kendisine yer edinmiştir (Choi & Lee, 2009; Gunduz, Isikdag, & Basaraner, 2016; Knoth, Mittlböck, Vockner, Andorfer, & Atzl, 2019; Kwan & Lee, 2005; Park, Golderg, & Hammond, 2020).

İç mekân navigasyonu; (1) navigasyon amaçlı iç mekân modellenmesi, (2) iç mekânda konumlama ve yer tespiti (3) iç mekân rotalarının planlanması ve hesaplanması, (4) iç mekânda yönlendirme ve (5) iç mekânda yön bulma olmak üzere beş ana bölümde toplanabilir (Liu, Li, Zlatanova, & Oosterom, 2021; Zlatanova, Liu, & Sithole, 2013). İç mekânda konum belirleme üzerine çalışmaların belirli bir aşamaya gelmesiyle beraber çalışmaların odağı, navigasyon rotalarının insan bilişine uygun olarak planlanması/hesaplanması ve iç mekânda yayaları sesli, yazılı veya grafiksel tarifler ile yönlendirme konuları üzerine kaymıştır.

Son yıllarda iç mekânın modellenmesi ve navigasyon rotalarının oluşturulmasını desteklemek amacıyla mekânsal veri kaynağı olarak Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) yoluyla üretilen üç boyutlu (3B) bina modellerinin ya da bu modeller yoluyla elde edilen iki boyutlu (2B) kat planlarının kullanımı öne çıkmaktadır. YBM'de benimsenmiş olan buildingSMART

tarafından oluşturulan endüstri temel sınıfları (Industry Foundation Classes, IFC) (URL-1) şeması ile iç mekân, duvarlar, zemin ve kapı gibi bina bileşenlerine ait geometrik bilgiler ve bina bileşenlerinin birbirleri ile ilişkilerini ifade eden semantik bilgiler elde edilebilmekte ve bu veriler yardımıyla oluşturulan iç mekân üzerinde navigasyon ağ modelleri oluşturulabilmektedir (Isikdag, Zlatanova, & Underwood, 2013; Li & Lee, 2008; Yang & Worboys, 2015). Dış mekânlar için kullanılan navigasyon sistemlerinde cadde ve yol ağlarının düzenli yapıda olması sebebiyle kullanılan navigasyon ağ modellerinin çok çeşitli karmaşıklık düzeylerine sahip iç mekânlara doğrudan uygulanması mantıklı değildir (Ohm, Müller, & Ludwig, 2015). Bu nedenle, genel kabul görmüş bir navigasyon ağ modeli bulunmamaktadır. İç mekânı ifade etmek için kullanılan ağ modelleri çeşitli alt sınıflara ayrılmıştır. Afyouni, Ray ve Christophe (2012) navigasyon ağ modellerini “Geometrik tabanlı yaklaşımlar” ve “Çizge tabanlı yaklaşımlar” olarak iki alt sınıfa ayırmıştır. Geometrik tabanlı yaklaşımlar yüksek konum doğruluğu sağlarken, saklama alanı ve verimlilik açısından dezavantaj sağlamaktadır, çizge tabanlı yaklaşımlarda ise konum doğruluğu geometrik tabanlı yaklaşımlara kıyasla düşüktür; ancak semantik bilgiler elde edilebilmekte ve yeterli miktarda geometrik bilgi sağlamaktadır (Afyouni vd., 2012; Lin W.Y. & Lin P.H., 2018). Grafik tabanlı yaklaşımlarda iç mekânlar genellikle topolojik bir ağ olarak düğüm noktaları ve kenarlar ile ifade edilmektedir. İç mekân ağırlık merkezleri rotaların başlangıç ve bitiş noktaları, kenarlar ise yayaların navigasyon ağları üzerindeki seyahat rotalarını ifade etmektedir. Çizge tabanlı yaklaşımlar ise kendi arasında çeşitli alt bölümlere ayrılmaktadır. İç mekânın yerleşim planı esas alınarak düğüm noktalarının ve rotaları oluşturan kenarların elde edildiği navigasyon modelleri geometrik/topolojik modeller ve görünürlük bölümlendirmesi olarak ikiye ayrılmaktadır (Lee J.K., Eastman, Lee J., Kannala, & Jeong, 2010; Pang, Zhou, Lin, Lv, & Zhang, 2020; Yang & Worboys, 2015; Zlatanova, Liu, Sithole, Zhao, & Mortari, 2014). İlk kategori genellikle hesaplamalı geometri ilkelerini kullanmakta ve iç mekânın orta eksenine odaklanarak Orta Eksen Dönüşümü (OED) ile (Lee, 2004; Mortari, Zlatanova, Liu, & Clementini, 2014) iç mekânları yapısına bağlı olarak geometrik ağ modellerine dönüştürmektedir (Pang vd., 2020). Basit iç mekânlar için bu yöntemler iyi sonuç verse de karmaşık iç mekânlar ve düz olmayan koridorlarda gereksiz düğüm noktaları ve kenarların oluşumuna sebep olmaktadır (Yang & Worboys, 2015), ayrıca OED yöntemleri ve hesaplamalı geometri ilkelerine dayanan üçgenleme esaslı diğer yöntemler tamamen yapının geometrik özelliklerine odaklandığından yayaların iç mekândaki yön bulma algısını kolaylaştıran yer bulma işaretlerini dikkate almamaktadır. İkinci kategori ise Benedikt (1979) tarafından geliştirilen eş görünüm alanları esas alınarak oluşturulan Görünürlük Çizgesi (GÇ) tabanlı navigasyon ağlarıdır. Birbiri tarafından görülebilen tüm düğüm noktalarının birleştirilmesi ile meydana gelen bu ağ modelleri yayaların mekân içindeki yön bulma algısı ile ilişkili bir ağ modelidir (Kneidl, Borrmann, & Hartmann, 2012; Stoffel, Lorenz, & Ohlbach, 2007). Bununla birlikte, birbirini görebilen tüm düğüm noktaları birbirleri ile en kısa yolu oluşturacak şekilde birleştirildiğinden özellikle düz ve uzun koridorlar için gereksiz rotaların oluşumuna neden olabilmektedir.

Yayaların iç mekân içerisinde yönlendirilmesinde kullanılan navigasyon modelleri olabildiğince sade ve etkili olmalıdır, bunun yanında iç mekânı temsil eden düğüm noktaları, iç mekân içerisinde yayaların mekân içerisinde kolayca fark edebileceği noktalardan oluşmalıdır (Yang & Worboys, 2015). Bu kapsamda etkililik bakımından yapılan çalışmalar en kısa mesafeye odaklanmakta ve çoğunlukla Dijkstra (1959) en kısa mesafe algoritmasını kullanmaktadır. Fakat, en kısa mesafeyi oluşturan rotalar çoğunlukla insan algısıyla uyumlu olmamaktadır. Bu rotalar karmaşık ve yayaların kendini rota içerisinde konforlu hissetmediği rotalardan oluşabilmektedir (Müller, Ohm, Schwappach, & Ludwig, 2017). Sadelik açısından ise navigasyon rotaları üzerinde yapılan dönüş sayısı önem kazanmaktadır (Vanclooster vd., 2019). Navigasyon ağlarının etkili ve olabildiğince sade olması yayaların bilişsel yükünü azaltmakta ve mekâna dair bilişsel haritaların oluşmasına katkıda bulunmaktadır. Bu kapsamda en uygun navigasyon ağ modelinin bulunması için çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Lee (1982) yaptığı çalışmada hesaplamalı geometri ilkelerini kullanarak verilen bir düzlemsel şeklin köşe noktalarından eşit uzaklıkta bulunan noktaları esas alarak düzlemsel şekillerin orta eksenini elde etmiş ve bulduğu yönteme OED adını vererek

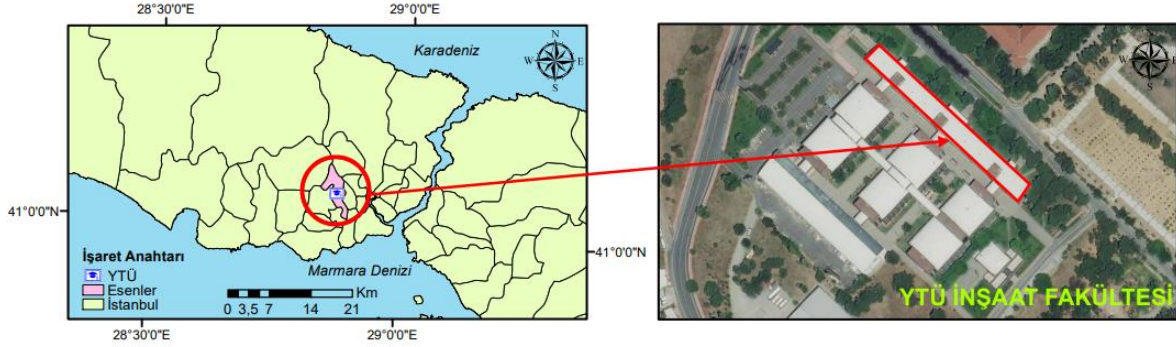
bu alanda yapılan çalışmalara öncülük etmiştir. Lee (2004) yaptığı çalışmada OED yönteminde oluşan kıvrılmış kenarları yok ederek Düz Orta Eksen Dönüşümü (D-OED) yöntemini bulmuştur. Taneja, Akinci, Garrett, Soibelman ve East (2011) yaptıkları çalışmada D-OED dönüşümünün karmaşık koridorlarda kenarları oluşturamama sorununu çözerek Modifiye Orta Eksen Dönüşümü yöntemini (M-OED) sunmuşlardır. Turner, Doxa, O'sullivan ve Penn (2001), Benedikt (1979)'in eş görünüm alanlarını kullanarak GÇ yöntemini geliştirmişlerdir. Lee vd. (2010) yaptıkları çalışmada YBM ile elde ettikleri iç mekânlar üzerinde, yayaların en kısa, basit ve görünür rotaları tercih ettiklerini esas alarak iç mekân içerisinde bir tampon bölge oluşturmuş, kapıları temsil eden düğüm noktalarını bu tampon bölgeye taşıyarak, koridorların dış bükey köşe noktaları ile kapı düğüm noktaları arasında birbirlerini gören en kısa kenarları oluşturacak navigasyon ağını oluşturarak yayaların yürüme mesafelerini hesaplamışlardır. Kneidl vd. (2012) yaptıkları çalışmada, mikro düzeyde yaya trafiğinin simüle edilmesi amacıyla GÇ tabanlı ağı, dışbükey köşelerden belirli mesafelerde düğüm noktalarını oluşturarak olabildiğince sadeleştirip GÇ'nin bir alt kümesini elde etmiş ve elde ettikleri seyrek GÇ ile hesaplama verimliliğinin artmasına katkıda bulunmuşlardır. Chen ve Huang (2015) yaptıkları çalışmada yapı bilgi modeli üzerinde afet anında bina tahliyesini desteklemek amacıyla OED ve GÇ yöntemlerini bütünleştirerek hibrit bir yöntem sunmuş, büyük ölçekli tahliye senaryolarında OED ve GÇ'nin bütünleştirilmesinin tahliye süresini kısalttığını göstermiştir. Pang vd. (2019) yaptıkları çalışmada iç mekân içerisinde koridorlarda yayaların karar verme noktalarını dikkate alarak koridorları görünürlük alanlarına bölümlendirmiş, üç farklı düğüm noktası türü tanımlayarak yayaların iç mekândaki görünürlük haritalarına göre navigasyon ağını oluşturmuşlardır. Park, Goldberg ve Hammond (2020) etkili ve sade rotaların oluşumuna olanak sağlayan navigasyon ağ modelini bulmak amacıyla yaptıkları çalışmada literatürde en çok kullanılan çeşitli algoritmaları esas alarak verilen yapı bilgi modelini coğrafi bilgi sistemi (CBS) ile entegre etmiş, çalışmalarında bu algoritmaları en kısa mesafe ve rota üzerinde yapılan dönüş sayısı bakımından karşılaştırmış, etkililik ve sadelik açısından en uygun algoritmanın GÇ tabanlı ağlar olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada kat planları yardımıyla üretilen yapı bilgi modeli, CBS ortamına aktarılarak literatürde öne çıkan OED tabanlı ağ modelleri ve eş görünüm alanlarından yararlanarak geliştirilen GÇ tabanlı ağ modeli oluşturularak bu modellerin kullanılabilirlikleri en kısa mesafe ve rota üzerinde yapılan dönüş sayıları bakımından karşılaştırılmış, ayrıca iç mekân içerisinde yayaların yön bulma algısını iç mekânı alt bölümlere ayırarak oluşturduğu dikkate alınarak görüş alanı alt koridorlar bazında sınırlandırılmış ve OED ile bütünleştirilmiş Kısıtlanmış Görünürlük Çizgesi (KGÇ) tabanlı ağ modelinin yayaların algısına uygun bir model oluşturacağı düşünülerek yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Önerilen yöntemin diğer ağ modelleriyle en kısa mesafe ve rota üzerinde yapılan dönüş sayısı kriterine göre anlamlı bir fark olup olmadığı tek yönlü ANOVA testi (Fisher, 1921) ile incelenmiştir.

## 2. Çalışma Alanı ve Kullanılan Veriler

Bu çalışmada, YTÜ Yapı Daire Başkanlığı tarafından uygulama projesi çizilen 2008 yılına ait İnşaat Fakültesi kat planları arasından Harita Mühendisliği Bölümü idari birimlerince kullanılan A blok zemin katı çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 1). Çalışma alanı, yaklaşık 1550 m<sup>2</sup> olup, yaklaşık 70 × 22 m boyutlarında dar ve uzun bir koridor ve yaklaşık 22 × 10 m boyutlarında geniş ve kısa bir koridordan oluşmaktadır. Dar ve uzun olan koridor görüş alanını yüksek kılmakta; ancak GÇ'nin oluşumunda rotaların dar bir alanda bir yığın olarak toplanmasına neden olacak bir şekilsel yapıya sahiptir. Geniş ve kısa koridor ise ortak kesişim alanı hariç görüş alanını kısıtlayan bir yapıdadır. İç mekânlar karşılıklı simetrik bir yapıda ve klasik bir ofis odası yapısında düzenli dikdörtgenler biçimindedir. Koridor köşelerine denk gelen iç mekânlar taşıyıcı kolonlar nedeniyle diğer iç mekânlara oranla düzensiz yapıdadır. İç mekânlar, orta eksen üzerinde birer düğüm noktası ile temsil edildiğinden taşıyıcı kolonların bulunduğu odalar, uygulamayı zorlaştırıcı niteliktedir. Bölüm Başkanlığı odaları ve toplantı salonu, diğer odalardan farklı olarak daha geniş bir dikdörtgensel şekle sahip olup, kendi aralarında geçiş sağlayan kapılardan oluşmaktadır. Kat planları bir uygulama projesine ait olduğundan oldukça ayrıntılı bir yapıdadır ve iç mekân navigasyon

ağlarının oluşumuna esas teşkil edecek olan duvar, kapı, kolon ve döşeme gibi detaylar haricindeki bileşenlerin kat planlarından elenmesi gerekmektedir. Uygulamada kullanılan zemin kata ilişkin kat planında 30 farklı katman bulunmaktadır ve her bir bina bileşeni, ölçüleri ve malzeme detaylarıyla birlikte gösterilmiştir. Bu husus, iç mekân modellenmesinin ve oluşturacak navigasyon rotalarının performansını düşürecek niteliktedir.



Şekil 1: Çalışma alanı

### 3. Yöntem ve Uygulama

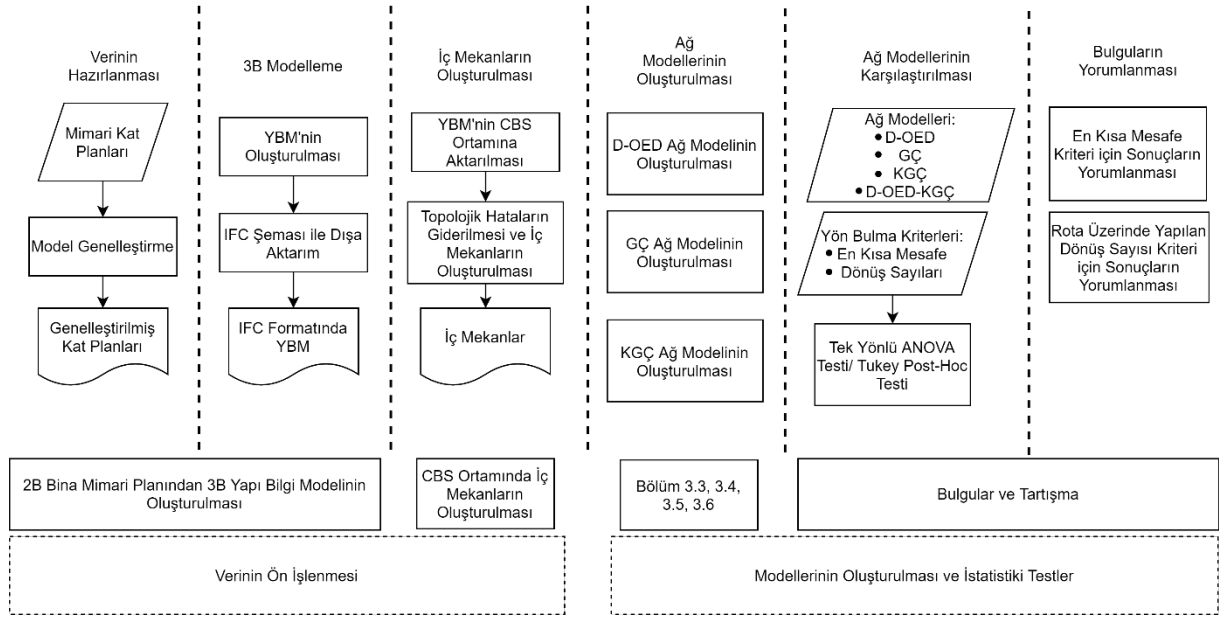
Çalışmadaki temel amaç, yayaaların iç mekân içerisindeki yön bulma algısına uygun yeni bir navigasyon ağ modeli yaklaşımını sunmaktır. Bu amaçla navigasyon ağ modellerinin oluşturulması için sağladığı ayrıntılı geometrik veriler ile önem taşıyan YBM mekânsal veri kaynağı olarak tercih edilmiş ve veri ön-işleme adımları ile ağ modellerinin CBS ortamında oluşturulmasına altlık oluşturmuştur.

Literatürde iç mekân navigasyonu ağ modellerinin oluşturulması açısından çeşitli yaklaşımlar bulunmakta ve her bir yöntemin bir diğerine çeşitli açılardan avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Çalışma bölgesinde karmaşık şekilli bir koridor bulunmadığından Lee (2004) tarafından geliştirilen D-OED yöntemi ve yayaaların iç mekân içerisindeki görsel algısı ile yakından ilişkili olan Turner vd. (2001) tarafından geliştirilen GÇ tabanlı ağ modeli çalışmada karşılaştırmada kullanılacak temel yöntemler olarak belirlenmiştir. Bu yöntemlere ek olarak çeşitli senaryolar için alternatif olarak KGÇ tabanlı yeni bir navigasyon ağ modeli önerilmiş ve bu model literatürde öne çıkan navigasyon ağ modeli yöntemleri ile çeşitli yön bulma kriterleri bakımından karşılaştırılmıştır. Çalışmanın genel iş akışı Şekil 2’de verilmiştir. Bölüm 3’te ise adımların her birine özgü işlemler ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

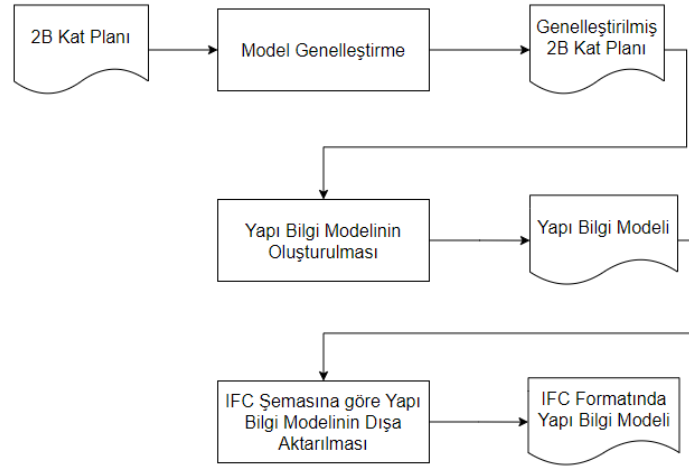
#### 3.1 2B Bina Mimari Planından 3B Yapı Bilgi Modelinin Oluşturulması

YBM, yapıların fiziksel ve işlevsel özelliklerini bir arada barındıran, bir projenin tüm yaşam döngüsünün (planlama, dizayn, yapım, yönetim ve bakım) tamamlanmasına kadar olan süreçte IoT, bulut bilişimi, veri tabanları ile yapı bileşenlerinin, yapıya ait bilgilerin görselleştirilmesini ve paylaşımını sağlayan bir veri kaynağı olarak tanımlanabilir (Liu vd., 2021). Bununla birlikte bina bileşenlerine ait geometrik ve semantik verilerin ayrıntılı bir şekilde elde edilmesine imkan tanıdığından iç mekân navigasyonu için de önem arz etmektedir. YBM’nin bu özellikleri dikkate alındığında çalışmada mekânsal veri kaynağı olarak yapı bilgi modeli kullanımı uygun görülmüştür. IFC formatında yapı bilgi modelinin oluşturulması için genel iş akışı Şekil 3’te verilmiştir.



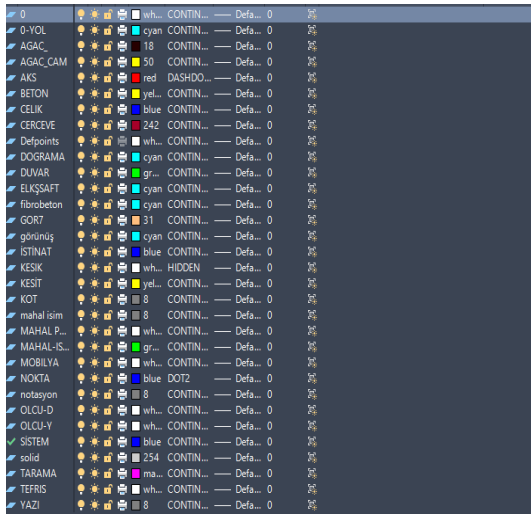


Şekil 2: Çalışmanın genel iş akışı



Şekil 3: IFC formatında yapı bilgi modelinin oluşturulması iş akışı

Yapı bilgi modelinin üretimine esas teşkil edecek kat planlarına ilişkin katmanlardan iç mekân navigasyonu ağ modellerinin üretimine esas teşkil etmeyen katmanlar elenmelidir. Bu işlemler, AutoCAD yazılımıyla gerçekleştirilmiştir. İç mekân haritaları üzerine yapılan çalışmaların son yıllarda ivme kazanmasıyla beraber kat planlarının harita niteliği taşıyıp taşımadığı tartışılmaya başlanmıştır (Chen & Clarke, 2020). Bu aşamada, amaca yönelik yapı bilgi modelinin elde edilmesi için model genelleştirme ile “Duvar”, “Doğrama” ve “Beton” katmanları “İç mekân” katmanı adı altında semantik olarak gruplandırılarak katmanlara son şekli verilmiştir. Şekil 4’te model genelleştirme öncesi ve sonrası mimari çizimlere ait katmanlar verilmiştir. İşlem sonrası genelleştirilmiş kat planları görünümü Şekil 5’te verilmiştir.

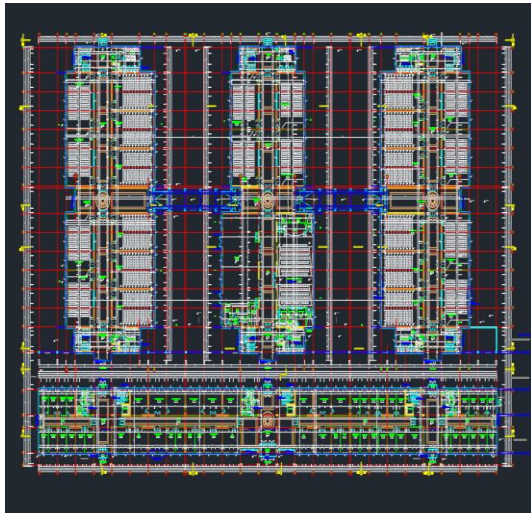


(a)

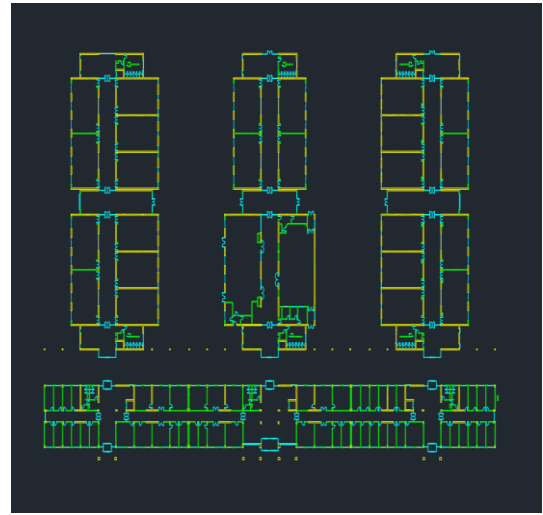


(b)

Şekil 4: Model genelleştirme işlemi öncesi (a) ve sonrası (b) katmanlar



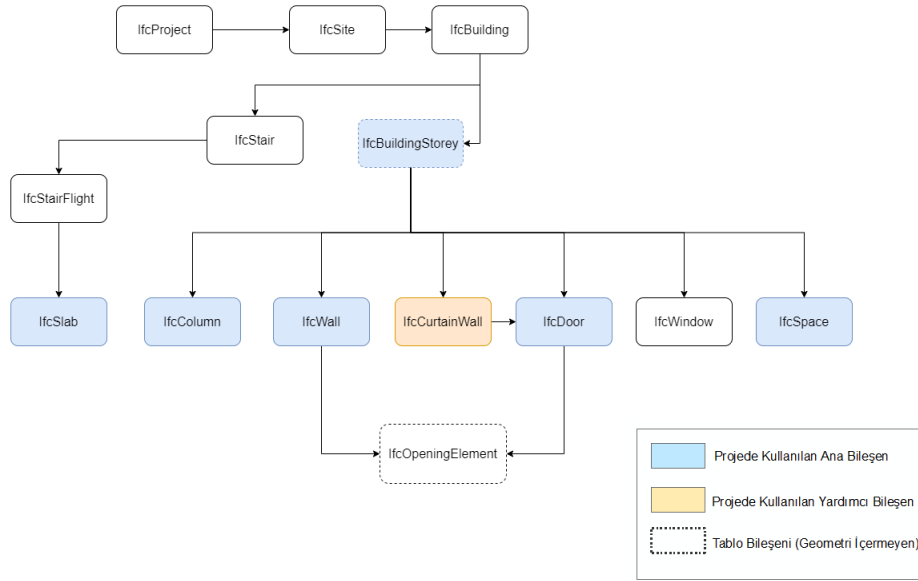
(a)



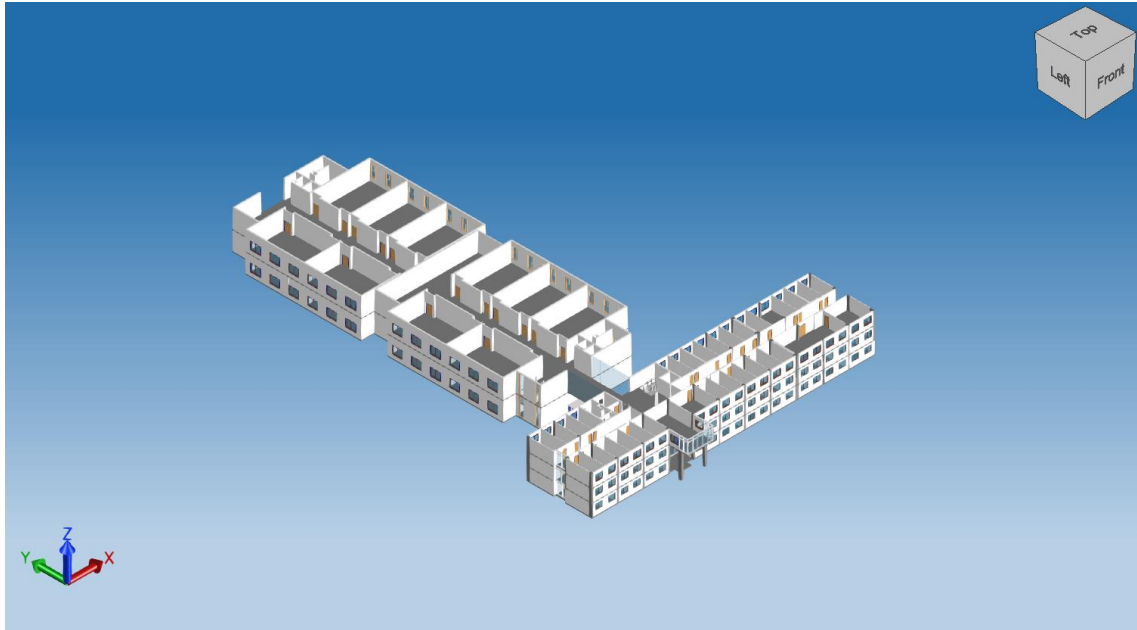
(b)

Şekil 5: Model genelleştirme işlemi öncesi (a) ve sonrası (b) zemin kat mimari planı

Genelleştirilmiş 2B kat planları, Autodesk Revit 2021 yazılımına aktarılarak kat planı ölçüleri ve semantik dönüşüm işlemi yapılmış katmanlar esas alınarak yapı bilgi modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan yapı bilgi modeli, diğer YBM programları ile yüksek uyumluluk gösteren (Park vd., 2020) IFC versiyonu olan IFC 2×3 formatında dışa aktarılmıştır. Yapı bilgi modeli, IFC formatında dışa aktarılırken, IFC şemasında aktarılacak temel yapı bileşenleri seçilmiştir. IfcSpace objesi IfcSlab, IfcWall, IfcDoor geometrik nesnelere ile çevrilidir ve iç mekânı tanımlamaktadır, öznitelik bilgisi bakımından ise IfcBuilding ve IfcBuildingStorey ile ilişkilidir (Park vd., 2020). IfcDoor iç mekânlar arasındaki geçişleri tanımlayan IFC nesnesi, IfcWall ise iç mekân içerisinde oluşan rotaları sınırlayıcı nesnelere olarak işlev görmektedir (Park vd., 2020). Dışa aktarılan IFC şeması nesnelere, Şekil 6’da verilmiştir. IFC formatında dışa aktarılan çalışma bölgesine ait yapı bilgi modelinin görünümü Şekil 7’de verilmiştir.



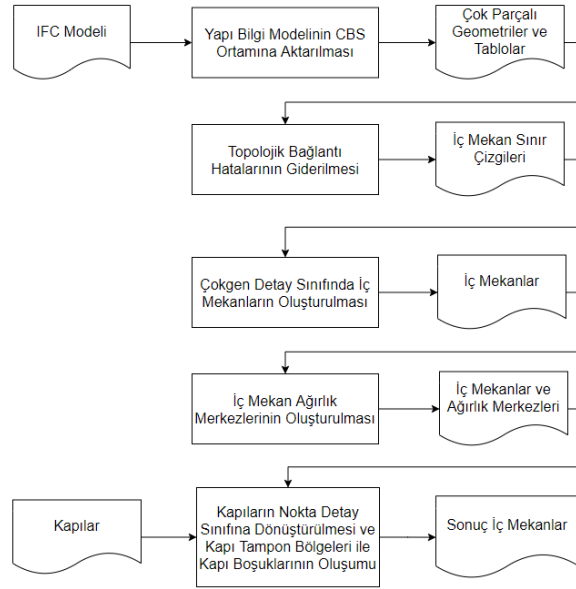
Şekil 6: Çalışmada kullanılan IFC şeması (Park vd., 2020)



Şekil 7: Çalışmada kullanılan IFC formatındaki yapı bilgi modeli

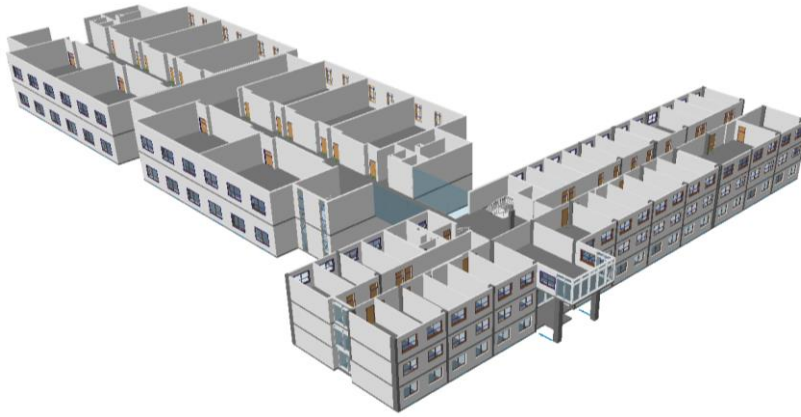
### 3.2 CBS Ortamında İç Mekânların Oluşturulması

İç mekân navigasyonu ağ modellerinin oluşturulması için CBS ortamında iç mekân bileşenlerinin ilgili detay sınıfı türünde (nokta, çizgi, çokgen) oluşturulması gerekmektedir. Bu amaçla IFC formatında dışa aktarılan yapı bilgi modelinin CBS ortamına entegrasyonu sağlanmalıdır. YBM-CBS entegrasyonuna ilişkin iş akışı Şekil 8’de verilmiştir.



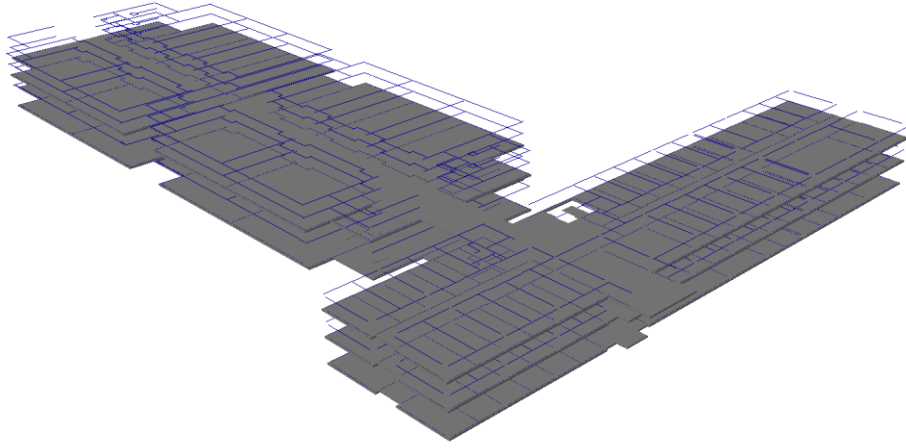
Şekil 8: İç mekânların oluşturulması iş akışı

Bu kapsamda öncelikle ArcGIS 10.8 yazılımında çeşitli araçlar ile yapı bilgi modeli, çok parçalı geometriler ve tablolar halinde CBS ortamına aktarılmıştır (Şekil 9) ve iç-dış mekân navigasyonun entegre edilebilmesi adına yapı bilgi modeli bağlı koordinat sistemi yerine ülkemizde büyük ölçekli haritalarda kullanılan EPSG:5254 Gauss-Krüger Orta Meridyen 30° – ITRF96 (TUREF/TM30) projeksiyon koordinat sisteminde coğrafi referanslandırma işlemi yapılmıştır.



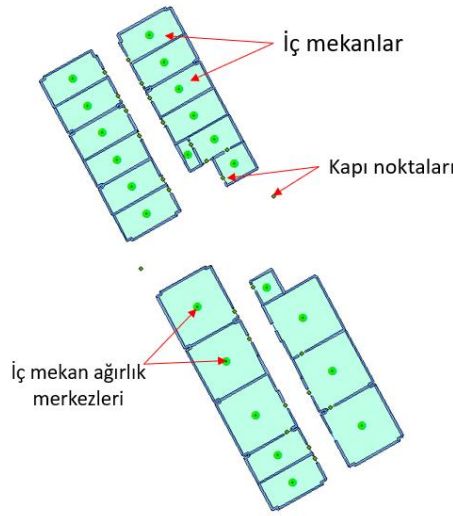
Şekil 9: CBS ortamına aktarılan yapı bilgi modeli

Aktarılan yapı bilgi modelinde çizgi detay sınıfındaki IfcWallStandartCase\_line iç mekânların oluşumuna esas teşkil etmektedir. Ancak, taşıyıcı kolonların bulunduğu kısımlarda ve YBM-CBS entegrasyonu sırasında topolojik hatalar oluşmuştur. Bunlar, çizgiler arasında bağlantı hataları (Şekil 10) biçiminde olup, ArcGIS 10.8 yazılımında yazılan bir program parçasığı yardımıyla giderilmiştir. Böylelikle, CBS ortamında geometrik ve topolojik olarak tutarlı çokgen detay sınıfında iç mekânlar oluşturulmuştur.



Şekil 10: Çizgi detay sınıfındaki topolojik bağlantı hataları

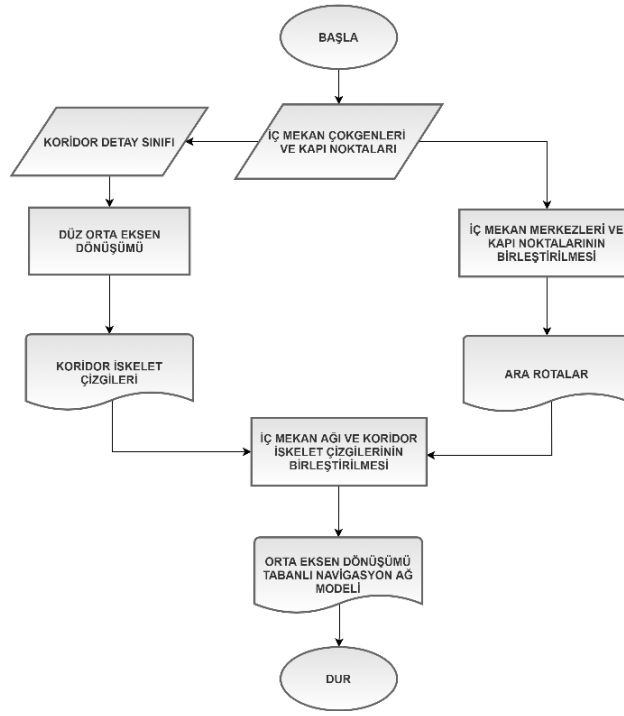
Navigasyon rotalarının başlangıç ve bitişini temsil eden iç mekân ağırlık merkezleri oluşturulduktan sonra iç mekânlar ve koridor arasındaki bağlantıyı sağlamak amacıyla kapı nokta detay sınıfı oluşturulmuş ve kapıların genişlikleri esas alınarak kapı tampon bölgeleri oluşturularak iç mekân-koridor bağlantısı sağlanmıştır. İşlemler sonucu oluşan iç mekânlar Şekil 11’de gösterilmiştir.



Şekil 11: İç mekânlar

### 3.3 Orta Eksen Dönüşümü Tabanlı Navigasyon Ağ Modelinin Oluşturulması

OED tabanlı ağ modelleri genellikle koridor iskelet çizgilerinin elde edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. İç mekân merkezleri, kapı noktaları ve koridor bağlantıları için kesin bir kural bulunmamaktadır. Çalışma bölgesinde koridorlardan biri dar ve uzun, diğeri ise geniş ve kısadır. Kullanılan veri setinde karmaşık şekilli bir koridor bulunmadığından Lee (2004) tarafından geliştirilen yöntem olan D-OED kullanımı uygun görülmüştür. D-OED tabanlı navigasyon ağ modelinin üretimi için tasarlanan iş akışı Şekil 12’de verilmiştir. Koridor detay sınıfı kullanılarak D-OED ile koridor iskelet çizgileri elde edilmiştir. İç mekân merkezleri kendisine en yakın kapı noktası ile birleştirilmiş, kapı noktaları ise en yakın koridor iskelet çizgisine bağlanmıştır.



Şekil 12: D-OED tabanlı navigasyonu ağ modelinin oluşturulması iş akışı

### 3.4 Görünürlük Çizgesi Tabanlı Navigasyon Ağ Modelinin Oluşturulması

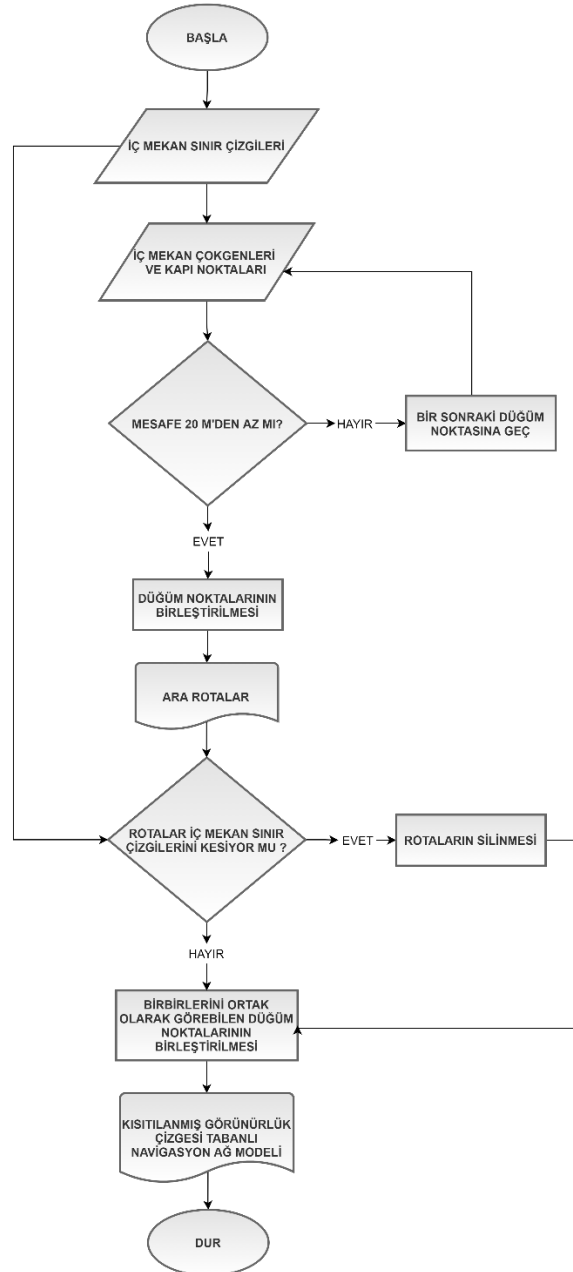
GÇ tabanlı navigasyon ağı oluşturulurken iç mekân merkezleri ve kapı noktaları detay sınıfları arasında birbirlerini ortak olarak görebilen tüm düğüm noktaları birleştirilmelidir. GÇ tabanlı navigasyon ağ modelinin oluşturulması için iş akışı Şekil 13'te verilmiştir. İlk olarak iç mekân merkezleri ve kapı düğüm noktaları birleştirilmiştir. Çizgi detay sınıfındaki duvar nesnelere ise kenarların oluşumunu sınırlayıcı nesnelere görev olarak GÇ tabanlı navigasyon ağ modeli oluşturulmuştur.



Şekil 13: GÇ tabanlı navigasyonu ağ modelinin oluşturulması iş akışı

### 3.5 Kısıtlanmış Görünürlük Çizgesi Tabanlı Navigasyon Ağ Modelinin Oluşturulması

Klasik yaklaşımda, dar ve uzun koridorlarda yayaların görüş alanı çok geniş olsa da bu durum navigasyon ağ modelinde çok fazla sayıda gereksiz rota oluşumuna sebep olmakta ve yayaların iç mekân içerisinde bilişsel yüklerini arttırmaktadır. Yayaların iç mekân içerisinde yön bulma algısını iç mekânı bölümlendirerek oluşturduğu (Vanclooster vd., 2019) dikkate alınarak görüş alanı alt koridorlar bazında kısıtlanmış ve yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Önerilen yaklaşıma ilişkin iş akışı Şekil 14'te verilmiştir. Koridor bazında iki nokta arasında ölçülen maksimum mesafenin 20 metre olması nedeniyle görünürlüğe bağlı rotaların oluşumu 20 m ile kısıtlanmıştır. Bu yaklaşım gereksiz rotaların oluşumunu önemli ölçüde engellemekte ve hesaplama verimliliği açısından klasik GÇ tabanlı yöntemle üstünlük sağlamaktadır.

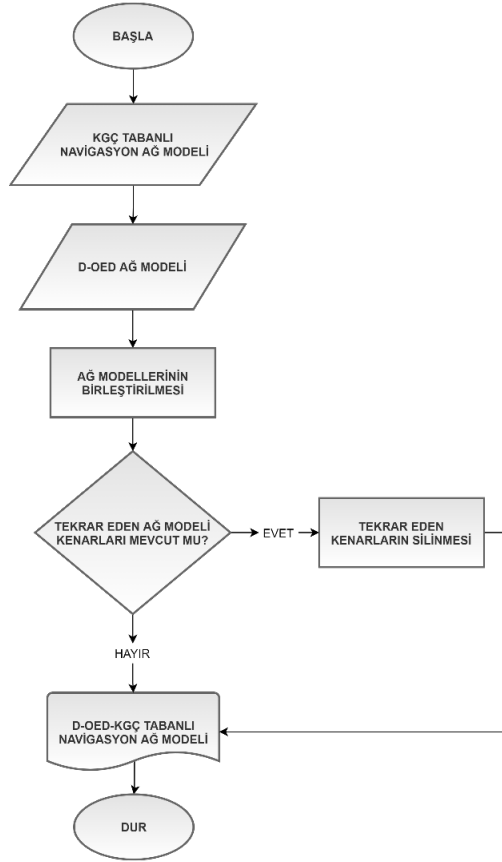


Şekil 14: KGÇ tabanlı navigasyonu ağ modelinin oluşturulması iş akışı

### 3.6 Kısıtlanmış Görünürlük Çizgesi ve Orta Eksen Dönüşümü Tabanlı Navigasyon Ağ Modelinin Bütünleştirilmesi

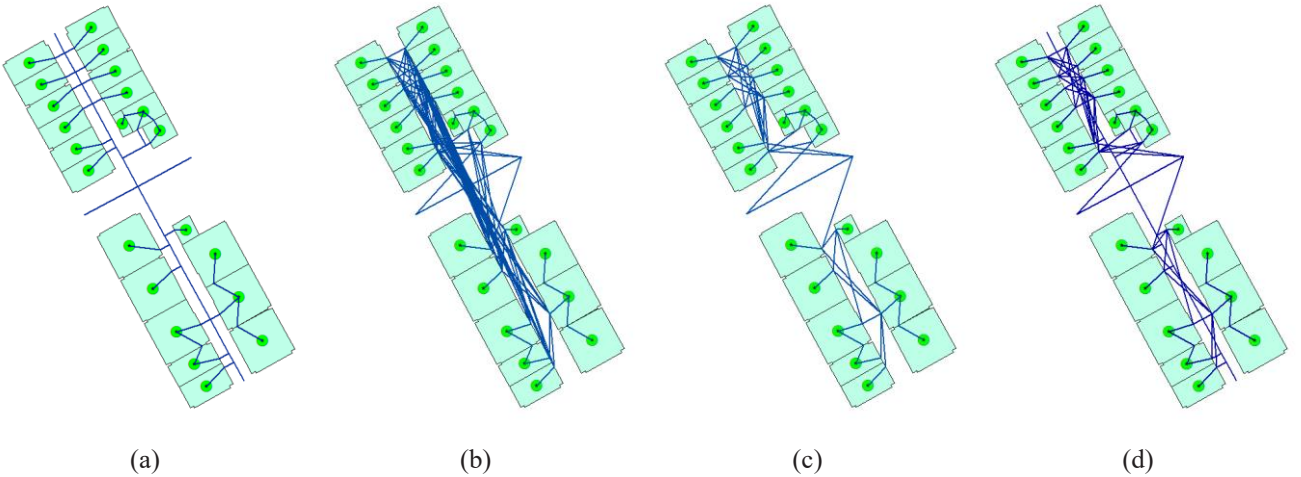
İç mekân navigasyonu ağ modelleri yayaların bilişsel algısını oluşturabileceği yoğunlukta ve yayalara bilişsel yük oluşturmayacak sadelikte olmalıdır. Görüş alanı koridor bazında kısıtlandığında özellikle koridor kesişim noktalarında

düğüm noktaları oluşmaması nedeniyle ağ modeli olması gerekenden daha seyrek olmaktadır. Bu bağlamda D-OED ve KGÇ ağ modelleri bütünleştirilmiştir. Ağ modellerinin bütünleştirildiği hibrit yaklaşım için iş akışı Şekil 15’te verilmiştir.



Şekil 15: D-OED - KGÇ tabanlı navigasyonu ağ modelinin oluşturulması iş akışı

Kullanılan tüm yöntemler sonucunda sonuç ürün olarak oluşan iç mekân navigasyonu ağ modelleri Şekil 16’da verilmiştir.



Şekil 16: (a) D-OED navigasyonu ağ modeli (b) GÇ navigasyonu ağ modeli (c) KGÇ ağ modeli (d) D-OED-KGÇ ağ modeli

#### 4. Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanında seçilen bölgede oluşturulan her bir iç mekân navigasyonu ağ modeli (D-OED, GÇ, KGÇ ve D-OED-KGÇ) kombinasyonu için rastgele seçilmiş olan 30’ar adet rota ArcGIS 10.8 yazılımında ağ analizi aracı ile hesaplanmıştır. Araç



seçilen başlangıç ve bitiş düğüm noktaları arasında Dijkstra (1959) algoritmasına göre hedef düğüm noktasına ulaşmak için kullanılan en kısa rotanın uzunluğunu, rotada harcanan süreyi ve rota üzerinde yapılan dönüş sayısını hesaplamaktadır. Yayalar, gündelik hayatın çoğunun geçtiği iç mekân içerisinde genellikle en kısa sürede hedeflenen konuma varmak istediklerinden rota üzerinde harcanan mesafe, harcanan zaman ve rota üzerinde yapılan dönüş sayısı önem arz etmektedir. Ayrıca, yangın ve deprem gibi acil durum senaryolarında kısa mesafeler daha da önem kazanmaktadır (Kwan & Lee, 2005). Bu durum dikkate alınarak oluşturulan navigasyon ağ modellerinde rastgele seçilen rotalar için mesafe ve rota üzerinden yapılan dönüş sayıları karşılaştırılmıştır.

Analizde iç mekân içerisinde herhangi bir engel olmadığı kabulü yapılmış olup, iç mekân içerisinde resmi odalara erişim izni gerektiren bir durum olmadığı varsayılmıştır. Ağ modellerine (D-OED, GÇ, KGÇ, D-OED-KGÇ) bağlı olarak seçilen rotalarda elde edilen sonuçlara ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1:** En kısa mesafe için ağ modellerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Ağ Modeli	Ortalama (m)	Standart Sapma (m)	Standart Hata (m)
D-OED	60.71	22.88	4.18
GÇ	49.76	19.57	3.57
KGÇ	66.07	25.80	4.71
D-OED-KGÇ	50.93	19.87	3.63
<b>Toplam</b>	56.87	22.93	2.09

Rotalara ilişkin en kısa mesafelere ilişkin sonuçlar incelendiğinde en kısa rotaların, GÇ tabanlı ağ modeliyle elde edildiği gözlenmektedir. GÇ birbirlerini ortak olarak görebilen tüm düğüm noktaları birleştirilerek oluşturulduğundan, diğer algoritmalara oranla çok daha fazla sayıda rota alternatifi ortaya çıktığı için sonuçlar olası olarak yorumlanmaktadır. Önerilen yöntem olan D-OED-KGÇ ağ modeli incelendiğinde GÇ ile ortalama 1.17 m fark olduğu gözlenmektedir. En kısa mesafeler arasındaki farkın oldukça az olması bununla birlikte hem hesaplama verimliliği sağlaması hem de rastgele seçilen görece uzun rotalarda yayaların iç mekânı alt koridor bölümleri halinde anlamlandırmasını göz önünde bulundurması ve iç mekân orta eksenini de dikkate alması önerilen yöntemin kullanışlı olabileceğini göstermektedir. En kötü sonucun ise ortalama 66.07 m ile tek başına kullanılan KGÇ tabanlı ağ modelinde elde edildiği gözlemlenmektedir.

Çalışmada ağ analizi aracı ile oluşan en kısa rota uzunluklarının ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığının incelenmesi adına tek yönlü ANOVA testi uygulanmıştır (Tablo 2). ANOVA testinin anlamlı sonuç vermesi ( $p < 0.05$ ) durumunda hangi iç mekân navigasyonu ağ modelleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığının tespit edilmesi için navigasyon ağ modellerine ilişkin örneklemeler eşit sayıda (30’ar adet) olduğundan Tukey HSD post-hoc testi önerilmektedir.

**Tablo 2:** En kısa mesafe için ağ modellerine ilişkin tek yönlü ANOVA testi sonuçları

Rota Uzunluğu	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
<b>Gruplar Arası</b>	5558.641	3	1852.880	3.768	0.013*
<b>Gruplar İçi</b>	57035.653	116	491.687		
<b>Toplam</b>	62594.294	119			

Not:  $p^{***} < 0.001$ ,  $p^{**} < 0.01$ ,  $p^{*} < 0.05$  anlamlılık düzeyleri.

ANOVA testinde ağ modelleri arasında anlamlı bir fark olduğu ( $p = 0.013$ ) gözlemlendiğinden hangi algoritmalar arasında en kısa mesafe açısından belirgin bir fark olduğunun belirlenmesi için Tukey HSD post-hoc testi uygulanmıştır. Tukey HSD testine ilişkin sonuçlar Tablo 3’te verilmiştir.

Tukey HSD post-hoc testi sonuçları incelendiğinde en kısa mesafe bağımlı değişkeni için GÇ ve KGÇ tabanlı ağ modelleri arasında anlamlı bir fark gözlenmiştir. Anlamlılık 0.026 düzeyindedir. Diğer bir anlamlı fark KGÇ ve önerilen yöntem olan

D-OED-KGÇ tabanlı ağ modelinde gözlenmiştir; ancak fark diğer fark kadar belirgin olmayıp anlamlılık 0.045 düzeyindedir. Literatürde çeşitli çalışmalarda en kısa mesafe açısından öne çıkan yöntem olan GÇ tabanlı ağ modeli ile bu çalışmada önerilen yöntem olan D-OED-KGÇ tabanlı ağ modeli arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Bu durum çoğunlukla dar ve uzun koridorlardan oluşan iç mekânlarda, önerilen yöntemin hesap verimliliği açısından benzer olması, en kısa mesafe açısından anlamlı bir fark olmaması ve yayaların iç mekân içerisinde yön bulma algısını mekânı bölümlendirerek oluşturduğu hususları dikkate alındığında GÇ tabanlı ağ modeli yerine kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır.

**Tablo 3:** En kısa mesafe için ağ modellerine ilişkin Tukey HSD testi sonuçları

Algoritma	Algoritma	Anlamlılık
D-OED	GÇ	0.228
	KGÇ	0.786
	D-OED-KGÇ	0.324
GÇ	D-OED	0.228
	KGÇ	0.026*
	D-OED-KGÇ	0.997
KGÇ	D-OED	0.786
	GÇ	0.026*
	D-OED-KGÇ	0.045*
D-OED-KGÇ	D-OED	0.324
	GÇ	0.997
	KGÇ	0.045*

Not:  $p^{***}<0.001$ ,  $p^{**}<0.01$ ,  $p^{*}<0.05$  anlamlılık düzeyleri.

Bir navigasyon ağında en kısa mesafenin yanında ağın etkinliğine katkıda bulunan diğer bir husus, rota üzerinde yapılan dönüş sayısıdır (Vanclooster vd., 2019). En kısa rotalar her zaman insan algısına uyumlu sonuçlar vermemektedir, oluşan rotalar kısa olsa da yayalar bu rotalar üzerinde kendini konforlu hissetmeyebilirler. Bu durum dikkate alınarak seçilen ağ modelleri (D-OED, GÇ, KGÇ ve D-OED-kombinasyonu) rota üzerinde yapılan dönüş bakımından karşılaştırılmıştır. Ağ modellerine (D-OED, GÇ, KGÇ, D-OED-KGÇ) bağlı olarak seçilen rotalarda elde edilen dönüş sayılarına ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 4’te verilmiştir. Tek yönlü ANOVA testine ilişkin sonuçlar Tablo 5’te verilmiştir.

**Tablo 4:** Dönüş sayıları için ağ modellerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Ağ Modeli	Ortalama (m)	Standart Sapma (m)	Standart Hata (m)
D-OED	2.83	1.12	0.20
GÇ	2.43	1.14	0.21
KGÇ	4.10	1.52	0.28
D-OED-KGÇ	2.63	1.16	0.21
<b>Toplam</b>	3.00	1.39	0.13

**Tablo 5:** Dönüş sayıları için ağ modellerine ilişkin tek yönlü ANOVA testi sonuçları

Rota Uzunluğu	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık
<b>Gruplar arası</b>	50.8	3	16.933	10.961	0.000***
<b>Gruplar içi</b>	179.2	116	1.545		
<b>Toplam</b>	230	119			

Not:  $p^{***}<0.001$ ,  $p^{**}<0.01$ ,  $p^{*}<0.05$  anlamlılık düzeyleri.

Dönüş sayıları için yapılan tek yönlü ANOVA testi sonuçları gruplar arasında anlamlı bir fark olduğunu ortaya koymaktadır. Hangi ağ modelleri arasında dönüş sayıları açısından anlamlı bir fark olduğunun belirlenmesi için Tukey HSD post-hoc testi uygulanmıştır. Tukey HSD testine ilişkin sonuçlar Tablo 6’da verilmiştir.

Tukey HSD post-hoc testi sonuçları incelendiğinde rota üzerinde yapılan dönüş sayıları bağımlı değişkenine ilişkin KGÇ ağ

modeli ile diğer ağ modellerinin ortalamaları arasında anlamlı bir fark gözlenmektedir. Diğer ağ modelleri olan D-OED, GÇ ve D-OED-KGÇ ağ modelleri arasında anlamlı bir fark gözlenmemektedir. Bu durum KGÇ ağ modelinin tek başına iç mekân navigasyon ağı olarak kullanımına uygun olmadığı sonucunu ortaya koymaktadır. KGÇ, D-OED ile bütünleştirilerek kullanıldığında en az dönüş sayısına sahip GÇ tabanlı ağ modeli ile aralarında anlamlı bir fark olmaması, D-OED-KGÇ ağ modelinin, GÇ tabanlı ağ modeli yerine kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

**Tablo 6:** Dönüş sayıları için ağ modellerine ilişkin Tukey HSD testi sonuçları

Algoritma	Algoritma	Anlamlılık
D-OED	GÇ	0.599
	KGÇ	0.001***
	D-OED-KGÇ	0.924
GÇ	D-OED	0.599
	KGÇ	0.000***
	D-OED-KGÇ	0.924
KGÇ	D-OED	0.001***
	GÇ	0.000***
	D-OED-KGÇ	0.000***
D-OED-KGÇ	D-OED	0.924
	GÇ	0.924
	KGÇ	0.000***

Not:  $p^{***}<0.001$ ,  $p^{**}<0.01$ ,  $p^{*}<0.05$  anlamlılık düzeyleri.

En kısa mesafe ve dönüş sayıları birlikte dikkate alındığında her bir ağ modelinde rastgele seçilen 30'ar rota için istatistiksel olarak en iyi sonuçları GÇ tabanlı ağ modeli vermektedir. Bu durum GÇ tabanlı ağ modelinin literatürde sık kullanılan ağ modelleri ile karşılaştıran Park vd. (2020)'nin elde ettiği sonuçlar ile paralellik göstermektedir. Hem en kısa mesafe hem de rota üzerinde yapılan dönüş sayıları açısından D-OED-KGÇ ile GÇ arasında belirgin bir fark olmadığından, önerilen yöntemin yayaların mekân içi görüş algısını bölümlendirerek oluşturduğu dikkate alındığında yangın gibi iç mekân içerisinde yavaşça ilerleyerek belirli bir görüş alanı kısıtı oluşturan acil durum anında, önerilen yöntemin GÇ tabanlı ağ modeli yerine bina tahliyesi senaryolarında kullanılabileceği düşünülmektedir.

## 5. Sonuçlar

Endüstri 4.0 çağı ile akıllı şehirler ve akıllı şehirlerin en önemli unsurlarından biri olan akıllı binaların önem kazanması ve teknolojinin gelişmesiyle beraber iç mekân navigasyonu; alışveriş merkezleri, havaalanları, kompleks binalar gibi yapılarda ziyaretçilerin yönlendirilmesi, acil durum yönetimi, tesis yönetimi, iç mekânda engelli bireylerin yönlendirilmesi gibi uygulama alanlarında kendine yer edinmiştir ve kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır.

İç mekân içerisinde konumlama teknolojilerinin belirli bir olgunluğa ulaşması sonucu çalışmaların odağı navigasyon rotalarının planlanması/hesaplanması üzerine kaymıştır. Bununla birlikte, iç mekânın yapısının dış mekânlara kıyasla karmaşıklık göstermesi ve iç mekân içerisinde hareket kabiliyetinin geniş bir spektrumda olması sebebiyle insan algısıyla tam uyumlu kapsayıcı bir navigasyon ağ modeli henüz geliştirilememiştir.

Bu çalışmada literatürde öne çıkan OED tabanlı ağ modelleri ve eş görünüm alanları teorisinden yararlanarak geliştirilen GÇ tabanlı ağ modelleri YTÜ İnşaat Fakültesi A blok binasına ilişkin zemin kat planları yardımıyla üretilen yapı bilgi modeli üzerinde oluşturulmuş, GÇ tabanlı ağ modeline alt koridorlar bazında görüş alanı kısıtı getirilerek OED tabanlı ağ modelleriyle bütünleştirilerek yeni hibrit bir yaklaşım sunulmuştur.

Deneysel çalışmada elde edilen bulgulara göre literatürde insan algısı ile ilişkili olduğu gösterilen GÇ tabanlı ağ modelinin

seçilen güzergâh için en yakın ağ modelinden ortalama 1.17 m daha kısa ve daha az ortalama dönüş sayısına sahip rotaların elde edilmesine olanak sağladığı ve KGÇ tabanlı ağ modelinin tek başına kullanımının ise en kötü sonucu verdiği görülmüştür. Önerilen yöntem olan D-OED-KGÇ tabanlı ağ modelinin en kısa mesafe ve dönüş sayıları bakımından GÇ tabanlı ağ modelinden anlamlı düzeyde farklılaşmadığı ve iç mekân içerisinde yayaların koridorları alt bölümlere ayırarak yön bulma algısını oluşturduğu dikkate alındığında yangın gibi bir afet anında görüş alanı kısıtı olduğunda ya da iç mekân içerisindeki hareketi engelleyici objelerin bulunması gibi çeşitli senaryolarda GÇ tabanlı ağ modeli yerine kullanılabilceği gösterilmiştir.

Bu çalışmada iç mekân içerisinde herhangi bir engelleyici nesne bulunmadığı ve iç mekân içerisindeki resmi odalara erişim izni kısıtlaması olmadığı kabul edilerek iki boyutlu ve çoğunlukla dar ve uzun bir koridordan oluşan iç mekân dikkate alınmıştır. Gelecek çalışmalarda iç mekân içerisindeki hareketi engelleyici nesnelere, izin kısıtları dikkate alınabilir ve önerilen yöntem kat seviyesi yerine katlar arası seviyeyi de destekleyen kapsamlı bir ağ modeli olarak 3B bir iç mekân içerisinde denenebilir.

## Teşekkür

YTÜ İnşaat Fakültesi'nin yapı bilgi modelinin oluşturulmasında kullanılan CAD formatındaki kat planları verilerini bizlere sağlayan YTÜ Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı'na teşekkürü bir borç biliriz.

## Yazar Katkısı

**Atakan Bilgili:** Fikir, Tasarım, Literatür taraması, Veri toplama ve işleme, Analiz ve yorumlama, Yazım, Makale değerlendirme. **Alper Şen:** Fikir, Tasarım, Literatür taraması, Analiz ve yorumlama, Denetleme, Yazım, Makale değerlendirme. **Melih Başaraner:** Fikir, Tasarım, Analiz ve yorumlama, Denetleme, Yazım, Makale değerlendirme.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, bu çalışmada bilinen ilgili herhangi bir finansal veya finansal olmayan çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## Kaynaklar

- Afyouni, I., Ray, C., & Christophe, C. (2012). Spatial models for context-aware indoor navigation systems: A survey. *Journal of Spatial Information Science*, 1(4), 85-123.
- Benedikt, M. L. (1979). To take hold of space: isovists and isovist fields. *Environment and Planning B: Planning and design*, 6(1), 47-65.
- Chen, A. Y., & Huang, T. (2015). Toward BIM-enabled decision making for in-building response missions. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 16(5), 2765-2773.
- Chen, J., & Clarke, K. C. (2020). Indoor cartography. *Cartography and Geographic Information Science*, 47(2), 95-109.
- Choi, J., & Lee, J. (2009). 3D geo-network for agent-based building evacuation simulation. In *3D geo-information sciences* (s. 283-299). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Dijkstra, E. W. (1959). A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische mathematik*, 1(1), 269-271.
- Fallah, N., Apostolopoulos, I., Bekris, K., & Folmer, E. (2013). Indoor human navigation systems: A survey. *Interacting with Computers*, 25(1), 21-33.
- Fisher, R. A. (1921). On the probable error of a coefficient of correlation deduced from a small sample. *Metron*, 1, 1-32.

- Giudice, N. A., Walton, L. A., & Worboys, M. (2010). The informatics of indoor and outdoor space: a research agenda. In *Proceedings of the 2nd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Indoor Spatial Awareness* (s. 47-53).
- Gunduz, M., Isikdag, U., & Basaraner, M. (2016). Trending Technologies for Indoor FM: Looking for "Geo" in Information. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 4.
- Isikdag, U., Zlatanova, S., & Underwood, J. (2013). A BIM-Oriented Model for supporting indoor navigation requirements. *Computers, Environment and Urban Systems*, 41, 112-123.
- Kneidl, A., Borrmann, A., & Hartmann, D. (2012). Generation and use of sparse navigation graphs for microscopic pedestrian simulation models. *Advanced Engineering Informatics*, 26(4), 669-680.
- Knöth, L., Mittlböck, M., Vockner, B., Andorfer, M., & Atzl, C. (2019). Buildings in GI: How to deal with building models in the GIS domain. *Transactions in GIS*, 23(3), 435-449.
- Koyuncu, H., & Yang, S. H. (2010). A survey of indoor positioning and object locating systems. *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, 10(5), 121-128.
- Kwan, M. P., & Lee, J. (2005). Emergency response after 9/11: the potential of real-time 3D GIS for quick emergency response in micro-spatial environments. *Computers, Environment and Urban Systems*, 29(2), 93-113.
- Lee, D. T. (1982). Medial axis transformation of a planar shape. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, (4), 363-369.
- Lee, J. (2004). A spatial access-oriented implementation of a 3-D GIS topological data model for urban entities. *GeoInformatica*, 8(3), 237-264.
- Lee, J. K., Eastman, C. M., Lee, J., Kannala, M., & Jeong, Y. S. (2010). Computing walking distances within buildings using the universal circulation network. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 37(4), 628-645.
- Li, D., & Lee, D. L. (2008). A lattice-based semantic location model for indoor navigation. In *The Ninth International Conference on Mobile Data Management (mdm 2008)* (s. 17-24). IEEE.
- Li, H., Chan, G., Wong, J. K. W., & Skitmore, M. (2016). Real-time locating systems applications in construction. *Automation in Construction*, 63, 37-47.
- Lin, W. Y., & Lin, P. H. (2018). Intelligent generation of indoor topology (i-GIT) for human indoor pathfinding based on IFC models and 3D GIS technology. *Automation in construction*, 94, 340-359.
- Liu, L., Li, B., Zlatanova, S., & van Oosterom, P. (2021). Indoor navigation supported by the Industry Foundation Classes (IFC): A survey. *Automation in Construction*, 121, 103436.
- Mast, V., Jian, C., & Zhekova, D. (2012). Elaborate descriptive information in indoor route instructions. In *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (Vol. 34, No. 34).
- Mortari, F., Zlatanova, S., Liu, L., & Clementini, E. (2014). Improved Geometric Network Model (IGNM): A novel approach for deriving connectivity graphs for indoor navigation. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 2(4).
- Müller, M., Ohm, C., Schwappach, F., & Ludwig, B. (2017). The path of least resistance: Calculating preference adapted routes for pedestrian navigation. *KI-Künstliche Intelligenz*, 31(2), 125-134.
- Ohm, C., Müller, M., & Ludwig, B. (2015). Displaying landmarks and the user's surroundings in indoor pedestrian navigation systems. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 7(5), 635-657.
- Pang, Y., Zhou, L., Lin, B., Lv, G., & Zhang, C. (2020). Generation of navigation networks for corridor spaces based on indoor visibility map. *International Journal of Geographical Information Science*, 34(1), 177-201.
- Park, J., Goldberg, D. W., & Hammond, T. (2020). A comparison of network model creation algorithms based on the quality of wayfinding results. *Transactions in GIS*, 24(3), 602-622.
- Puértolas Montañés, J. A., Mendoza Rodríguez, A., & Sanz Prieto, I. (2013). Smart indoor positioning/location and navigation: A lightweight approach. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 2(2), 43-50.
- Rüetschi, U. J., & Timpf, S. (2005). Modelling wayfinding in public transport: Network space and scene space. In *International Conference on Spatial Cognition* (s. 24-41). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Taneja, S., Akinci, B., Garrett, J. H., Soibelman, L., & East, B. (2011). Transforming IFC-based building layout information into a geometric topology network for indoor navigation assistance. In *Computing in Civil Engineering (2011)* (s. 315-322).
- Stoffel, E. P., Lorenz, B., & Ohlbach, H. J. (2007). Towards a semantic spatial model for pedestrian indoor navigation. In *International*

*conference on conceptual modeling* (s. 328-337). Springer, Berlin, Heidelberg.

Turner, A., Doxa, M., O'sullivan, D., & Penn, A. (2001). From isovists to visibility graphs: a methodology for the analysis of architectural space. *Environment and Planning B: Planning and design*, 28(1), 103-121.

Vanclooster, A., Vanhaeren, N., Viaene, P., Ooms, K., De Cock, L., Fack, V., ... & De Maeyer, P. (2019). Turn calculations for the indoor application of the fewest turns path algorithm. *International Journal of Geographical Information Science*, 33(11), 2284-2304.

Yang, L., & Worboys, M. (2015). Generation of navigation graphs for indoor space. *International Journal of Geographical Information Science*, 29(10), 1737-1756.

Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T. (2017). Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. *Engineering*, 3(5), 616-630.

Zlatanova, S., Liu, L., & Sithole, G. (2013). A conceptual framework of space subdivision for indoor navigation. In *Proceedings of the fifth ACM SIGSPATIAL international workshop on indoor spatial awareness* (s. 37-41).

Zlatanova, S., Liu, L., Sithole, G., Zhao, J., & Mortari, F. (2014). Space Subdivision for Indoor Applications; OTB Research Institute for the Built Environment. *Delft University of Technology: Delft, The Netherlands*.

URL-1: <https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/> (Erişim Tarihi: 25 Mayıs 2021).

## Tescil dışı alanların arsa düzenlemelerinde değerlendirilmesi

Murat Selim Çepni<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İzmit, Kocaeli, Türkiye.

**Öz:** Türk Medeni Kanunu (TMK) 715. maddesinde "Sahipsiz Yerler" olarak nitelenen alanlar, Kadastro Kanunu 16. maddesi uyarınca tescil ve sınırlandırma dışı tutulmuş, tescile konu olmaları halinde ise Kadastro Kanunu 22. maddesi uyarınca idari yoldan tescilleri öngörülmüştür. 3194 sayılı Kanun'un 18. maddesi uygulamalarında da tescil harici yerler ile karşılaşmakta olup 2020 tarihli Arazi ve Arsa Düzenlemeleri (AAD) Yönetmeliği'nde tescil harici alanların Hazine adına tescil edilerek düzenlemeye gireceği belirtilmiş ayrıca dağıtımlarına ilişkin esaslar tanımlanmıştır. Bununla birlikte TMK 999. maddesinde tescili gerekli bir aynı hak olmadıkça kütüğe kaydedilmeyecekleri ifade edilen bu yerlerin tescilini düzenleyen Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) 2013/11 sayılı genelgesine göre imar planı içerisinde kalmak aynı hakkın varlığı olarak değerlendirilmektedir. Oysa aynı hakların kaynağı imar planının varlığı değil düzenleyici işlem olan imar planının getirdiği kararlardır. Bu durumda da tescilin biçimi önemli ölçüde farklılaşmaktadır. Makale kapsamında öncelikle TKGM2013/11 genelgesindeki yaklaşımın tartışılması ve kavramların doğru tanımlanabilmeleri amaçlanmış, ana fikre dayalı görüş geliştirilmiştir. AAD Yönetmeliği kapsamında tescil harici alanların nasıl değerlendirilmeleri gerektiği de makale içerisinde yer almaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** Tescil harici alanlar, Arsa düzenlemeleri, İmar planı ve aynı haklar, TMK 715 ve TMK 999

### The evaluation of non-registered parts in the zoning plans and land readjustments

**Abstract:** The areas described as "un-owned" in 715th article of the Turkish Civil Code (TMK) are excluded from registration and restriction in accordance with 16th article of the Cadastre Law, and if they are subject to registration, they are required to be registered by administrative means in accordance with 22nd article of the Cadastre Law. While non-registered areas are also encountered in the Land Readjustment's article (18th) in the Zoning Law numbered 3194, in the regulation dated 2020 (LR Regulation), it is stated that non-registered areas are registered in the name of the Treasury, and the principles of their arrangement are defined. Moreover, the necessary condition for the registration of non-registered places is the existence of real rights according to 999th article of the Civil Code and the circular numbered 2013/11 of the General Directorate of Land Registry and Cadastre (TKGM) in which it is considered as being included in the zoning plan provides the registration-inducing real right provision. However, the source of real rights is not the existence of the zoning plan, but the decisions brought by the zoning plan, which is the regulatory action. In this case, the form of registration differs significantly. In this article it was aimed to discuss the opinions of TKGM2013/11 circular and to define the concepts correctly, and an approach based on main idea was developed. Besides, evaluation of the non-registered areas in land readjustments according to LR Regulation is also included in the article.

**Keywords:** Non-registered areas, Land readjustments, Zoning plans and real rights, 715th and 999th articles of the Turkish Civil Code

## 1. Giriş

İmar planı kararlarını mülkiyet ile somutlaştıran ara yüz işlemleri imar planı uygulama yöntemleri olarak bilinir. 3194 sayılı İmar Kanunu 18. maddesinde tanımlanan arsa düzenlemeleri ise imar planlarının asıl ve bütüncül uygulama yöntemidir (Köktürk & Köktürk, 2007). İmar Kanunu 18. maddesi uygulamalarında, düzenlemeye konu saha imar planında öngörülen fonksiyonlara dönüştürülürken, mülkiyet ilişkileri de bu yeni forma göre yeniden tescil edilir (Çepni & Akıncı, 2020). Toprak-iyelik ilişkilerinin yeniden biçimlendirilmesi sadece özel mülkiyete konu taşınmazlar için söz konusu değildir, kamuya ait taşınmazlar ve hatta daha önce tescilli olmayan arazi parçaları için de mülkiyet dokusunda değişimler gerçekleşir.

Kamuya ait taşınmazlar arsa düzenlemelerinde birden fazla nitelik altında karşımıza çıkmaktadır. Kamu hizmeti için iktisap edilmiş ve kamu kurum ve kuruluşları adına tescilli taşınmazlar uygulamada özel mülkiyete konu diğer maliklere benzer şekilde işlem görürken, Hazine adına kayıtlı taşınmazlara yönelik kanun maddesi ve onun uygulama yönetmeliğinde bazı gereklilikler getirilmiştir. İmar Kanunu 18. maddesinde düzenleme ortaklık payının (DOP) yasal sınırı aşması durumunda Hazine taşınmazları ve tescil harici alanların kullanılabilmesi belirtilmiş, aynı husus 22.02.2020 tarihli Arazi ve Arsa Düzenlemeleri (AAD) Hakkında Yönetmeliğin 15. maddesinde açıklanmıştır. Aynı yönetmeliğin 16, 17 ve 19. maddelerinde ise Hazine taşınmazlarına ait hisselerin tahsis işlemlerinde tamamlayıcı olarak kullanılabilmesine dair hükümler getirilmiştir.

Kamu malları içerisinde Maliye Hazinesi'ne ait olanlar sayısal olarak ağırlıktadır (İlhan, 2015) ve hemen her arsa düzenlemelerinde Hazine adına kayıtlı olan veya Hazine adına tescil edilmesi gereken taşınmazlar bulunmaktadır. Kamu taşınmazı olarak tescil görmüş taşınmazlara dair arsa düzenlemeleri içerisinde üzerinde durmayı hak eden ve aydınlatılmaya ihtiyaç duyulan konular olmakla birlikte esas belirsizlik tescil harici alanların düzenlemeye dahil edilmesinde yaşanmaktadır. AAD Yönetmeliği 34. maddesinde tescil harici alanların parselasyon planı ile birlikte tescilinin yapılabileceği belirtilmiş ancak tescile ilişkin bir detaya değinilmemiştir. Tescil harici alanların tescili için Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) sırası ile 1477 (1985), 1498 (1989), 1993/5 ve son olarak halen yürürlükte olan 2013/11 sayılı genelgelerini çıkararak tescil işlemlerine yön vermiştir.

Bahse konu tüm genelgelere hâkim görüş “*imar planları içerisinde kalan mera, yaylak, kışlak, harman yeri, seyrangah ve çayrlar ile tescil harici bırakılmış yerlerin tescili için Medeni Kanun'un 912. maddesindeki tescili muktazi aynı hak doğmuş olacağı...*” (URL-1) şeklindedir ve imar planı içerisinde yer almanın tescil gerektirici aynı hak oluşturması olarak özetlenebilir.

Gerçekten de Medeni Kanun'un 999. maddesinde (Mülga 912. madde) kamunun yararlanmasına ayrılmış taşınmazların tescili gerektirici bir aynı hak söz konusu olmadıkça tescil edilemeyeceği hükmü bulunmaktadır.

Bu makalede tescil harici yerler kamu taşınmazları kapsamında ele alınarak Medeni Kanun ve Kadastro Kanunu çerçevesinde açıklanmaya çalışılacak, daha sonrasında ise Medeni Kanun'daki tescil gerektirici aynı hak hükmüne konu olan aynı haklara değinilecektir. Bu bilgilerin ışığı altında tescil harici alanların tesciline ilişkin TKGM görüşü irdelenerek, TKGM 2013/11 genelgesindeki görüş tartışmaya açılacaktır.

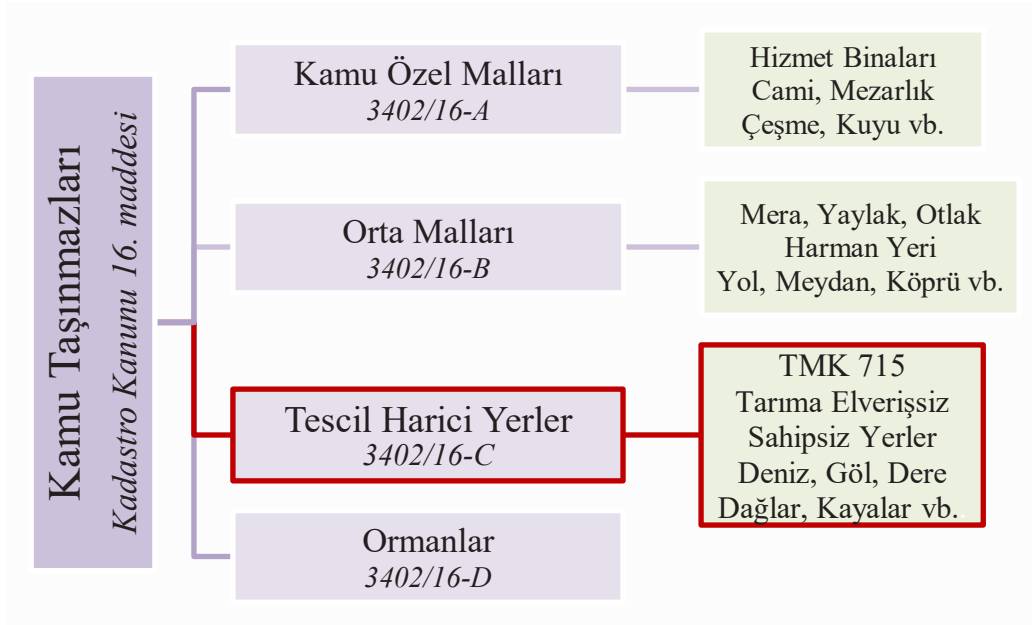
## 2. Kamuya Ait Taşınmazlar

Kamu malları gayrimenkul hukuku içerisinde en geniş anlamı ile özel mülkiyete konu olmayan taşınmazlar olarak kabul edilebilir (URL-2). Bu geniş tanıma göre kamu malı “*kamu tüzel kişilerinin sahip olduğu kamu hukukuna ya da özel hukuka tabi bütün malları*” ifade eder (Gözler, 2009). İdarelerin görev ve hizmet gereği ihtiyaç duyduğu taşınmazlar kamu malı



olarak ilk elde söylenirken (Tan, 2018), kamunun ortak yararlanmasına ayrılan alanlar ile tescile konu olmayan sahihsiz yerler de kamu malı tanımı içerisinde yer almaktadır.

Kamu malı veya kamu malı ifadesi yerine kullanılan diğer ifadelerdeki tanımlar sadeleştirildiğinde devlet-kamu malları, hazinenin özel mülkiyetindeki taşınmazlar ile devletin hüküm ve tasarrufu altındaki yerler başlıklarında bir toparlanmadan söz edilebilir (Koçpınar, 2015). Nitekim Kadastro Kanunu 16. maddesi kamu mallarını, kamu hizmetine ayrılan alanlar, orta malları (mera vb.) ve sahihsiz yerler olarak sınıflandırmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1: Kadastro Kanunu'na göre kamu taşınmazlarının sınıflandırılması ve tescil harici alanlar

Hizmet malları olarak nitelendirilen taşınmazlar kamusal hizmetleri sürdürülmesi için ayrılan alanlardır ve bu kamusal hizmetin tanımı pek çok durumda imar planlarındaki kamusal alanlar ile örtüşmektedir. Dolayısıyla, kamu hizmet mallarının arsa düzenlemelerinde değerlendirilmelerinde bu kamusal hizmet durumu dikkate alınmak durumundadır (Şimşek, 2013). AAD Yönetmeliği'nin 14(8), 16(4) ve 17(6) maddelerinde bu yaklaşıma uygun hükümler getirilmektedir.

Kamu orta malları kamunun kadim kullanımındaki taşınmazlardır ve en sık rastlanılan orta malı meralardır. Orta malları sınırlandırmaya tabi olmakla birlikte sınırlandırılmaları tescil niteliğinde değildir (Tan, 2018). 4342 sayılı Mera Kanunu uyarınca imar planları içerisinde kalan mera alanlarının kullanım amaçlarının değişmesi dolayısıyla plan kapsamına alınmadan önce Hazine adına tescillerinin yapılması öngörülmüştür. Mera ve diğer orta malları 2003 yılından önce imar planı içerisinde kalmak kaydıyla TKGM 2004/16 genelgesi kapsamında değerlendirilerek Hazine adına tescil edilir (URL-3).

Medeni Kanun'un 715. maddesinde belirtilen sahihsiz yerlerin tescile konu edilerek arsa düzenlemeleri kapsamında değerlendirilmesi ise bu makalenin konusunu oluşturmaktadır. "Kamu kurum ve kuruluşlarına ait yerlerin idari yoldan tescili" konulu TKGM 2013/11 sayılı genelgesine göre sahihsiz yerlerin idari yoldan tesciline yön verilmekte olup, bu noktada idari yoldan tescil işlemine kısaca değinilmesinde yarar bulunmaktadır.

### 3. Tespit Harici Bırakılmış Yerler ve İdari Yoldan Tescil

Kadastro çalışmaları sırasında Kadastro Kanunu 16(B) ve (C) maddeleri kapsamında kalan ve kamuya ait olduğu varsayılan taşınmazlar, çoğunlukla da çalışma alanı genel sınırı dışında tutulmak suretiyle tespit dışı tutulmuştur. Tespit dışı tutma işlemi

ise pek çok yargı kararı neticesinde bir kadastro faaliyeti olarak kabul görmüş ve zaman içerisinde yerleşik görüş haline gelmiştir (Koçpınar, 2015). Bu yargı içtihadına göre “*Tespit dışı bırakma işlemi taşınmazın geometrik durumu belirlenmediği cihetle bir tespit işlemi değilse de kadastro görevlilerince bir yerin tescile tabi olmadığına saptanması nedeniyle öncelikle bir kadastro işlemidir*” (Yargıtay Hukuk Dairesi Genel Kurulu K.1991/105).

Bu durumda daha önce tespit dışında tutulmuş yerlerin tescili açık bir şekilde Kadastro Kanunu 22. maddesi kapsamında bir işlemi temsil etmektedir. Kanunun 22. maddesi ikinci kez yapılan kadastroyu geçersiz saymakla birlikte, 2005 yılında yasa maddesine eklenen istisnalar arasında “*Tapulama veya kadastro çalışmalarında tespit dışı bırakılan kamu kurum ve kuruluşlarına ait yerlerin tescili yapılır*” hükmü bulunmaktadır. Ayrıca yine Kadastro Kanunu’na 2009 yılında eklenen Geçici 8. maddede de tespit dışı bırakılan kamu kurum ve kuruluşlarına ait yerlerin kadastronun yapılacağı belirtilmiştir.

Nitekim idari yoldan tescil işlemi düzenleyen 2013/11 sayılı genelgede idari işlem niteliği taşıyan tescilin Kadastro Kanunu 22/a maddesine dayanılarak yapıldığı belirtilmektedir.

Kadastro Kanunu içerisinde doğrudan bir atfı bulunmayan idari yoldan tescil işlemi -*konu ile ilgili 1955 tarihli ilk genelgeden itibaren* (Koçpınar, 2015)- TKGM genelgesi doğrultusunda yürütülmüş olup kurum içi görüş olarak uzun süre boyunca meri Kadastro Kanunu’nun 18. maddesi idari yoldan tescile dayanak olarak kabul edilmiştir (Çorbalı & Özmen, 1988).

Burada açık ve kesin olan ise idari tescilin bir kadastro işlemi olduğudur. İdari yoldan tescilin Kadastro Kanunu’nun 22/a ve/veya 18. maddelerine dayandırılması, tespit harici bırakılan yerlerle ilgili Kadastro Kanunu 16(C) maddesi ile Türk Medeni Kanunu (TMK) 715. maddesi hükümlerini ortadan kaldırmamaktadır.

Ayrıca bir kadastro çalışması olan idari yoldan tescil işleminde tüm yetki ve sorumlulukların Kadastro Kanunu kapsamında yerine getirilmesi gerektiğinin de altı çizilmelidir.

#### 4. Sahipsiz Yerlerin Tescile Konu Olması

Sahipsiz yerlerin tanımı TMK’nin 715. maddesinde yapılmaktadır; “Sahipsiz yerler ve yararı kamuya ait mallar” başlıklı maddede “*Sahipsiz yerler ile yararı kamuya ait mallar, Devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Aksi ispatlanmadıkça, yararı kamuya ait sular ile kayalar, tepeler, dağlar, buzullar gibi tarıma elverişli olmayan yerler ve bunlardan çıkan kaynaklar, kimsenin mülkiyetinde değildir ve hiçbir şekilde özel mülkiyete konu olamaz*” denilmiştir.

Benzer şekilde Kadastro Kanunu 16(C) maddesinde de “*devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan kayalar, tepeler, dağlar (bunlardan çıkan kaynaklar) gibi, tarıma elverişli olmayan sahipsiz yerler ile deniz, göl, nehir gibi genel sular tescil ve sınırlandırmaya tabi olmadığı*” belirtilmektedir.

Yasa maddelerinden anlaşılacağı üzere sahipsiz yerler tescili uygun görülmemiş ve tescil istisnai hallere bağlı bırakılmıştır. TMK’nin 999. maddesi ise bu hükmü pekiştirirken tescil gerektirici genel dışı durumu tanımlamıştır:

“*Kaydedilmeyecek taşınmazlar*

**Madde 999-** *Özel mülkiyete tâbi olmayan ve kamunun yararlanmasına ayrılan taşınmazlar, bunlara ilişkin tescili gerekli bir aynı hakkın kurulması söz konusu olmadıkça kütüğe kaydolunmaz*”.

Medeni Kanun hükmüne göre sahipsiz yerlerin tescile konu edilmesi ancak ve ancak tescili gerektiren bir aynı hakkın varlığı durumunda olanaklıdır. İdari yoldan tescili düzenleyen TKGM 2013/11 Genelgesi de tescili Kadastro Kanunu 22/a

maddesine dayandırmış, tescile konu aynı hakkı ise imar planı içerisinde yer almak olarak kabul etmiştir.

Makalenin ilgi noktası da sahipsiz yerlerin tescil işlemini düzenleyen genelge dahil TKGM birimlerinin tescile konu aynı hakkı salt imar planında yer almaya bağlayan mütalaadır (URL-4). Dolayısıyla konunun tartışılmasına katkı açısından aynı hak kavramına değinilmesi gereklidir.

#### 4.1 Aynı Hak Kavramı

Aynı hak, eşya (mal) üzerinde dolaysız hâkimiyeti sağlayan ve herkese karşı ileri sürülebilen hak olarak tanımlanır (Oğuzman & Barlas, 2013). Aynı hak, mevcut ve bireyselleştirilmiş eşya üzerinde kurulabileceğinden, aynı haklarda kesin kural belirsizliğe yer olmamasıdır (Benli, 2019).

Taşınmazlar için aynı hak tescil ile birlikte doğar. Yani aynı hakkın varlık kazanabilmesi için tapu sicilinde tescili gerekir ve tescil edilmiş olmakla aynı hak varlık kazanır. TMK 1008. maddesi tapu kütüğünde tescilin konusunu mülkiyet, irtifak hakları ve taşınmaz yükleri ile rehin hakları olarak belirlemiştir (Çepni, 2018). Medeni Kanun maddesinin tanımından da anlaşılacağı üzere tescilin konusunu aynı haklar oluşturmaktadır (Şekil 2).

<b>Türk Medeni Kanunu'nda (TMK) Tescilin Konusu</b>	Mülkiyet İrtifak Hakları ve Taşınmaz Yükleri Rehin Hakları	TMK 1008
---	--	----------

Şekil 2: TMK'de tescilin konusu

Aynı hakların taşınmaz mal üzerinde kurulması için tescil gerektiği gibi aynı hakkın tescili de ancak tescile konu bir taşınmazın varlığı ile söz konusu olabilir. Medeni Kanun'un 999. maddesinde işaret edilen husus da tam olarak budur. Bir aynı hakkın varlığı söz konusu olduğunda aynı hakkın tescili için taşınmazın tapu kütüğünde kaydı olması zorunluluk haline gelmektedir. Tersini söylemek de gerekirse, tescile konu aynı bir hak yok ise taşınmazın da tapu kütüğüne kaydolmasına gerek kalmamaktadır.

Aynı haklar hak sahibine sağladığı yetki açısından sınıflandırılır ve bu yetkinin tanımına göre isimlendirilir (URL-5; URL-6). Yetkinin kullanımındaki kısıtlılığa bağlı olarak tam ve sınırlı aynı hak olmak üzere iki kategori oluşur (Şekil 3). Tam aynı hak taşınmaz üzerindeki üç temel yetkinin (kullanma, yararlanma ve tasarruf etme) tümünü sağlayan hak mülkiyet hakkını ifade eder. Sınırlı aynı hak ise kullanma, yararlanma ve tasarruf etme yetkilerinden birini veya ikisini hak sahibine tanıyan, bu nedenle kapsamı mülkiyet hakkı nispetinde olmayan haklardır (Furunci, 2016). Sınırlı aynı haklar yetki türüne göre, irtifak hakları, rehin hakları ve taşınmaz yükü şeklinde isimler alır (URL-7).

Tam Aynı Hak	Mülkiyet	TMK 683-703
Sınırlı Aynı Hak	İrtifak Hakları Taşınmaz Yükü Rehin Hakkı	TMK 779-972

Şekil 3: Aynı haklar

Sınırlı aynı hakların kullanılması mülkiyet hakkını parçalamaz, sınırlı aynı hak mülkiyet üzerinde tesis edilir ve sınırlı aynı hakkın konusu mukabilinde mülkiyet hakkına sınırlama gelir (Benli, 2019; Özkan, 2015).

Mülkiyet Hakkı TMK 683. maddesinde tanımlanırken, Kanununun 683-703. maddeleri mülkiyet hakkı ile ilgili hükümlerden oluşur. Sınırlı ayni haklar ise TMK779-972 maddeleri arasında düzenlenmiştir (Özkan, 2015). TMK maddeleri incelendiğinde de ayni hakların; mülkiyet hakkı, irtifak hakları, rehin hakları ve taşınmaz yükleri olarak düzenlendiğini, tapu kütüğüne tescilin konusunun ayni haklar oldukları görülebilmektedir.

Ayni haklar sahipsiz yerlerin tescilini hüküm altına alan TMK 999. madde ile ilişkilendirilecek olursa; devletim hüküm ve tasarrufu altındaki sahipsiz yerlerin tapu kütüğüne kaydolması için belirsizlik içermeyecek şekilde mülkiyet, irtifak, rehin veya taşınmaz yükü haklarından en az birisinin varlığı gerekir.

## 4.2 İmar Planları ve Ayni Hak Nedenselliği

İmar planları, insan yerleşimlerini düzenlemek adına geliştirilen arazi kullanım tasarılarıdır (Çepni, 2021). Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği (MPYY) amaç maddesinde imar planlarının arazi kullanımı kararlarını getirdiği ifade edilmektedir. Planlamaya konu bölgeye hem genel kurallar getiren hem de kuralların uygulamasına ilişkin izlekleri barındıran imar planları idare hukukunda düzenleyici işlem olarak kabul edilirler (Tekinsoy, 2008).

Düzenleyici işlemler soyut, nesnel, genel ve sürekli kurallar koyucu işlemler olarak tanımlanır (Gençay, 2014; Gündüz, 2007; Giritli, Bilgen, & Akgüner, 1998). İmar planları da tüm düzenleyici işlemler gibi bu niteliklere haiz hükümler taşır ve düzenleyici bir işlem olarak her bir birim arazi parçası için yani parsel bazında arazi kullanım kararları verir. Bilindiği üzere imar planı tek bir tür arazi kullanımı kararından ibaret değildir ve planlama mevzuatı içerisinde tanımlı tüm mekânsal kullanımları planlama sahasında karara dönüştürebilir.

İmar planı içerisindeki her mekânsal kullanım kararı ayni hak kurulması gerekliliğini taşımaz. Zira ayni hakların kaynağı doğrudan imar planı değil düzenleyici işlem olan imar planı ile getirilen kullanım kararlarıdır. Bir diğer söyleyişle ayni hakların kaynağını imar planı içerisinde yer almak değil imar planının getirdiği arazi kullanımı kararları oluşturur. Yukarıdaki bölümde değinilen tam ve sınırlı ayni haklar düşünüldüğünde imar planının tümünde ayni hak varlığı kabulünün dayanaksız bir yorumlama olduğu belirtilmelidir.

Ayni hakların imar planı ile doğması söz konusu olduğunda ilk akla gelen tam ayni hak olan mülkiyet hakkıdır. Daha önce tescilli olmayan bir yer imar planının uygulanması ile mülkiyete konu hale gelmekte ise burada tescil gerektirici bir ayni haktan söz edilebilir. İmar planı içinde tam veya sınırlı ayni kurulmayacak kısımların ise bir ayni hak doğurması beklenemez, tersine imar planında bu tür kullanımlarda ancak başka bir ayni hakkın varlığı halinde tescil gereği doğar. Nitekim yaygın bir işlem olarak, sınırlı ayni haklardan olan irtifak hakkının korunması dolayısıyla imar planında yol, park gibi kullanımların sadece irtifaka konu kısımları tescil gerektirici hak mütalaası ile tescil edilmektedir.

Makalenin konusu doğrultusunda yeniden söylenecek olursa, daha önce tescil dışı bırakılmış olan TMK715 ve Kadastro Kanunu 16(C) kapsamındaki yerler imar planında tahsise konu bir alana dönüşüyorsa yani mülkiyete konu edilecek ise TMK 999. maddenin hükmü koşulu oluşur. Tespit harici bu yerlerde sınırlı ayni haklardan birisinin örneğin irtifak haklarının varlığı durumunda da yine tescil gerektirici hak doğmuş olur.

## 5. Tescil Harici Alanlar ve Arsa Düzenlemeleri

Arsa düzenlemelerinde düzenleme sahası içerisinde tescil harici alanların bulunması sıklıkla uygulayıcıların karşısına çıkan bir durumdur (Baz & Şimşek, 2020; URL-8; URL-9). 22.02.2020 tarihli AAD Yönetmeliği'nin 34. maddesinde tescil harici arazilerin tescilinin parselasyon planı ile aynı anda yapılabileceği, imar planı hazırlanması sırasında ilgili kurumlardan görüş

alınması dolayısıyla yeniden bir görüşe gerek kalmadan tescilin Hazine adına gerçekleştirileceği belirtilmiştir.

Konunun esas yönünden irdelenmesine geçilmezden önce, tescil yetkisinin kadaströ müdürlüklerinde olduğu, yapılan tescil işleminin kadaströ çalışması mahiyetinde olduğu ve Kadaströ Kanunu 22/a maddesi uyarınca yapılabileceğinin altının çizilmesinde yarar vardır. Yani yönetmelik maddesi arsa düzenlemesi sürecinde kadaströ çalışmasının yapılmasına dair düzenleyici bir hüküm tesis etmektedir.

Kadaströ Kanunu 16(C) maddesi kapsamına giren tespit dışı alanların, TKGM 2013/11 genelgesindeki talimatlar uyarınca ve Kadaströ Kanunu 22/a maddesine dayanılarak idari yoldan tescillerinin sağlandığı, genelgeye yön veren görüşe göre imar planı içerisinde kalan tespit dışı alanın tümüyle tescile konu edilebileceğinin öngörüldüğü yukarıdaki bölümlerde ifade edilmişti.

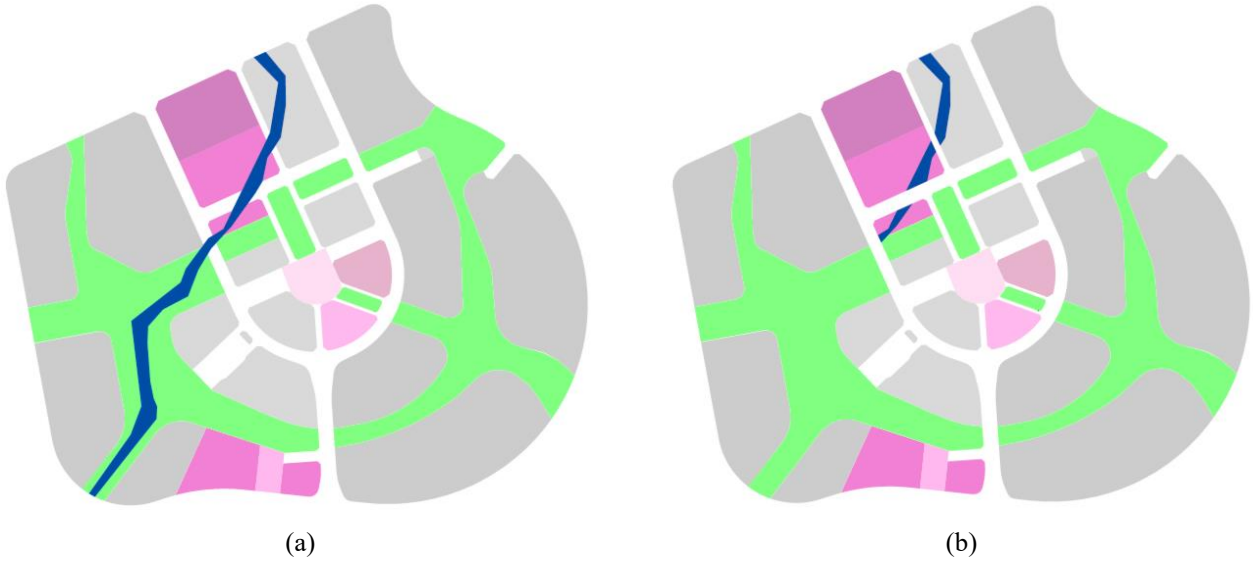
Bununla birlikte, sahipsiz yerlerin tescilinin gereğini doğuran aynı hakkın imar planının tümü için değil planın getirdiği arazi kullanım kararına göre belirli kısımları için var olduğu yine yukarıdaki bölümde açıklanmaya çalışılmıştır. Buna göre sınırlı aynı hakların varlığı uygulamalar özelinde ayrıca incelenmek üzere tam aynı hakkın kurulacağı yani mülkiyete konu olacak yerlerin tescili mümkün olabilecektir. Mülkiyete konu olmayan yerlerin tescilinin TMK 999. maddesine aykırılık teşkil edeceği açıktır.

Burada, düzenleme sahası içerisinde mülkiyete konu olan alanların sadece tahsise konu imar parselleri olmadığı, DOP ile elde edilen kamusal nitelikli alanların bir kısmının da tescilinin gerektiğine yani mülkiyet hakkının bu donatı alanları üzerinde de tesis edileceğine dikkat çekilmesi gerekmektedir.

AAD Yönetmeliğinin 14(2). maddesinde düzenleme sahasındaki kamu hizmet alanları tanımlanmış, 17(4-5) maddelerinde ise kamu hizmet alanlarından bazılarının ilgili kurum adına tescili öngörülmüştür. Dolayısıyla tespit dışı bırakılmış yerlerin idari yoldan tescili işleminin sadece tahsise konu yerlere rastlayan kısımlar için değil AAD Yönetmeliğince Belediye ya da Hazine adına tescil edilmesi öngörülen genel hizmet alanlarına rastlayan kısımlar içinde yapılması gerektiği düşünülmektedir.

Örnek bir uygulama için niteliğini kaybetmiş dere yatağı kullanılmıştır. Örneklendirmede, TKGM2013/11 Genelgesine göre tescil ve sadece aynı hak kurulabilecek kısımların tescili karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır.

Niteliğini kaybetmiş dere yatakları arsa düzenlemesinde karşılaşılan tespit dışı alanlara tipik ve yaygın bir örnektir. Hem nazım hem de uygulama imar planlarının yapımında, MPYY gereği, niteliğini kaybetmiş dere yataklarının vasfının değiştirilmesi için ilgili kurumların görüşleri alınmakta ve bu kısımlar farklı mekânsal kullanımlara açılabilir. Şekil 4'te niteliğini kaybetmiş bir dere yatağı özelinde idari yoldan tescil işlemine dair örneklendirme görülmektedir.



**Şekil 4:** (a) TKGM 2013/11'e göre idari tescil (b) aynı hak tanımına göre idari tescil (yeşil renk park niteliğini, gri renkler tahsise konu imar adalarını, mor tonları tescile konu donatı alanlarını, koyu mavi ise idari yolla tescil edilecek kapanan dere yatağını temsil etmektedir)

Şekil 4(a)'da kapanan dere yatağının TKGM2013/11'e göre düzenleme sahasındaki tüm alanı blok olarak tescil edilirken, Şekil 4(b)'de sadece tahsise konu imar adasına ve Belediye/Maliye Hazinesi adına tescil edilecek donatı alanına rastlayan kısımların tescili resmedilmiştir.

Niteliğini kaybederek kapanan dere yataklarının arsa düzenlemelerinde kadastral parsel vasfı ile uygulamaya girmesi uygulayıcılar ve diğer paydaşlar için sıkıntılı bir durumdur. Yerleşime elverişli olmayan şeritvari biçimli bu arazi parçalarından gelen tahsis miktarına karşılık yerinden tahsis haliyle söz konusu olmamakta, imar parseli normlarına uygun arsa temini ek güçlük anlamına gelmektedir. Ortada matematiksel olarak sorun görülmesi de zeminde hiçbir zaman var olmamış bir yeni paydaş için arsa tahsisi hem uygulayıcıyı zorlamakta hem de diğer maliklerin öncelikli tahsis alanlarında sıkışmalara yol açmaktadır.

Kuşkusuz bu durum belli bir ölçüde kaçınılmaz olmakla birlikte parselasyon planına giren tespit harici sahipsiz yerlerin idari tescilinin Şekil 4(b)'deki gibi aynı hak varlığı hükmü doğru yorumlanarak yapılması halinde diğer malikler ve uygulayıcılar üzerindeki külfeti azalacaktır.

AAD Yönetmeliği tescil dışı alanlar ve Maliye Hazinesi'ne ait taşınmazlar için tahsis işlemine yönelik hükümler de kurmuştur. Yönetmeliğin 15(1) maddesi DOP oranının yasal sınırı aşması durumunda eksik kalan kamusal alanları elde etmede ilk önce tescil dışı alanların kullanılması gerektiğini belirtmektedir. Yönetmeliğin 16(1)(a) maddesinde üzerindeki yapılar dolayısıyla DOP alınmasında sıkıntı olan imar parsellerinde Hazine taşınmazlarından tamamlayıcı hisse kullanılabilceğini ifade etmiştir. Yine Yönetmeliğin 17(1)(c) maddesinde korunabilecek yapıların müstakil parselde kalması için Hazine hisselerinin tamamlayıcı olarak kullanılabilceği açıklanmış, 19(4)(a)(1) maddesinde ise kat mülkiyetine konu parsellerde tescil dışı alanlarda Maliye hisselerinin kullanılması zorunlu tutulmuştur.

AAD Yönetmeliği'nin yukarıda zikredilen hükümleri, uygulayıcıların tahsis sorunu çözmeye ihtiyaç duydukları kamu hisselerinin başta tescil dışı alanlar olmak üzere Belediye/Valilik ve Hazine taşınmazlarından edinilebileceği şeklinde düzenleme getirmiştir. Arsa düzenlemelerinde paydaşların tahsise dayanan memnuniyetsizlikleri idari yargıya en çok taşınan konulardan bir tanesidir (Pamuk & Demir, 2017; Şimşek & Uzun, 2018). AAD Yönetmeliği'nin kamu hisselerinin tahsiste kullanımı yönündeki hükümlerinin ise bahsedilen uyuşmazlıkların giderilmesinde ciddi katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## 6. Sonuçlar ve Tartışma

TMK 715. maddesinde tanımlanan ve Kadastro Kanunu 16(C) maddesine göre tespit dışı bırakılan sahipsiz yerlerin, imar planı uygulamalarında düzenleme sınırı içerisinde kalmaları halinde idari yoldan Hazine adına tescil edilerek arsa düzenlemesine dâhil edilmeleri mümkündür. Ancak idari yoldan yapılan bu tescil işleminin TMK 999. maddesindeki aynı hak varlığı hükmüne uygun olması gerekir. TKGM 2013/11 genelgesinde imar planı içerisinde kalmak aynı hakların kaynağı görülmüş ise de imar planının tümü için aynı hak varlığından söz edilemez. Düzenleme sınırı içerisindeki tespit harici yerlerin sadece tam aynı hak kurulacak yani özel veya kamu mülkiyetine tahsis edilecek kısımlarının tescili yapılmalıdır. Aksi durum TMK'ye açık aykırılık anlamına gelmektedir. Hazine adına tescil edilen bu kısımların da arsa düzenlemesinde tamamlayıcı hisse olarak kullanılmalarda mevzuat açısından bir engel yoktur. Bu yöndeki uygulama tercihleri idarelerin eksikliğini fazlasıyla hissettiği çözümleyici kamu hissesi gereksinimine anlamlı düzeyde yarar sağlayacaktır.

Son söz olarak, yukarıdaki bölümlerde yapılan tespit ve irdelemeler ışığında erişilen bulgu ve görüşleri aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür:

- Kadastro Kanunu 16(C) maddesi kapsamına giren tespit dışı arazilerin, Kadastro Kanunu 22/a maddesi uyarınca idari yoldan tescili sağlanmaktadır.
- Ancak TMK 999. maddesinde işaret edilen tescil doğurucu aynı haklar, TKGM 2013/11 genelgesinde ileri sürdüğü üzere imar planının tümü için değil sadece mülkiyetin veya sınırlı aynı hakların tesis edileceği yerlerde söz konusudur.
- Dolayısıyla AAD Yönetmeliği 34. maddesinde ifade edilen tescilin sadece mülkiyete konu alanlara denk gelen kısımlar için yapılması gerekmektedir.
- Bu şekilde idari yolla tescil edilen kısımların Hazine adına imar parseli oluşturmada kullanılması gerektiği gibi pek çok durumda doğru da olmayacaktır.
- Tescil harici alanlar başta olmak üzere herhangi bir kamu hizmetine ayrılmamış kamu hisselerinin imar uygulaması kapsamında tamamlayıcı/sorun çözücü kamu hisseleri olarak kullanılmasında bir sakınca olmadığı gibi bazı durumlarda zorunluluk olarak tanımlanmıştır.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Yazar, bu çalışmada bilinen ilgili herhangi bir finansal veya finansal olmayan çıkar çatışması olmadığını beyan eder.





## Kaynaklar

- Baz, İ., & Şimşek, S. (2020). Hazine taşınmazlarında imar uygulamaları kaynaklı sorunlar ve çözüm önerileri. *Adalet Dergisi*, 64, 269-296.
- Benli, E. (2019). Aynı haklarda belirlilik ilkesinin istisnaları. *Marmara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Hukuk Araştırmaları Dergisi*. 25(1), 277-298.
- Çepni, M. S. (2018). Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, İmar Eğitimi Notları, Kocaeli.
- Çepni, M. S., & Akıncı, M. (2020). Şekillenmeyen hamur: İmar mevzuatındaki değişiklikler için bazı tespitler. *Mahalli İdareler Dergisi*, 94(220).
- Çepni, M. S. (2021). İmar Yasası 18. maddesinde değişiklikler ve idare hukuku açısından olası sorunlar: Eşdeğer tahsis ve hisse çözümleme. *İzmir Barosu Dergisi*, 2021(1).
- Çorbacı, H., & Özmen, İ. (1988). *3402 Sayılı Kadastro Kanunu Şerhi*. Feryal Matbaacılık, Ankara.

- Furunci, S. K. (2016). Sınırlı aynı haklar arasında sıra ilişkisi. *İstanbul Üniversitesi Hukuk Fakültesi Mecmuası*, 74(2), 773-806.
- Gençay, F. D. S. (2014). Adsız düzenleyici işlemlerin normlar hiyerarşisindeki yeri. *Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 63(2), 397-417.
- Giritli, İ., Bilgen, P., & Akgüner, T. (1998). *İdare Hukuku*. Der Yayınları, İstanbul.
- Gündüz, F. E. (2007). Yürütmenin düzenleyici işlemleri ve yargısal denetimleri. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 11(1), 753-776.
- Gözler, K. (2009). *İdare Hukuku - Cilt II*. Ekin Yayınları, Bursa.
- İlhan, H. (2015). Mülkiyeti Maliye Hazinesine Ait Taşınmazlar Satılmalı mı? Konut Politikası Açısından Karşılaştırma (Erzurum Örneği). *15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- Koçpınar, T. (2015). *Tapulama ve Kadastro Çalışmalarında Tescil Harici Kalan Yerlerin Tescili ve Ekonomiye Kazandırılması* (İnceleme-Araştırma Tezi). TKGM Teftiş Kurulu Başkanlığı, Ankara.
- Köktürk, E., & Köktürk E. (2007). Arsa Düzenlemelerinin Hukuksal Dayanağı. *Türkiye Barolar Birliği Dergisi*, 70, 260-283.
- Oğuzman, M. K., & Barlas, N. (2013). *Medeni Hukuk*, (s. 142). Vedat Kitapçılık, İstanbul.
- Özkan, H. (2015). *Sınırlı Aynı Haklar Cilt 6 (TMY. Md.779-972)*. Legal Yayıncılık, İstanbul.
- Pamuk, H., & Demir, H. (2017). Türkiye’de Arazi ve Arsa Düzenlemelerinin İptal Nedenleri. *16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- Şimşek, S. (2013). Kamu Malları Teorisi Açısından Arazi ve Arsa Düzenlemesi İşlemleri Yargıtay ve Danıştay Kararları Işığında Bir Değerlendirme. *Adalet Dergisi*, 46, 242-273.
- Şimşek, N. Ç., & Uzun B. (2018). İptale Konu İmar Planı Uygulamalarında Geri Dönüş İşleminin İrdelenmesi. *Türkiye Adalet Akademisi Dergisi*, 33, 709-720.
- Tan, T. (2018). *İdare Hukuku* (7.baskı), (s. 545), Turhan Yayınevi, Ankara.
- Tekinsoy, M. İ. (2008). İmar Planlarının Hukuksal Niteliği, İmar Planı İptalinin Bu Plana Dayanılarak Verilmiş Ruhsatlar Üzerindeki Etkisi. *Ankara Barosu Dergisi*, 2, 46-56.
- URL-1: Mülkiyet, Tapu-Kadastro-İmar-Orman, <http://tapu-kadastro.net/index.php/mevzuat/genelgeler/108-1477-sayili-genelge> (Erişim Tarihi: 17 Ekim 2021).
- URL-2: Kamu Malları, <https://cdn.istanbul.edu.tr/statics/idarehukuku-hukuk.istanbul.edu.tr/wp-content/uploads/2017/03/KAMU-MALLARI-kavramlar.pdf> (Erişim Tarihi: 17 Ekim 2021).
- URL-3: Koçak, H., Mera Çalışmaları, <http://www.imarkadastro.com/?page=icerik&file=detay&id=74> (Erişim Tarihi: 17 Ekim 2021).
- URL-4: Koçak, H., Hazine Malları ve İmar Uygulaması, <http://tapu-kadastro.net/index.php/makaleler/imar/307-hazine-mallari-ve-imar-uygulamasi> (Erişim Tarihi: 17 Ekim 2021).
- URL-5: Sınırlı Aynı Haklar, [avys.omu.edu.tr/storage/app/public/zeynep.ozcan/72635/SINIRLI%20AYN%C4%B0%20HAKLAR.pdf](http://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/zeynep.ozcan/72635/SINIRLI%20AYN%C4%B0%20HAKLAR.pdf) (Erişim Tarihi: 17 Ekim 2021).
- URL-6: Aynı Hak Kavramı-1, <https://acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/view.php?id=98037> (Erişim Tarihi: 17 Ekim 2021).
- URL-7: Aynı Hak Kavramı-2, <https://acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/view.php?id=65724> (Erişim Tarihi: 17 Ekim 2021).
- URL-8: Şimşek, S., <https://gayrimenkulmevzuati.com/son-yapilan-duzenlemelere-gore-tescil-harici-alanlarin-parselasyon-islemlerinde-durumu/> (Erişim Tarihi: 17 Ekim 2021).
- URL-9: Koçak, H., [http://www.imarkadastro.com/userfiles/file/Makale\\_13.pdf](http://www.imarkadastro.com/userfiles/file/Makale_13.pdf) (Erişim Tarihi: 17 Ekim 2021).



## Fotogrametrik nokta bulutu verisinin makine öğrenmesi ile sınıflandırılması

Muhammed Enes Atik<sup>1\*</sup> , Ömercan Güngör<sup>1</sup> , Engin Keskin<sup>1</sup> , Zaide Duran<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Istanbul Teknik Üniversitesi, Ayazağa Kampüsü, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Sarıyer, İstanbul, Türkiye.

**Öz:** Günümüzde bilim ve teknolojinin gelişmesi sayesinde üç boyutlu yeryüzü gerçekliği modellenen yeni bir sayfa açılmıştır. Özellikle fotogrametrik yöntemlerin gelişmesi ile nokta bulutları birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Veri boyutlarının büyümesi ve kullanım alanlarının yaygınlaşması ile nokta bulutlarından bilgi çıkarımı önemli hale gelmiştir. Nokta bulutu verileri çok sayıda noktadan oluştuğundan dolayı bu verilerin sınıflandırılması için öğrenme temelli yaklaşımlar kullanılmaya başlanmıştır. Sınıflandırma işlemi için öğrenme temelli yaklaşımlar kullanıldığında, nokta bulutunda yer alan objelerin birbirinden ayırt edilebilirliği artmakta ve model üzerinden yapılacak çalışmalar için kolaylık ve güvenilirlik sağlamaktadır. Karmaşık yapıdaki verinin çözümlenmesi için güçlü matematiksel algoritmalara sahip olan makine öğrenimi kullanımı ilk sıralarda gelmektedir. Bu çalışma kapsamında İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Kampüsü içerisinde belirlenen bölgeye ait insansız hava aracı fotoğrafları kullanılarak nokta bulutu verisi üretilmiş ve dört sınıfa (bina, ağaç, araç ve yer seviyesi objeleri) göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma işlemi, makine öğrenmesi algoritmalarından Rastgele Orman (RO) ve Çoklu Katman Algılayıcı (ÇKA) algoritmaları kullanılarak yapılmıştır. Kullanılan bu iki farklı algoritmadan RO algoritması ile genel doğruluk %78.54, ÇKA algoritması ile genel doğruluk %89.88 oranında elde edilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Fotogrametri, Nokta bulutu, Makine öğrenmesi, İnsansız hava aracı, Doğruluk analizi

### Classification of photogrammetric point cloud data with machine learning

**Abstract:** Today, thanks to the development of science and technology, the three-dimensional earth reality has been modeled and a new page has been opened in map production. Especially with the development of photogrammetric methods, point clouds have started to be used in many areas. Extraction of information from point clouds has become important with the growth of data sizes and the spread of usage areas. Since point cloud data consists of a large number of points, learning-based approaches have been used to classify these data. When learning-based approaches are used for the classification process, the distinguishability of the objects in the point cloud from each other increases and provides convenience and reliability for studies. The usage of machine learning, which has powerful mathematical algorithms, comes first in order to analyze complex data. Within the scope of this study, point cloud data was produced by using aerial photographs taken from unmanned aerial vehicle of the region determined in Istanbul Technical University Ayazağa Campus and classified according to four classes (building, tree, vehicle and ground level objects). This classification process has been done by using Random Forest (RF) and Multi-Layer Perceptron (MLP) algorithms from machine learning algorithms. The overall accuracy was 78.54% with the RF algorithm, and 89.88% with the MLP algorithm.

**Keywords:** Photogrammetry, Point cloud, Machine learning, Unmanned aerial vehicle, Accuracy assessment

\* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Tel: +90 212 285 7202

Geliş Tarihi/Received: 29.05.2021  
Kabul Tarihi/Accepted: 25.10.2021



0000-0003-2273-7751, atikm@itu.edu.tr (Atik M.E.)\*  
0000-0001-5041-4293, gungor15@itu.edu.tr (Güngör Ö.)  
0000-0002-9407-6537, keskinen@itu.edu.tr (Keskin E.)  
0000-0002-1608-0119, duranza@itu.edu.tr (Duran Z.)

## 1. Giriş

Üç boyutlu (3B) nokta bulutlarının artan kullanım alanları; 3B veriden bilgi çıkarımı, fotogrametri, uzaktan algılama, bilgisayarla görme ve robotikte önemli bir çalışma alanı haline gelmiştir. Lazer tarayıcılar, Lidar, hava fotoğrafları gibi yöntemlerle üretilen nokta bulutları bu çalışmalarda artık sıklıkla kullanılmaktadır. Nokta bulutları, iki boyutlu (2B) görüntülere kıyasla 3B yapısı nedeniyle arazi kullanımı arazi örtüsü uygulamaları (Donmez & Ipbuker, 2018) için de zengin geometrik bilgiler sağlar. Nokta bulutları büyük veri setleri olduğundan dolayı bunları işleyip, analiz etmek ve üzerinde çalışmalar yürütmek hem zorlu bir süreçtir hem de uzun zaman almaktadır. Geleneksel olarak, nokta bulutu sınıflandırması, her sınıf için noktaları ayırt etmek üzere bir dizi ayırıcı kural tanımlamaya dayanır (Lin, Chen, Su, & Chen, 2014). Her ne kadar ayırıcı kurallar kontrollü ortamlar için etkili olsa da yöntemler sınıflar arasında çok fazla belirsizlik ve karmaşık ilişkiler içeren karmaşık verilerle uğraşırken hala doğal sınırlamalara sahiptir. Bu nedenle, bu karmaşık veriler için nokta bulutu sınıflandırması, basit karar kuralları birleştirilerek ele alınamaz. Makine öğrenmesi, 2B optik görüntülerdeki ve 3B nokta bulutlarındaki karmaşık içeriği sınıflandırmak için kullanılabilir güçlü bir matematiksel araçtır. Son zamanlarda, bazı araştırmacılar, ayırım bulutunu kullanarak sınıflandırma eksikliklerinin üstesinden gelmek için nokta bulutunu sınıflandırmak için Destek Vektör Makinesi (DVM) ve Rastgele Ormanlar (RO) gibi yerel olarak bağımsız sınıflandırıcıları kullanmışlardır. Makine öğrenme algoritmalarında, sınıflandırma kuralları, önceden belirlenmiş keyfi kurallar ve güçlü varsayımlara dayanan parametreler olarak tanımlanmak yerine, eğitim verileri kullanılarak otomatik olarak öğrenilir. Makine öğrenimi ve otomatik özellik seçimi sayesinde, geleneksel bir sınıflandırma metodolojisinde bulunan zahmetli tasarım ve programlama çalışmalarının çoğundan kaçınılır. Bu nedenle, birden fazla nesne türünden oluşan karmaşık veriler için, makine öğrenme yöntemleri, etkinliklerinden dolayı geleneksel sınıflandırma yöntemlerinden daha elverişlidir (Guo, Huang, Zhang, & Sohn, 2015).

Bu çalışmada insansız hava aracı (İHA) fotoğraflarından üretilen fotogrametrik nokta bulutunun makine öğrenmesi yöntemleri ile sınıflandırılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda yapılan işlem adımları, çalışma bölgesinde bulunan nesnelere 4 sınıf (bina, ağaç, araç ve yer seviyesi nesnelere (YSN)) altında toplanması, bu sınıflara ait test ve eğitim verilerinin belirlenmesi, eğitim verileri kullanılarak eğitilen makine öğrenmesi modelleriyle test verilerinin sınıflandırılması olacaktır. Çalışma bölgesi olarak İstanbul Teknik Üniversitesi Maslak Kampüsü İnşaat Fakültesi ve çevresi belirlenmiştir. Sınıflandırma amacıyla Rastgele Orman (RO) ve Çoklu Katman Algılayıcı (ÇKA) algoritmaları kullanılmıştır. Çalışmada noktaları tanımlamak için geometrik özellikler kullanılmıştır. Belirlenen geometrik özellikler; özdeğerlerin toplamı, omnivaryans, özentropi, anisotropi, düzlemsellik, yüzey değişimi, küresellik, dikeylik olarak seçilmiştir. Her sınıf için kesinlik, hassasiyet F1 skor ve doğruluk değerleri de hesaplanmıştır. Uygulamayı gerçekleştirmek için Python programlama dili ve açık kaynak kodlu Cloud Compare yazılımı kullanılmıştır.

## 2. İlgili Çalışmalar

Nokta bulutundaki her noktaya ayrı ayrı etiketler atamak için genellikle denetimli öğrenme yaklaşımları seçilebilir. Literatürde nokta bulutlarının sınıflandırılması için özelliklerin kullanılmasına dair çalışmalar mevcuttur. Weinmann, Jutzi, Hinz ve Mallet (2015) tarafından yapılan kapsamlı çalışmada nokta bulutu sınıflandırması için farklı özelliklerin kullanımı, en uygun komşuluk seçimi ve farklı sınıflandırıcılar incelenmiştir. Çalışmada üretilen özellikler sadece nokta bulutuna bağlı özelliklerdir. Veri seti olarak mobil lazer tarama verisi olan Oakland 3D Point Cloud Dataset ve yine aynı tür bir veri olan Paris-rue-Lille Database kullanılmıştır. Değerlendirme sonucunda RO en etkili sınıflandırıcı olmuştur. Oakland veri setinde genel doğruluk %92.25 elde edilmiştir. Vosselman, Coenen ve Rottensteiner (2017) tarafından yapılan çalışmada 19 tane özellik kullanılmıştır. Özelliklerin hepsi nokta bulutunda elde edilmiş 3B özelliklerdir. Önerilen yöntemde nokta bulutu belirli

gruplara ayırılıp sınıflandırma yapılmıştır. Veri seti olarak Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği'nin (International Society of Photogrammetry and Remote Sensing, ISPRS) Vaihingen ve Rotterdam veri setleri kullanılmıştır. Sınıflandırma yöntemi olarak da Koşullu Rastgele Alan algoritması kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda nokta tabanlı sınıflandırmaya göre, grup tabanlı sınıflandırma daha iyi sonuçlar vermiştir. Rotterdam veri setinde %91, Vaihingen veri setinde %89 doğruluk elde edilmiştir. [Belgiu, Tomljenovic, Lampoltshammer, Blaschke ve Höfle \(2014\)](#) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise nokta bulutundan bina tespiti yapılmıştır. Bu amaçla kullanılan sınıflandırıcı RO algoritmasıdır. Binalar; küçük binalar, apartmanlar ve endüstriyel binalar olmak üzere 3 sınıfta incelenmiştir. Nokta bulutunda üretilen özellikler kullanılarak sınıflandırıcı eğitilmiştir. Elde edilen özellikler daha çok yükseklikle ilgili özelliklerdir. Kullanılan nokta bulutunun yoğunluğu metrekaresine başına 4.8 noktadır. 45 örnek kullanılarak eğitim gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak küçük binalar için %98'lik doğruluk elde edilmiştir. Apartman tarzı yüksek yapılar için %74, endüstriyel yapılar için %51'lik doğruluk oranına ulaşılmıştır. [Guo vd. \(2015\)](#) tarafından yapılan çalışmada ise nokta bulutu JointBoost isimli topluluk öğrenmesi yapan bir algoritma ile sınıflandırılmıştır. Topluluk öğrenmesi birden fazla zayıf sınıflandırıcıyı birleştirerek güçlü bir sınıflandırıcı oluşturulmasını amaçlar. Söz konusu çalışmada 5 sınıf hedeflenmiştir: bina, arazi, bitki, enerji hattı ve enerji hattı direkleri. Her bir nokta için nokta bulutundan 26 özellik belirlenmiştir. İlk sınıflandırma için en etkili 17 özellik belirlenmiştir. Kullanılan nokta bulutu metrekaresine başına 60 noktalık yüksek bir yoğunluğa sahiptir. Yapılan sınıflandırma iki aşamaya sahiptir. İlk aşamada JointBoost yöntemi ile sınıflandırma yapılmaktadır. Sonraki aşamada ise güvenilir olmayan veya yanlış sınıflandırılmış noktalar tekrar sınıflandırılır. Bu aşamada k-en yakın komşu yöntemi kullanılır. Böylece sınıflandırma sonucunda iyileşme sağlanmıştır. Sınıflandırma sonucu 500 bin ve 5 milyon noktaya sahip iki farklı bölgede elde edilmiştir. İlk bölgedeki doğruluk %97.48, ikinci bölgedeki doğruluk %95.03 olarak gerçekleşmiştir. [Li, Cheng, W. Chen ve G. Chen \(2015\)](#)'te yapılan çalışmada nokta bulutunda heyelan bölgeleri tespit edilmiştir. Bu amaçla nokta bulutunda üretilen Sayısal Arazi Modeli (SAM) ve hava fotoğrafları kullanılmıştır. İlk olarak SAM üzerinden eğim gradyanı, plan eğriliği, pürüzlülük, açıklık ve gökyüzü görünümü faktörü gibi piksel tabanlı toplam 52 özellik belirlenmiştir. Sonrasında bu özellikler Nesne Tabanlı Görüntü Analizi ile belirlenen nesnelere aktarılmıştır. Özellik sayısı çok fazla olduğu için sınıflandırmadan önce özellik seçimi yapılmıştır. Bu amaçla RO tabanlı bir nesne seçim algoritması kullanılmıştır. Çalışmada sınıflandırıcı olarak Rastgele Orman ve DVM algoritmaları kullanılmıştır. Doğruluklar RO için %77.36 ve DVM için %76.87 olarak elde edilmiştir. [Plaza-Leiva, Gomez-Ruiz, Mandow ve Garcia-Cerezo \(2017\)](#) tarafından yapılan çalışmada ise kovaryans analizinden elde edilen mekânsal şekil özelliklerinin denetimli öğrenme sınıflandırmasının hem hesaplama yükü hem de doğruluğunda etkinliğinin geliştirilmesine odaklanmaktadır. Bu amaçla nokta bulutundan her bir nokta için özdeğerler hesaplanmıştır. Sınıflandırmada şehir yapıları, doğal bitki örtüsü ve yapay bitki örtüsü olmak üzere üç sınıf üzerine yoğunlaşmıştır. 4 farklı denetimli öğrenme algoritması karşılaştırılmıştır: DVM, yapay sinir ağı, Gauss işlemi, Gauss karışım modelleri. Yapılan çalışma neticesinde DVM için %53, yapay sinir ağı için %84, Gauss işlemi için %82 ve Gauss karışım modelleri için %95 doğruluk elde edilmiştir. [Cabo, Ordóñez, Sánchez-Lasheras, Roca-Pardiñas ve de Cos-Juez \(2019\)](#) tarafından yapılan çalışmada yerleşim bölgelerinde ve ormanlık bölgelerde denetimli sınıflandırma ile sınıflandırma yapılmıştır. Çalışmada nokta bulutundan doğrusallık, düzlemsellik, küresellik, yataylık ve yükseklik değişimi olmak üzere 5 adet geometrik özellik kullanılmıştır. Sınıflandırma algoritmaları olarak DVM, RO, lojistik regresyon ve lineer diskriminant analiz seçilmiştir. Farklı komşuluk çapları kullanılarak yapılan sınıflandırmalar neticesinde yerleşim alanı için yaklaşık %80, ormanlık alan için yaklaşık %93'lük bir doğruluk elde edilmiştir. En başarılı algoritma olarak RO algoritması ön plana çıkmıştır. Yapılan çalışma incelendiğinde sadece nokta bulutunda elde edilen geometrik özellikler kullanılmıştır. [Becker, Rosinskaya, Hani, d'Angelo ve Strecha \(2018\)](#) tarafından yayımlanan diğer bir çalışmada ise geometrik özellikler kullanılarak nokta bulutlarının denetimli sınıflandırması yapılmıştır. Çalışmada 15 tane geometrik özellik yanında noktaların renk bilgisini de içeren 4 farklı veri seti kullanılmıştır. Sınıflandırıcı algoritma olarak RO ve Gradyan Artıran Ağaçlar seçilmiştir. Sınıflandırma sonucunda hedeflenen sınıflar yer, yüksek bitkiler, yol, araba, bina ve insan yapımı nesnelere aittir.

Eğitim ve test amacıyla fotogrametrik nokta bulutu kullanılmıştır. Çalışma neticesinde elde edilen doğruluk sadece geometrik özellikler için ortalama %50, renk bilgisi eklendiğinde ise %70'lere ulaşmaktadır. [Atik, Duran ve Seker \(2021\)](#) tarafından geometrik özellikleri kullanan sekiz kontrollü makine öğrenimi yönteminin performansı üzerine kapsamlı bir çalışma yayınlanmıştır. Çalışmada farklı ölçeklerde elde edilen destek alanının sınıflandırma doğruluğuna etkisiyle birlikte geometrik özelliklerin önemi verilere ve ölçüğe göre incelenmiştir. Çalışmada Lidar ile elde edilen Dublin City, Oakland3D ve Vaihingen veri setleri kullanılmıştır. [Atik ve Duran \(2021\)](#) tarafından yapılan diğer bir çalışmada, popüler tekrarlayan sinir ağı algoritmaları LSTM ve BiLSTM ile fotogrametrik nokta bulutu sınıflandırması yapılmıştır. Çalışma, önerilen yeni bir fotogrametrik veri seti üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırmada sadece geometrik özellikler değil, renk bilgisi de kullanılmıştır. Böylece renk bilgisinin sınıflandırmaya etkisi de incelenmiştir.

Bu çalışmada yeni bir fotogrametrik veri seti oluşturularak makine öğrenmesi algoritmaları ile nokta bulutu sınıflandırması yapılmıştır. Literatürdeki çalışmalarda çoğunlukla Lidar ile elde edilen nokta bulutları kullanılmıştır. Fotogrametrik veriler yoğun ve Lidar nokta bulutlarına göre daha gürültülü oldukları için etiketli veri oluşturmak emek-yoğun bir süreç gerektirmektedir. Diğer bir önemli nokta fotogrametrik nokta bulutları görüntülere uygulanan ileri işleme adımları ile elde edildiği için Lidar kadar kolay elde edilememektedir. Genellikle çalışmaların Lidar üzerine yoğunlaşmasının temel sebepleri bu şekilde açıklanabilir. Ancak fotogrametrik nokta bulutlarının artan kullanımı ile sınıflandırma açısından değerlendirilmeleri gerektiği açıktır. Fotogrametrik nokta bulutlarının Lidar nokta bulutlarına göre daha yoğun yapıya sahip olması, arazi üzerindeki nesnelere ve yüzeylere daha iyi tanımlanmasını sağlamaktadır. Fotogrametrik veriler ile yapılan çalışmaların kısıtlılığı göz önüne alındığında çalışma önemli bir özgün değere sahiptir. Ayrıca Türkçe literatüre de önemli bir katkı sunulmaktadır. Literatürdeki fotogrametrik nokta bulutları ile yapılan çalışmalarında veriler paylaşılmadığı ve gerçek bir verinin kullanılması amaçlandığı için bu çalışmada kullanılmak üzere bir nokta bulutu üretilmiştir. Lidar nokta bulutlarından farklı olarak fotogrametrik nokta bulutları renk bilgisi içerdikleri için geometrik özelliklerin yanında renk bilgisi de özellik uzayına dahil edilmiştir. Geometrik özellikler ile beraber renk bilgisinin kullanımı sınıflandırma doğruluğuna olumlu etki yapmaktadır ([Atik & Duran, 2021](#)).

### 3. Veriler ve Yöntem

#### 3.1 Çalışma Alanı ve Kullanılan Veri

İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Ayazağa Yerleşkesi çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 1). Alan, iyi dağıtılmış farklı arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıflarını içermektedir. Çalışma alanı seçilirken, seçilecek olan bölgede yer alan doğal ve yapay objelerin projede kullanılacak olan obje sınıflarını içermesine dikkat edilmiştir.



Şekil 1: Çalışma bölgesi uydu görüntüsü.

Bu çalışmada, İTÜ Kampüsünde yüksek çözünürlüklü görüntüleri yakalamak için DJI Mavic 2 Pro platformu üzerinde bir DJI optik kamera kullanılmıştır. Kamera görünür bantlarda algılama yapmakta ve 84 derece yatay görüş alanı (Field of View, FOV) ile  $5472 \times 3648$  görüntü boyutunu yakalayabilmektedir. Kameranın etkin piksel boyutu  $20 \mu\text{m}$  ve lenslerin odak uzaklığı  $8.8 \text{ mm}$ 'dir. Görüntüler  $3 \text{ cm}$  zemin örnekleme mesafesine (Ground Sample Distance, GSD) sahiptir. Uçuş parametreleri olarak %80 boyuna örtü oranı ve %70 enine örtü oranı kullanılmıştır (Şekil 2). Uçuş yüksekliği  $80 \text{ m}$  olarak seçilmiştir. Nokta bulutu üretimi Agisoft Photoscan yazılımı kullanılarak fotogrametrik işlem adımları uygulanmıştır. Nokta bulutları ayrıca her nokta için renk bilgisi içermektedir. Noktalar manuel olarak etiketlenmişlerdir. Veri setinin nokta dağılımı Tablo 1'de gösterilmiştir.



Şekil 2: Hava fotoğrafı örneği (solda) ve üretilen nokta bulutu (sağda).

Tablo 1: Sınıflara ait eğitim ve test noktası sayıları

Sınıf	Eğitim	Test
Bina	250 000	5 430 865
Ağaç	250 000	978 754
YSN	250 000	13 797 690
Araç	250 000	1 872 918

### 3.2 Rastgele Orman

RO (Breiman, 2001), korelasyonu olmayan ağaçların geniş bir koleksiyonunu oluşturan ve daha sonra bunların ortalamalarını alan torbalamanın geliştirilmiş versiyonudur. Birçok problemde RO'ların performansının yükseltilmesindeki (boosting) yöntemler çok benzer olup, eğitilmesi ve ayarlanması daha kolaydır (Hastie, Tibshirani, & Friedman, 2010).

RO'daki her ağaç bir sınıf tahmini verir ve en çok oy verilen sınıf modelin tahmini haline gelir. RO, torbalama olarak bilinen değiştirme ile veri kümesinden her ağacın rastgele örneklenmesine izin vererek bundan yararlanır (Qin, Guo, Liu, & Zhao, 2019). Torbalama algoritmasında, bir sınıflandırıcıyı eğitmek için orijinal eğitim veri setinden birden çok önyüklemeli eğitim veri setleri oluşturulur ve her bir ağaca bir eğitim veri seti atanır. Oluşturulan ağaçlar birbirinden bağımsızdır ve tahmin için en büyük oy baz alınır (Akar & Güngör, 2012). Torbalamayı kullanmanın iki nedeni vardır. Birincisi, torbalama kullanımının rastgele özellikler kullanıldığında doğruluğu arttırdığı görülmektedir. İkincisi, torbalamanın, kombine ağaç topluluğunun genelleştirilmiş hata (PE\*) ile ilgili tahminlerin yanı sıra güç ve korelasyon tahminlerini de vermek için kullanılabilmesidir (Breiman, 2001).

RO sınıflandırıcısı ile bir ağaç üretmek için kullanıcı tarafından tanımlanan 2 parametre gereklidir. Bu parametreler, en iyi bölünmeyi belirlemek için her bir düğümde kullanılan değişkenlerin sayısı ve geliştirilecek ağaçların sayısıdır. İlk olarak eğitim veri setinin 2/3'ünden önyükleme örnekleri oluşturulur. Out-of-bag (OOB) verisi olarak da adlandırılan, eğitim veri setinin 1/3'lük geri kalan kısmı hataları test etmek için kullanılır. Elde edilen değerlere göre budama olmadan ağaç geliştirilir (Akar & Güngör, 2012). Bu işlem sonucunda elde edilen hata genelleştirilmiş hata olarak adlandırılır. Genelleştirilmiş hata hesabı Eşitlik 1'de gösterilmiştir:

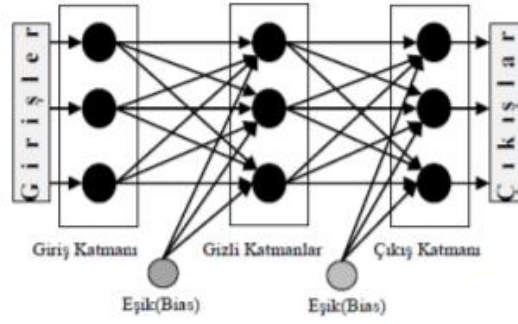
$$PE^* = P_{X,Y}(mg(X, Y) < 0) \quad (1)$$

$mg()$  marj fonksiyonunu ifade eder. Marj, doğru sınıf için (X, Y)'deki ortalama oy sayısının, diğer herhangi bir sınıf için ortalama oyu ne kadar aştığını ölçer. Marj ne kadar büyük olursa, sınıflandırmaya o kadar güvenilebilir (Breiman, 2001).

### 3.3 Çok Katmanlı Algılayıcı

Tek bir ağırlık tabakasına sahip olan bir algılayıcı, girdinin yalnızca doğrusal işlevlerinin üzerinde çalışabilir. Doğrusal olmayan fonksiyonlar üzerinde başarılı sonuçlar veremez. ÇKA'lar, sınıflandırma için kullanılırsa, bu tür doğrusal olmayan problemleri çözebilir. (Alpaydın, 2010). ÇKA, bir veri kümesi üzerinde eğitilerek bir işlevi öğrenen denetimli bir öğrenme algoritmasıdır. Bir dizi özellik ve bir hedef göz önüne alındığında, sınıflandırma veya regresyon için doğrusal olmayan bir fonksiyon yaklaşımı öğrenebilir. Giriş ve çıkış katmanı arasında, gizli katmanlar olarak adlandırılan bir veya daha fazla doğrusal olmayan katman olabilir (Şekil 3). Bundan dolayı lojistik regresyondan farklıdır (Abdullah, Othman, Kasim, Saharuddin, & Mohamed, 2020).

ÇKA'da katmanlar arasında ileri ve geri yayılım olarak adlandırılan geçişler bulunmaktadır (Şekil 3). İleri yayılım safhasında, ağırlık çıktısı ve hata değeri hesaplanır. Geri yayılım safhasında ise hesaplanan hata değerinin minimize edilmesi için katmanlar arası bağlantı ağırlık değerleri güncellenir (Arı & Berberler, 2017).



Şekil 3: ÇKA'nın yapısı (Arı ve Berberler, 2017).

Girdi  $x$  değeri ile giriş katmanı beslenir. “Aktivasyon” ileri yönde yayılır ve gizli katmanlarda  $z_h$  değerleri hesaplanır. Her gizli katman birimi kendi başına bir algılayıcıdır ve doğrusal olmayan sigmoid fonksiyonunu ağırlıklı toplamına uygular (Eşitlik 2).

$$z_h = \text{sigmoid}(w_h^T x) = \frac{1}{1 + \exp[-(\sum_{j=1}^d w_{hj} x_j + w_{h0})]}, \quad h = 1, 2, \dots, H \quad (2)$$

Eşitlik 2’de  $x$  girdi değerini,  $w_h$  ağırlık vektörünü,  $w_{hj}$  ilk katmanın ağırlığını,  $j$  girdi indisini,  $H$  gizli uzayın boyutunu ve  $d$  girdi sayısını ifade eder. Çıkış katmanındaki  $y_i$  değerlerini hesaplamak için, bu bölümdeki algılayıcılar girdi değer olarak gizli katmanlarda hesaplanan değerleri kullanırlar (Alpaydın, 2010).

### 3.4 Geometrik Özellikler ve Renk Bilgisi

Projede nokta bulutunun iki boyutlu ve geometrik özelliklerden oluşan bir özellik uzayı kullanılarak farklı makine öğrenme algoritmaları ile sınıflandırılması amaçlanmaktadır. Geometrik özellikler nokta bulutunda elde edilmektedir. Bir noktanın kovaryans matrisinden üretilen özellikler, bir nokta bulutunun yerel geometrik özelliklerini tanımlayabilen yaygın olarak kullanılan geometrik özelliklerdir (Weinmann vd., 2015).  $(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$  sırasıyla birinci, ikinci ve üçüncü özdeğerdir (Eşitlik 3-10).

$$\text{Özdeğerlerin toplamı} = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 \quad (3)$$

$$\text{Omnivaryans} = \sqrt[3]{\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3} \quad (4)$$

$$\text{Özentropi} = \sum_{i=1}^3 \lambda_i \ln \lambda_i \quad (5)$$

$$\text{Anistropi} = \frac{\lambda_1 - \lambda_3}{\lambda_1} \quad (6)$$

$$\text{Düzlemsellik} = \frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_1} \quad (7)$$

$$\text{Yüzey değişimi} = \frac{\lambda_3}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} \quad (8)$$

$$\text{Küresellik} = \frac{\lambda_3}{\lambda_1} \quad (9)$$

$$\text{Dikeylik} = 1 - |([0 \ 0 \ 1], \lambda_3)| \quad (10)$$

Fotogrametrik nokta bulutları her bir noktaya ait renk bilgisini de içermektedir. Yansıtım değerleri elektromanyetik spektrumun görünür bölgesinden elde edilmiştir. Red-Green-Blue (RGB) değerleri 0-255 arasında değer almıştır. Böylece her bir noktaya ait 8 geometrik özellik ve 3 renk bilgisi olmak üzere 11 özelliği içeren bir özellik uzayı oluşturulmuştur.

### 3.5 Doğruluk Analizi

Etiketlenen nokta bulutu referans olarak kabul edilerek, sınıflandırılmış nokta bulutları değerlendirilmiştir. Oluşturulan hata matrisleri üzerinden değerlendirme metrikleri olarak kesinlik, hassasiyet, F1 skoru ve genel doğruluk değerleri hesaplanmıştır. Kesinlik, pozitif olarak sınıflandırılan noktaların oranını ölçer (Eşitlik 11). Hassasiyet, gerçek pozitif (GP) olan pozitiflerin oranını ölçer (Eşitlik 12). F1 skor, kesinlik ve hassasiyetin bir fonksiyonudur (Eşitlik 13). Genel doğruluk, doğru sınıflandırılan noktaların oranını ölçer.

$$Kesinlik = \frac{GP}{GP+YP} \quad (11)$$

$$Hassasiyet = \frac{GP}{GP+YN} \quad (12)$$

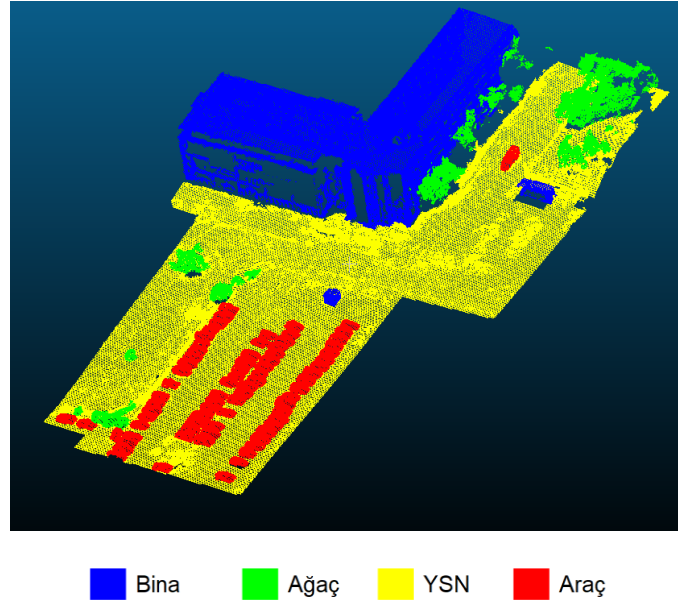
$$F1\ skor = 2 \frac{Kesinlik \cdot Hassasiyet}{Kesinlik + Hassasiyet} \quad (13)$$

GP, tahmin edilen ve gerçek etiketi pozitif olan noktaların sayısıdır. Yanlış pozitif (YP), pozitif olarak tahmin edilen ancak gerçek etiketleri negatif olan noktaların sayısını ifade eder. Yanlış negatif (YN), negatif olarak tahmin edilen ancak gerçek etiketleri pozitif olan noktaların sayısını ifade eder (Alpaydın, 2010).

## 4. Uygulama

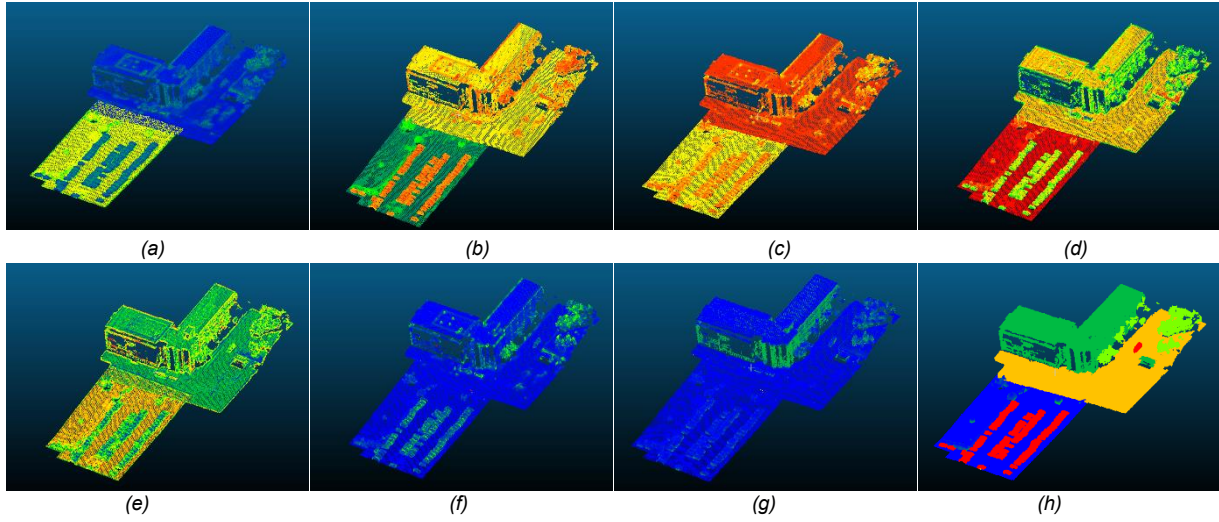
Bu çalışma kapsamında, seçilen bölgenin nokta bulutu verisi Agisoft Photoscan yazılımı üzerinden üretilmiştir. Fotogrametrik değerlendirme sonucunda 23 080 227 nokta içeren bir yoğun nokta bulutu üretilmiştir. Üretilen nokta bulutu verisi Şekil 4'te gösterilmiştir. Nokta bulutu üretimi tamamlandıktan sonra nokta bulutu etiketleme işlemine geçilmiştir. Yapılan etiketleme sonucu nokta bulutu dört ayrı sınıfa bölünmüştür. Bu sınıflar bina, ağaç, yer seviyesi nesnelere ve araç olarak belirlenmiştir. Böylece sınıflandırma işleminin doğruluk analizini yapmak için yer doğruluğu verisi üretilmiştir. Etiketlenen nokta bulutu Şekil 4'te gösterilmiştir.





Şekil 4: Etiketlenmiş nokta bulutu.

Nokta bulutu üretiminden sonra geometrik özellikler hesaplanmıştır. Geometrik özelliklerin hesaplanmasındaki en önemli parametre komşuluk yarıçapıdır. Komşuluk yarıçapı merkez noktanın etrafında belirli bir yarıçapa sahip küre ile belirlenmiştir. Küre içerisinde bulunan noktalar merkez noktanın komşu noktaları olarak adlandırılır. Komşuluk alanı içindeki noktaların geometrik ilişkilerine bağlı olarak geometrik özellikler belirlenir. Şekil 5'te hesaplanan geometrik özellikler görselleştirilmiştir.



Şekil 5: Çalışmada kullanılan geometrik özelliklerin gösterimi. (a) özdeğerlerin toplamı; (b) omnivaryans; (c) özentropi; (d) anisotropi; (e) düzlemsellik; (f) yüzey değişimi; (g) küresellik; (h) dikeylik

Elde edilen nokta bulutu üzerinden algoritmalarda kullanılmak üzere her bir sınıf için eğitim verileri seçilmiştir. Seçilen bu eğitim verileri her bir sınıf için 250 000 noktadan oluşmaktadır. Böylece dengeli bir eğitim verisi oluşturulmuştur. Dengesiz eğitim verileri sınıflandırma sonucunda eğitim verisi fazla olan sınıfa eğilimin oluşmasına sebep olabilmektedir. Eğitim verilerinin seçilmesinin ardından Python programlama dili ile kodlama yapılmıştır. RO ve ÇKA yöntemleri için Sci-kit learn kütüphanesinden (URL-1) faydalanılmıştır. RO yönteminde uygun parametreler deneysel olarak en iyi sonuçlar elde edilecek şekilde seçilmiştir. Ağaç sayısı 100, ayırma kriteri olarak Gini indeksi ve maksimum derinlik de 2 olarak belirlenmiştir. ÇKA

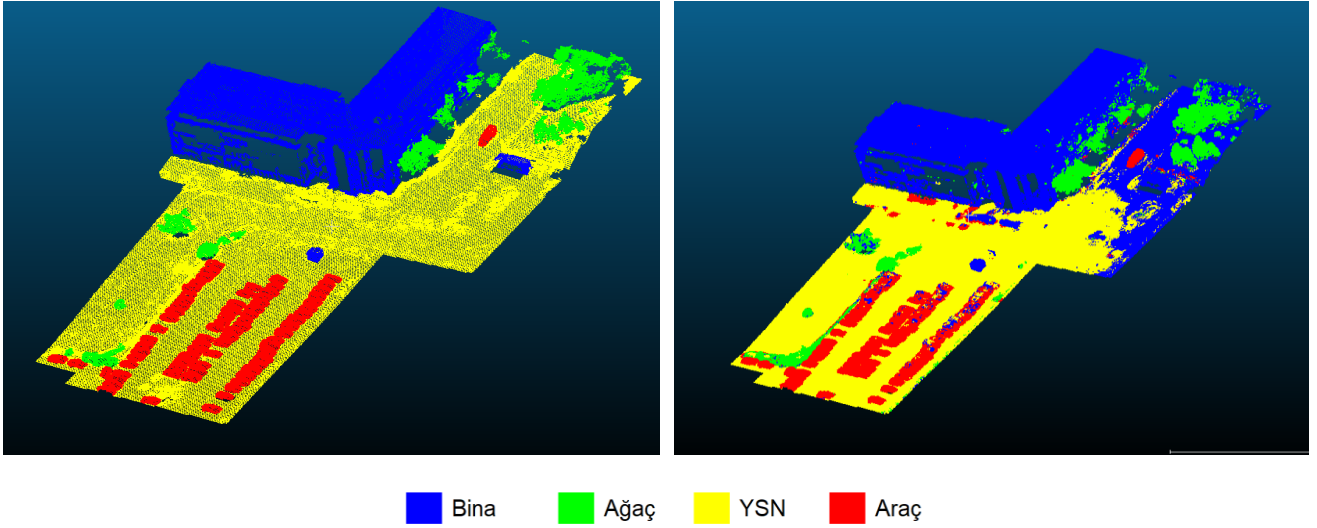
yönteminde gizli katman boyutu 100, aktivasyon fonksiyonu ReLU, optimizör olarak 'Adam' ve maksimum iterasyon 200 olarak seçilmiştir. Eğitim verileri kullanılarak algoritmalar eğitildikten sonra bütün nokta bulutu sınıflandırılmıştır.

## 5. Tartışma

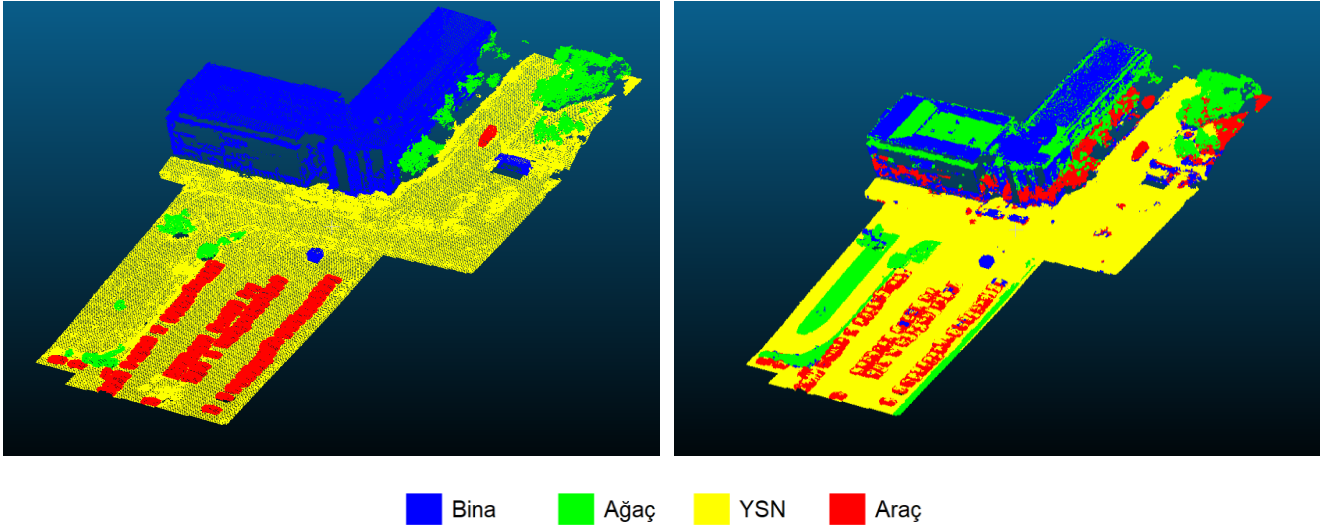
Çalışma sonuçları her bir sınıfa ait kesinlik, hassasiyet, F1 skoru ile genel doğruluk değerleri ile sunulmuştur. Ayrıca sonuçların dağılımının daha iyi yansıtılması için hata matrisleri de sunulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre Rastgele Orman algoritması genel doğruluk olarak %78.54, Çoklu Katman Algılayıcı algoritması ile %89.88 oranında genel doğruluk elde edilmiştir.

Algoritmaların sınıf bazında doğrulukları da incelenmiştir. RO algoritmasının sonuçlarına göre, bina sınıfının yüksek kesinlik ile tespit edilmesine rağmen, bina sınıfının hassasiyeti düşüktür. Özellikle geometrik yapılarının düzleme benzesinden dolayı YSN sınıfına ait noktaların bir kısmının bina olarak sınıflandırıldığı görülmektedir. YSN sınıfının hassasiyetinin %99.57 olduğu görülmektedir. Bu YSN sınıfına atanan noktaların neredeyse tamamının doğru olduğu anlamına gelmektedir. Genel doğruluk ve F1 skor değerlerine göre en yüksek değerlere sahip sınıf ise araç sınıfıdır. Araç sınıfı %87.53 F1 skora ve %93.59 genel doğruluğa sahiptir. Ağaç sınıfının bina sınıfına benzer şekilde duyarlılığı, hassasiyetinden düşüktür. Bunun sebebi gerçekte bina sınıfına ait olan bazı noktaların ağaç sınıfı olarak tahmin edilmesidir. Bina yapılarının yan cepheleri nokta bulutunda eksik ve gürültülü olduğu için ağaç sınıfının düzensiz yapısı ile benzerlik göstermektedir. Bu durumda iki sınıfa ait noktalarda birbirine benzer geometrik özellikler hesaplanmaktadır.

ÇKA algoritmasının sonuçlarına göre, özellikle YSN sınıfında önemli bir artış görülmektedir. RO algoritmasında bina ile karışan noktalar, ÇKA ile doğru şekilde sınıflandırılmıştır. Veri seti içerisinde YSN sınıfı diğer sınıflardan daha fazla ağırlığa sahip olduğu için bu durum sınıflandırma doğruluğunu da önemli derecede arttırmıştır. Bina sınıfının genel doğruluğu RO'ya göre yaklaşık %7 azalarak %85.67 olmuştur. Bina sınıfı diğer sınıfların her biriyle karışmıştır. Ancak yine de bina çıkarımı için %85 üzerinden doğruluk elde edilmiştir. Ağaç sınıfının kesinlik değeri %58.21 iken, hassasiyet değeri %89.44'tür. Yerde bulunan hafif çimenlik alanlar referans veride YSN olarak etiketlenmiştir. ÇKA algoritması bu bölgeleri ağaç sınıfına atamıştır. Bunun en önemli sebebi bu bölgelerin ağaç ile benzer renk değerlerine sahip olmasıdır. Araba sınıfının metriklerinde de RO'ya göre düşüş olmuştur. Kesinlik değeri %79.55 olarak, hassasiyet değeri ise %56.27 olarak tespit edilmiştir. Buna göre gerçekte araç olan noktalar genelde tespit edilmesine rağmen, diğer sınıflara ait noktalardan da araç sınıfına atananlar bulunmaktadır. Özellikle bina sınıfı ile araç sınıfı arasında bir karışıklık mevcuttur. Özellikle bina yan cephelerindeki noktalarda araç olarak sınıflandıran noktalar mevcuttur. Ayrıca araçların tavanları düz olduğu için ÇKA yöntemi o bölgeleri YSN olarak sınıflandırmıştır. Tüm bu değerler göz önüne alındığında ÇKA yönteminin RO'ya göre fotogrametrik nokta bulutu sınıflandırması için daha yüksek doğruluğa sahip olduğu görülmektedir. Özellikle YSN sınıfı açısından büyük bir iyileştirme söz konusudur. Sınıflara ait doğruluk metrikleri Tablo 2'de, hata matrisleri Tablo 3 ve Tablo 4'te sunulmuştur. Nokta bulutunun sınıflandırma sonucu Şekil 6 ve Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 6: Referans nokta bulutu (solda) ve RO algoritması sonucu (sağda).



Şekil 7: Referans nokta bulutu (solda) ve ÇKA algoritması sonucu (sağda)

Tablo 2: Yöntemlerin karşılaştırmalı doğruluk metrikleri (Değerler % olarak verilmiştir).

Sınıf	Kesinlik		Hassasiyet		F1 Skoru		Genel Doğruluk	
	RO	ÇKA	RO	ÇKA	RO	ÇKA	RO	ÇKA
Bina	93.62	85.67	56.78	85.06	70.69	85.36	93.62	85.67
Ağaç	87.86	58.21	65.83	89.44	75.27	70.52	87.86	58.21
YSN	69.92	95.82	99.57	98.07	82.15	96.93	69.92	95.83
Araç	93.56	79.55	82.23	56.27	87.53	65.92	93.56	74.83
<b>Ağırlıklı Ortalama</b>					79.00	90.00	78.54	89.88

Tablo 3: RO sonucu hata matrisi.

Gerçek Sınıf	Tahmin Edilen Sınıf			
	Bina	Ağaç	YSN	Araç
Bina	5 084 313	213 776	1345	131 431
Ağaç	117 833	859 971	340	610
YSN	3 671 662	232 273	9 647 065	246 690
Araç	80 027	376	40 136	1 752 379

Tablo 4: ÇKA sonucu hata matrisi.

		Tahmin Edilen Sınıf			
		Bina	Ağaç	YSN	Araç
Gerçek Sınıf	Bina	4 652 757	13 016	96 638	668 454
	Ağaç	239 148	569 751	12 872	156 983
	YSN	258 140	54 251	13 221 556	263 733
	Araç	320 074	0	151 270	1 401 574

Geometrik özellikler değerlendirildiğinde RO algoritması için YSN sınıfını bina sınıfında ayırt etmek için seçilen özellikler yeterli olmamaktadır. Ancak ÇKA algoritması bu özellikler ile YSN ve bina sınıflarını ayırt edebilmektedir. Böylece yapay sinir ağı temelli ÇKA algoritmasının benzer geometrik yapıya sahip nesnelere ayırt etmede kullanılabileceği sonucu çıkarılmaktadır. Ancak bina, ağaç ve araba gibi sınıflarda RO algoritması ön plana çıkmaktadır. Bu sınıflar için RO'nun ağaç yapısının daha uygun olduğu söylenebilir. YSN sınıfının veri seti içerisinde oran olarak fazla olması bu konudaki başarısı sayesinde ÇKA yönteminin ön plana çıkmasını sağlamıştır. Nokta bulutu verileri genellikle büyük ve karmaşık veriler oldukları için makine öğrenmesi yaklaşımları yerine yapay sinir ağı yaklaşımlarını tercih etmek daha doğru olacaktır. Uygun parametre ve özellik seçimi ile ÇKA yönteminin doğruluklarının her sınıfta artırılması mümkün olabilir.

## 6. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada fotogrametrik yöntemler ile elde edilen nokta bulutunun makine öğrenmesi teknikleri ile sınıflandırılması incelenmiştir. Noktaların özellik uzaylarını oluşturmak için bir noktanın komşu noktaları yardımıyla hesaplanan geometrik özellikler kullanılmıştır. Sınıflandırma işlemi için RO ve ÇKA yöntemleri kullanılmıştır. Literatürdeki çalışmalar göz önüne alındığında fotogrametrik nokta bulutu ile ilgili yapılan çalışmalar kısıtlıdır. Yeni bir veri seti üretmek emek-yoğun bir iştir. Bu çalışmada kullanılan veri seti elle etiketlenmiştir. Gelecek çalışmalar için daha fazla özellik eklenerek çalışma genişletilebilir. Ayrıca literatürde farklı sensörler ile elde edilen hazır veri setleri bulunmaktadır. Farklı yöntemler ve farklı veri setleri ile daha geniş kapsamlı incelemeler yapılabilir. Gelişen teknoloji nokta bulutlarının kullanım alanları artmaktadır. Sadece veriyi elde etmek değil veriden bilgi çıkarımı da değerli hale gelmektedir. Makine öğrenmesi yaklaşımları fotogrametrik nokta bulutlarından anlamlı bilgi çıkarımı için büyük bir potansiyele sahiptir.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, bu çalışmada bilinen ilgili herhangi bir finansal veya finansal olmayan çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## Yazar Katkısı

**Muhammed Enes Atik:** Fikir, Tasarım, Yazım, Makale değerlendirme. **Ömercan Güngör:** Yazım, Literatür taraması, Analiz ve yorumlama, Veri toplama ve işleme. **Engin Keskin:** Yazım, Literatür taraması, Analiz ve yorumlama, Veri toplama ve işleme. **Zaide Duran:** Tasarım, Denetleme, Finansman, Makale değerlendirme.

## Kaynaklar

- Abdullah, M. H. A., Othman, M., Kasim, S., Saharuddin, S. S., & Mohamed, S. A. (2020). A spiking neural networks model with fuzzy-weighted K-nearest neighbour classifier for real-world flood risk assessment. In *International Conference on Soft Computing and Data Mining*, 222-230.
- Akar, Ö., & Güngör, O. (2012). Rastgele orman algoritması kullanılarak çok bantlı görüntülerin sınıflandırılması. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 1(2), 139-146.
- Alpaydin, E. (2010). *Introduction to machine learning (2<sup>nd</sup> Edition)*. MIT press.
- Arı, A., & Berberler, M. E. (2017). Yapay sinir ağları ile tahmin ve sınıflandırma problemlerinin çözümü için arayüz tasarımı. *Acta Infologica*, 1(2), 55-73.
- Atik, M. E., & Duran, Z. (2021). Classification of Aerial Photogrammetric Point Cloud Using Recurrent Neural Networks. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30(4 A), 4270-4275.
- Atik, M. E., Duran, Z., & Seker, D. Z. (2021). Machine Learning-Based Supervised Classification of Point Clouds Using Multiscale Geometric Features. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(3), 187.
- Becker, C., Rosinskaya, E., Häni, N., d'Angelo, E., & Strecha, C. (2018). Classification of aerial photogrammetric 3D point clouds. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 84(5), 287-295.
- Belgiu, M., Tomljenovic, I., Lampoltshammer, T. J., Blaschke, T., & Höfle, B. (2014). Ontology-based classification of building types detected from airborne laser scanning data. *Remote Sensing*, 6(2), 1347-1366.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45(1), 5-32.
- Cabo, C., Ordóñez, C., Sánchez-Lasheras, F., Roca-Pardiñas, J., & de Cos-Juez, J. (2019). Multiscale supervised classification of point clouds with urban and forest applications. *Sensors*, 19(20), 4523.
- Donmez, S. O., Ipbuker, C. (2018) Investigation on Agent Based Models for Image Classification of Land Use and Land Cover Maps, Proceedings. *39th Asian Conference on Remote Sensing: Remote Sensing Enabling Prosperity, ACRS 2018*, 4, pp. 2005–2008
- Guo, B., Huang, X., Zhang, F., & Sohn, G. (2015). Classification of airborne laser scanning data using JointBoost. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 100, 71-83.
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2010). *The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction (Second Edition)*. Springer Science & Business Media.
- Li, X., Cheng, X., Chen, W., Chen, G., & Liu, S. (2015). Identification of forested landslides using Lidar data, object-based image analysis, and machine learning algorithms. *Remote sensing*, 7(8), 9705-9726.
- Lin, C. H., Chen, J. Y., Su, P. L., & Chen, C. H. (2014). Eigen-feature analysis of weighted covariance matrices for Lidar point cloud classification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 94, 70-79.
- Plaza-Leiva, V., Gomez-Ruiz, J. A., Mandow, A., & García-Cerezo, A. (2017). Voxel-based neighborhood for spatial shape pattern classification of Lidar point clouds with supervised learning. *Sensors*, 17(3), 594.
- Qin, W., Guo, W., Liu, X., & Zhao, H. (2019). A Novel Scheme for Recruitment Text Categorization Based on KNN Algorithm. In *International Conference on Smart Computing and Communication*, 376-386.
- Vosselman, G., Coenen, M., & Rottensteiner, F. (2017). Contextual segment-based classification of airborne laser scanner data. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 128, 354-371.
- Weinmann, M., Jutzi, B., Hinz, S., & Mallet, C. (2015). Semantic point cloud interpretation based on optimal neighborhoods, relevant features and efficient classifiers. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 105, 286-304.
- URL-1: [https://scikit-learn.org/stable/modules/neural\\_networks\\_supervised.html](https://scikit-learn.org/stable/modules/neural_networks_supervised.html)

## Arazi idaresi temel modeli planlama paketi geliştirilmesi için Türkiye mekânsal planlama sisteminin incelenmesi

Okan Yılmaz<sup>1</sup> , Mehmet Alkan<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Davutpaşa Kampüsü, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Esenler, İstanbul, Türkiye.

**Öz:** Mekânsal planlar birçok sektörel politikanın değerlendirilmesi sonucu ortaya çıkan, sürdürülebilir kalkınmayı sağlamayı amaçlayan, arazi kullanım ve yapılaşma kararları içeren planlardır. Mekânsal plan kararları, özel şahıs mülkiyetinde bulunan taşınmazlara ve ortak kullanım niteliğindeki alanlara yapılaşma ve kullanma yönünden birçok hak, kısıtlılık ve sorumluluk (HKS) getirmektedir. Arazi İdaresi Temel Modeli (AİTM), ISO tarafından yayımlanan bir standarttır ve arazi yönetiminde araziye etkileyen HKS'ler ve bunların geometrik bileşenleri ile ilgilidir. Standart bir kavramsal model ve ortak ontoloji sunmayı amaçlamaktadır. Arsa ve arazi kullanım kararları üzerinde etki oluşturan birçok faktör bulunmaktadır. Çeşitli faktörler bulunmasına rağmen, araziye etkileyen HKS'ler modelde temsil edilirken genellikle ülkelerin tapu ve kadaströ sistemlerinden faydalanılmakta, çok sayıda HKS içeren diğer olgular dikkate alınmamaktadır. Tapu ve kadaströ sistemi dışında mülkiyet üzerinde HKS oluşturan; vergilendirme işlemleri, çeşitli sözleşmeler, yasal belgeler ve mekânsal planlar bulunmaktadır. Çalışma kapsamında, çok çeşitli HKS'ler içerdiği ve arazi idaresi ile kuvvetli bir ilişkisi olduğundan dolayı mekânsal planlar incelenmiştir. Çalışma neticesinde, Türkiye AİTM ülke profiline entegre edilmek amacıyla mekânsal planlama paketi oluşturulmasına altlık oluşturacak çıktılar elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda yasal atılıklar, örnek mekânsal planlar, plan notları ve yönergeler incelenerek mekânsal planlar sınıflandırılmış, özellikleri belirlenmiş ve temsil ettiği bilgiler elde edilmiştir. Bulgular değerlendirildiğinde AİTM içerisinde mekânsal planlama paketi oluşturulması için yeterli altyapı bilgisi sağlandığı sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Arazi idaresi temel modeli, Mekânsal planlama, Arazi yönetimi, Standardizasyon, 3B kadaströ

### Review of the Turkey spatial planning system for developing the land administration domain model planning package

**Abstract:** Spatial plans include land use and structuring decisions aimed at ensuring sustainable development, which emerge from the evaluation of many sectorial policies. Spatial plans bring many rights, restrictions and responsibilities (RRR) on privately owned lands and public use areas in terms of construction and use. The Land Administration Domain Model (LADM) is a standard published by ISO and deals with RRRs affecting land and their geometric components in land management. It aims to present a standard conceptual model and common ontology. There are many factors that affect the land and land use. Although there are several factors, the countries' land registry and cadastral systems are used while representing the RRRs affecting the land in the model, other facts containing many RRRs are not included. Except land registry and cadaströ system, there are taxation procedures, various contract, legal document and spatial plan that create RRRs on property. Within the scope of the study, spatial plans have been examined as they contain a wide variety of RRRs and have a strong relationship with the land administration. This study aims to obtain outputs that will create a spatial planning package to integrate Turkey into the country profile of the LADM. In this direction, the legal bases, sample spatial plans, plan notes and official documents were examined, and the spatial plans were classified, and the information they represented was obtained. The results were analyzed, and it was concluded that sufficient infrastructure information was provided to create a spatial planning package within the LADM.

**Keywords:** Land administration domain model, Spatial planning, Land management, Standardization, 3D cadastre

## 1. Giriş

Kentsel ve kırsal bölgelerde yerleşim, üretim ve sürdürülebilir kalkınmaya altlık oluşturan arazi, sınırlı bir kaynaktır. Bu kaynağın etkili, verimli ve adil kullanımını sağlamak amacıyla arazinin fiziki özelliklerinin tespiti, üzerindeki hak, kısıtlılık ve sorumlulukların (HKS) tescili, fonksiyonlarının belirlenmesi ve zamansal olarak takip edilmesi süreçlerini içeren arazi yönetimi kavramı ortaya çıkmıştır. Genel olarak, arazi idare sistemleri belirli bir mekânsal birimin (parseller, binalar vs.) HKS'lerini belirli bir zaman aralığında kayıt altına alır ve saklar. Kayıt objeleri ülkelerin hukuk düzenlerine göre değişiklik göstermekle birlikte genelde taraflar hakkında bilgi, araziye ait HKS'ler ve mekânsal nesne ile ilgili coğrafi ve öznel bilgilerini içerir (Guo, Ying, Li, Luo, & van Oosterom, 2011).

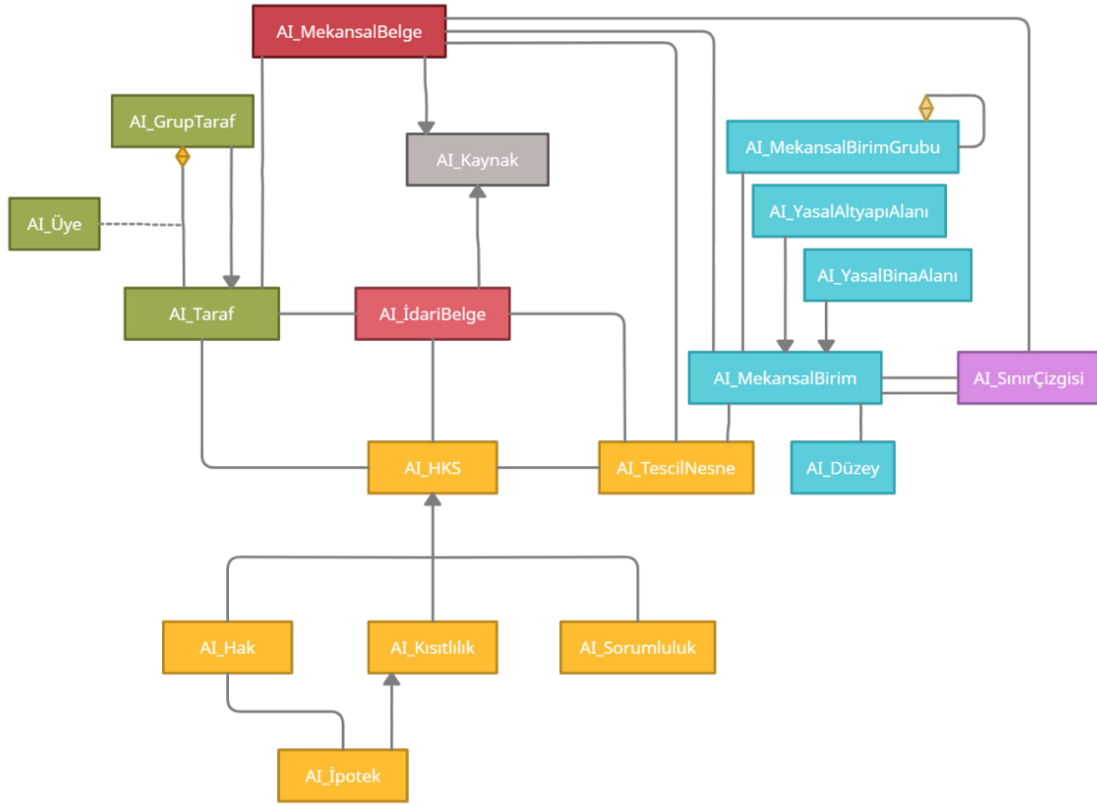
20. yüzyıl sonlarında ülkelerin yasal düzenine, arazi kullanım şekline ve insan-toprak ilişkisine göre farklılık gösteren arazi yönetim sistemlerinin birlikte çalışabilirlik üzerinde olumsuz etkisi ve kabul görmüş standart bir model eksikliği ortaya çıkmıştır. Bu soruna çözüm olması amacıyla 2000'li yılların başında, Uluslararası Haritacılar Birliği (Federation of Surveyors, FIG) kongrelerinde ve çalışma gruplarında ele alınan arazi yönetim modellerinin standartlaştırılması çalışmalarının ilk çıktısı Kadastro Çekirdek Temel Modeli (Core Cadastre Domain Model, CCDM) olmuştur. İlerleyen yıllarda model güncellenerek Arazi İdaresi Temel Modeli (AİTM) adını almıştır ve 2012 yılında ISO tarafından standart haline getirilmiştir.

AİTM, arazi idaresinin temel bilgilerle ilgili bileşenlerini kapsayan bir referans modeli tanımlar. Bu temel bileşenler Şekil 1'de ana hatları ile temsil edilen 5 sınıfta ele alınabilir. Bunlar; 1. Taraflar (kişiler ve kuruluşlar), 2. HKS, 3. Mekânsal birimler (parseller, binalar ve altyapı ağları), 4. Konumsal kaynaklar (ölçümler), 5. Konumsal temsillerdir (geometri ve topoloji) (Uitermark, van Oosterom, Zevenbergen, & Lemmen, 2010). Referans modelinin tanımlanmasında AİTM'nin iki temel hedefi bulunmaktadır; bunlardan ilki kendi arazi yönetim sistemlerini oluşturacak ülkelere bir temel standart sunmaktır, diğeri ise farklı ülkelerde tarafların birlikte çalışabilirliğinin sağlanması için ortak bir ontoloji oluşturmaktır. Oluşturulan ortak terminoloji, farklı yargı bölgelerinde uygulamaların ve prosedürlerin ortak tanımına izin verir.

ISO standartlarının belirli periyotlarda gözden geçirilmesi ve gereksinimlere göre yenilenmesi kapsamında günümüzde AİTM'nin yeniden şekillendirilmesi üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Çalışma grupları tarafından yürütülen çalışmalarda AİTM'nin 2.versiyonunu geliştirmek amacıyla; değerlendirme ve vergilendirme, mekânsal planlama, ülke profili oluşturma metodolojisi geliştirme ve IndoorGML-AİTM kombinasyonu alanlarında çalışmalar yapılarak modelin kapsamı ve uygulama alanları genişletilmeye çalışılmaktadır (Alattas vd., 2017; Çağdaş vd., 2016; Indrajit, van Loenen, Ploeger, & van Oosterom, 2020a; Kalogianni vd., 2021).

CityGML gibi 3 boyutlu (3B) fiziki şehir modelleri; binalar, zemin yüzeyi, sokaklar ve bitki örtüsü dahil olmak üzere 3B kentsel nesnelere görselleştirirken yasal nesnelere modellenmesine odaklanmazlar. AİTM gibi kadastro veri modelleri ise; 3B mülkiyet hakları, kısıtlamaları ve sorumlulukları dahil olmak üzere 3B arazi ve mülk sahipliği çıkarlarını yönetir ve sürdürürler (Aien, Rajabifard, Kalantari, & Shojaei, 2015). Halihazırda AİTM, hak sahipleri ile onların mülkleri arasındaki yasal ilişkilerin yapılandırılmasına yönelik uluslararası kabul görmüş ve standart temelli bir yaklaşım sunmaktadır. AİTM, mevcut arazi yönetim sistemlerinde yasal bilgileri yönetmek için resmi bir veri yapısı sağlar (Atazadeh, Rajabifard, & Kalantari, 2018). Fiziksel model standartlarından farklı olarak AİTM tescil nesnelere yasal HKS sınırlarını belirlemektedir. Yasal kadastro modelleri aracılığı ile nesnelere yer altından belirli bir yüksekliğe kadar olan karmaşık HKS'leri 3B dijital haritalar olarak sunulabilmektedir. Bu doğrultuda gerçekleştirilen çalışmalardan olan Çin'in Shenzhen şehrinde Guo vd. (2013, 2014) tarafından yapılan çalışmalarda 3B HKS alanlarını yönetmek için gerçek bir 3B dijital kadastro sistemi

uygulanmıştır. Bu uygulama, yapılaşmış çevrede 3B yasal alanların bir temsilini sağlamıştır. Uygulama sayesinde, karmaşık yapılaşma ağlarına sahip şehirlerde, 3B yasal alanların açık ve net bir şekilde temsil edilebileceği saptanmıştır.



Şekil 1: AI™ ana sınıfları

Arazi idaresi kapsamındaki tescil nesnelerinin 3B olarak kayıt altına alınması, tescil nesnelerinin HKS'lerinin yükseklik ve zaman yönleri dikkate alınarak tespit edilmesi ve 3B kadaströ ile bina bilgi modelleme entegrasyonu çalışmalarının önem kazandığı günümüzde; AI™ kapsamında araziye etkileyen HKS'lerin tam olarak yansıtılıp yansıtılmadığı tartışma konusu olmuştur. Bu doğrultuda arazide fark yaratan her HKS'nin tespit edilip standartlaştırılması çalışmalarına yoğunlaşmıştır (Indrajit vd., 2020a, 2020b; Lemmen vd., 2019; Paasch, van Oosterom, Lemmen, & Paulsson, 2015). Mevcutta arazi idaresi temel modeli yargı bölgelerine göre farklılık göstermekle birlikte, ağırlıklı olarak ülkelerin arazi tescil ve tespit (tapu-kadaströ) sistemlerinde bulunan ipotek, irtifak, geçit hakkı gibi hak ve kısıtlamaları temsil etmektedir. Tapu sicilinde bulunan bu HKS'ler dışında çeşitli sözleşmeler, belediye meclis kararları, gayrimenkul değerlendirme işlemleri ve mekânsal planlar arazi üzerinde HKS'lere yol açmaktadır (Indrajit vd., 2020a). Bu belgelerden en kapsamlısı, etkisi ve çeşitliliği göz önüne alındığında, mekânsal planlardır. Mekânsal planlar farklı ölçeklerde, kapsamlarda ve amaçlarla oluşturulabilmektedir. Planlar oluşturulurken bölgenin ihtiyaçlarını tespit etmek ve bölgeye uygun planı üretmek için bölgenin topoğrafyası, sosyal ve ekonomik yapısı gibi birçok başlıkta çalışmalar yapılmaktadır. Farklı meslek grupları ve kurumlar bir araya gelerek görüş bildirmekte, bölgede yaşayan kişilerin ve sivil toplum kuruluşlarının da anket vb. yollarla fikirlerine başvurulmaktadır. Tüm bu çalışmalar sonucu elde edilen veri kümesi ile bölgede arazi kullanımı, yapılaşma ve günlük hayatı etkileyen birçok karar ortaya çıkmaktadır. Bu kararlar plan paftaları veya plan notları ile sunulmaktadır. Ülkelerin imar ve şehircilik anlayışına göre planların gösterimi, kapsamı ve getirdiği HKS'ler değişiklik göstermektedir. Ülkemizde yürürlükte olan kanun ve yönetmelikler ile arazi kullanımı ve yapılaşmada, mekânsal plan kararlarına sadık kalınması sağlanmaya çalışılmıştır. Mekânsal planların arazi yönetimi ile etkileşimi incelendiğinde; planlar inşa edilecek yapıların alanı, kat sayısı, niteliği gibi yapılaşma haklarının yanında çevre ve doğaya karşı sorumluluklar ve kısıtlılıklar da içerir. Planlar aracılığı ile plan bölgesinde



sanayi, konut ve ticaret alanlarının yerleri belirlenerek bu alanlarda farklı fonksiyonlarda yapılaşmanın önüne geçilir. Yapılaşma fonksiyonlarının dışında eğitim, sağlık ve sosyal hizmet alanları belirlenerek bu alanlardaki özel mülkiyeti sınırlar ve söz konusu araziler için kurum ve maliklere sorumluluk yükler. Ayrıca mekânsal planlar aracılığıyla afet tehlikeli alanlar, turizm hareketliliği olan alanlar ve sit alanları da belirlenip bu alanları ilgilendiren kararlar alınabilir. Alınan tüm bu kararlar, taşınmazlar üzerine HKS olarak dönmektedir ve kullanımlarını etkilemektedir.

Şehirlerin dijital ikizlerinin oluşturulması, 3B kadaströ ve akıllı şehir çalışmaları kapsamında fiziksel modeller ile yasal modellerin entegrasyonu zorunlu bir süreç olarak ortaya çıkmıştır (Alattas, Kalogianni, Alzahrani, Zlatanova, & van Oosterom, 2021; Atazadeh, Kalantari, Rajabifard, Ho, & Ngo, 2017; Rajabifard vd., 2019). Bu bağlamda yasal modellerin kapsamını oluşturan tüm HKS'lerin tespiti gerçek durumun temsili için önemlidir. AİTM'nin baz aldığı, ülkelerin tescil ve tespit sistemlerinden gelen bilgiler mülkiyet üzerinde oluşan her HKS'nin temsili için yetersizdir. Özellikle 3. boyutun önem ifade ettiği çalışmalar için 3. boyutta birçok HKS barındıran mekânsal planlar, iyi bir kaynak oluşturmaktadır.

Mekânsal planlar ve arazi idaresi arasında birbirlerini tamamlayan bir ilişki bulunmaktadır. Sağlıklı işleyen bir arazi yönetim sistemi için planlama verileri ile taşınmazların yasal ve fiziki durumunu gösteren veriler entegre olmalıdır. Cheng, Turkstra, Peng, Du ve Ho (2006) çalışmalarında, Sosyalizm ve Açık Kapı (Open Door) politikaları sonrası Çin'de meydana gelen şehirleşme hareketlerini incelemiştir; bu kapsamda arazi idaresi ve planlama verilerinin aynı formatta olmaması, ayrı birimlerde saklanması ve birbiriyle uyumsuz olması sonucu şehirleşmenin olumsuz etkilendiği sonucunu çıkarmışlardır. Ayrıca çalışmada şehir plancılarının bu koordinasyon eksikliğinden dolayı yaşadığı zorluklardan bahsedilerek çözüm önerileri sıralanmıştır. Aien vd. (2015) çalışmalarında 3B kadaströ yönünden yasal ve fiziksel modelleri incelemiştir. Çalışma, nüfus artışı ve şehirleşmenin mekânsal planlama üzerindeki baskısı sonucu komplike mülkiyet yapılarının ortaya çıktığına değinerek, önerilen 3 boyutlu kadaströ veri modelinde (3D Cadastral Data Model, 3DCDM) esneklik ve yasal-fiziksel model entegrasyonun sağlanması için arazi idaresi ve mekânsal planlama kavramlarının önemine değinmiştir. Mülkiyet üzerinde HKS oluşturan etmenlerin kadaströ sistemine entegrasyonu alanında bir diğer çalışma ise Kadaströ 2014 vizyonu çerçevesinde İsviçre'de gerçekleştirilen kamu hukuku kısıtlamaları (Public-law restrictions, PLR) kadaströ çalışmasıdır. PLR kadaströ fikri arazi parçaları hakkında açıkça anlaşılır ve yasal olarak bağlayıcı bilgilere kolay erişime izin veren bir araç olma iddiası ile ortaya çıkmıştır. Bu çalışma doğrultusunda yapılan ilk incelemede, 150 adet PLR türü tespit edilmiştir. Bu türler arasında imar planları kısıtlamaları, yer altı suyu koruma sorumlulukları, havaalanları için koruma alanları ve kirlilik ile ilgili sınırlamalar bulunmaktadır. Tespit edilen PLR türlerinden her biri için bir veri modeli üzerinde standartlaştırma çalışmaları yapılmaktadır. 2020'li yıllarda bütün İsviçre kanton bölgelerinde tamamlanacağı düşünülen çalışmalar ile İsviçre, arazi mülkiyeti üzerindeki kamu hukuku kısıtlamalarının sistematik olarak belgeleneceği ve merkezi olarak yayımlanacağı bir kadaströ geliştiren dünyadaki ilk ülkelerden biri olacaktır (SFOTS, 2015; Steudler, 2014).

Sürdürülebilir kalkınmanın tesisi için mekânsal planlamada elde edilen bilgiler arazi idaresini etkileyecektir ve bunun tersi de geçerlidir. Bu nedenle, hem mekânsal planlamanın hem de arazi yönetiminin arazi kullanımını etkileyen her yönü yasal olarak bağlayıcı kurallar içerdiğinden tanımlanmalı, belgelenmeli ve standartlaştırılmalıdır (Indrajit vd., 2020a). Ülkelerin arazi yönetim sistemlerine mekânsal planları dahil etmesi arazi ve insan arasında daha güçlü ve sağlıklı bir ilişki sağlayacak, bütüncül bir arazi yönetimi yaklaşımı ortaya çıkaracaktır. Ayrıca planlar yatırım yapacak iş insanları ve vatandaşlar için de yatırımları yönlendirecek birçok faktör içerdiğinden, yer seçimi ve ruhsat işlemleri için belirleyici olmaktadır.

Mekânsal planların arazi yönetim sistemlerine dahil edilmesi ile ilgili çalışmalar incelendiğinde; söz konusu çalışmalarda, içerdiği çeşitli imar ve kullanım kararları ile parseller üzerinde birçok HKS oluşturduğundan ve kapsadığı alanların sınırlarını net olarak sunduğundan dolayı imar plan kararlarının kullanımının tercih edildiği görülmektedir (Bydłosz, Bieda, & Parzych,

2018; [Indrajit vd., 2020a](#)). Arazi yönetim sistemlerinin farklı ülkelerde farklılık gösterdiği gibi planlama kademeleri ve uygulama şekli de ülkelere göre farklılık göstermektedir. Planlama verilerinin modellenmesi ve arazi yönetim sistemine entegrasyonu noktasında Polonya ve Endonezya özelinde çalışmalar yapılmıştır. [Bydłosz vd. \(2018\)](#) 3B Polonya kadastru UML modeli içerisinde planlama bilgilerini içerecek sınıflar oluşturmuştur ve bu sınıfların mevcut kadastru modeli ile ilişkisini ortaya koymuştur. [Indrajit vd. \(2020a\)](#) ISO 19152 AİTM içerisinde bir planlama paketi oluşturulmasını önermişlerdir. Önerilen paket 3 sınıf içermektedir, bu sınıflar ile plan içerikleri ve planlar arasındaki hiyerarşi temsil edilmektedir. Ayrıca çalışmada mekânsal planların AİTM içerisine entegrasyonu için en optimum çözümün yeni bir paket olarak eklenmesi olacağı, böylece AİTM sınıflarının tekrar tekrar kullanılmasının önüne geçilebileceği sonucuna varılmıştır. Yine [Indrajit vd. \(2021\)](#) yaptıkları çalışmada önceki çalışmada oluşturulan mekânsal planlama paketini Endonezya AİTM ülke profiline entegre etmiş ve online ruhsat başvuru ve onay sistemi temsiline kullanarak etkinliğini göstermiştir.

2010 yılı itibarı ile dünyadaki gelişmeler ışığında Türkiye’de de AİTM alanında akademik çalışmalar hız kazanmıştır. [İnan \(2010\)](#) doktora tezinde arazi idaresi açısından ülkedeki tarımsal yapılaşmaya değinerek AİTM ile uyumlu bir konumsal veri modeli geliştirmiştir. [Döner \(2010\)](#) "Türk Kadastru Sistemine Üç Boyutlu Yaklaşım" başlıklı doktora tezinde, AİTM'nin 3B kadastru desteğini incelemiştir. [İnan ve Yomralıoğlu \(2011\)](#) çalışmalarında AİTM'yi incelemişler ve Türkiye arazi yönetim sistemi için mekânsal modelleme önermişlerdir. [Çete ve İnan \(2013\)](#) çalışmalarında AİTM'yi ele alarak Türkiye kadastrunun önemine değinmişlerdir. [Aydınöglü ve İnan \(2014\)](#) tapu ve kadastru bazlı bir veri modeli geliştirmiş ve modeli Tapu Kadastru Bilgi Sistemi (TAKBİS) ve Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) projeleriyle ilişkilendirmişlerdir. [Çağdaş vd. \(2016\)](#) çalışmalarında AİTM'ye dayalı bir değerlendirme ve vergilendirme veri modeli geliştirmiştir. [Alkan ve Polat \(2017, 2018\)](#) çalışmalarında Türkiye için temel sınıflarla ilgili bir AİTM modeli önermişlerdir. [Polat, Alkan ve Lemmen \(2020\)](#) ise çalışmalarında AİTM kapsamında Türkiye kadastru sisteminde HKS'lerin zamansal temsiline incelemişlerdir. [Gürsoy Sürmeneli ve Alkan \(2020\)](#) çalışmalarında uluslararası standartları inceleyerek 3B kadastru ülke profili tasarlamışlardır. Ülkemizde yapılan bu çalışmalar incelendiğinde, 3B kadastruya yönelik çalışmalar yapıldığı fakat plan verilerinin ülke profiline entegre edilmesine yönelik henüz bir çalışma yapılmadığı görülmektedir. Söz konusu çalışma, nihayetinde literatürdeki bu boşluğu tamamlamayı amaçlamaktadır.

Önceki bölümlerde bahsedildiği gibi AİTM, mekânsal planlama verilerini modele dahil etmemektedir ve standartlaştırmamaktadır. Ancak model, ana sınıflarda yer verilmeyen veri kümeleri için, diğer standartlarda belirtildiği doğrultuda bilgi modellerine dayalı olarak AİTM'nin harici kaynaklardan beklediği veri kümesi öğelerini sağlar ([Lemmen, van Oosterom, Uitermark, Zevenbergen, & Cooper, 2011](#)). Harici sınıflar yardımı ile AİTM ana sınıflarına yeni paketler ilave edilebilir. Böylece arazi yönetim modellerindeki eksiklikler tamamlanabilmekte ve model, gereksinimlere göre modernize edilebilmektedir.

Bu çalışmada AİTM Türkiye ülke profiline entegre planlama paketi oluşturulması maksadıyla; Türkiye mekânsal plan hiyerarşisi, plan kademeleri, plan özellikleri, planlama yetkisi bulunan kurumlar ve planların getirdiği HKS'ler incelenmiştir. Taşınmazlar üzerinde HKS oluşturan birçok faktör olmasına karşın çalışmanın kapsamı mekânsal planlar ve planların içerdiği HKS'ler olarak belirlenmiştir. Çalışmanın bulgularının oluşturulacak mekânsal planlama paketinin sınıfları, öznelikleri ve bunların arasındaki ilişkiye altlık oluşturacağı düşünülmüştür. Çalışmanın 2. kısımda izlenen yol, yöntem, incelenen planlar ve tablolar açıklanmıştır; 3.bölümde elde edilen bulgulara değinilmiştir ve son bölümde sonuçlara ve önerilere yer verilmiştir.

## 2. Metodoloji

Planların genel özelliklerini, aralarındaki hiyerarşiyi, kapsamını ve içerdiği bilgileri tespit etmek amacıyla Şekil 2’de sunulan iş akış düzeni izlenmiştir. Veri toplama ve dokümanların analizi noktasında değişkenler arasındaki ilişkilerin varlığını inceleyen ve bir nicel araştırma yöntemi olan bağıntısal yöntem benimsenmiştir. Böylece farklı kademelerde yer alan plan verileri karşılaştırılmış, benzerlik ve farklılıkları ortaya konmuştur. Mekânsal planların yasal dayanakları, kapsamı ve planlamada yetkili kurumların belirlenmesi amacıyla, ilk olarak planlara dayanak oluşturan kanunlar ve yönetmelikler incelenmiştir. Normlar hiyerarşisi kavramı gözetildiğinde; anayasanın kanunlardan, kanunların ise yönetmelikten öncelikli olduğu görülmektedir. Anayasanın en üstün yasal belge olmasından hareketle, planlama faaliyetlerinin 1982 Türkiye Cumhuriyeti Anayasasının 166. maddesinden temel aldığı görülmektedir. Bu madde şu şekildedir: “Ekonomik, sosyal ve kültürel kalkınmayı, özellikle sanayinin ve tarımın yurt düzeyinde dengeli ve uyumlu biçimde hızla gelişmesini, ülke kaynaklarının döküm ve değerlendirilmesini yaparak verimli şekilde kullanılmasını planlamak, bu amaçla gerekli teşkilatı kurmak Devletin görevidir.” (Türkiye Cumhuriyeti Anayasası, Md.166). Anayasa’da belirtilen bu görevin yerine getirilmesi ve yerleşme yerleri ile bu yerlerdeki yapılaşmaların; plan, fen, sağlık ve çevre şartlarına uygun teşekkülünü sağlamak amacıyla 3194 sayılı İmar Kanunu 1985 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu kanun, imar uygulamaları yönünden kendisinden sonra çıkarılacak yönetmeliklere yol gösterici niteliktedir. Kanun mekânsal planların tanımı, kapsamı, hiyerarşisi, alt-üst kademe plan ilişkisi, taşıması gereken nitelikler ve uygulamaları hakkında kararlar içermektedir. Bunun dışında kanunda; planları yapma, denetleme ve onaylama yetkisi olan yerel idareler ile T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı’nın (ÇŞB) görevleri, planların uygulama şekilleri, plan askı süreleri ve planlar arasındaki ilişki sunulmuştur. Ayrıca kanunda arsa arazi düzenlemesi uygulamalarına ve yapılaşmaya ilişkin düzenleyici maddelere yer verilmiştir.

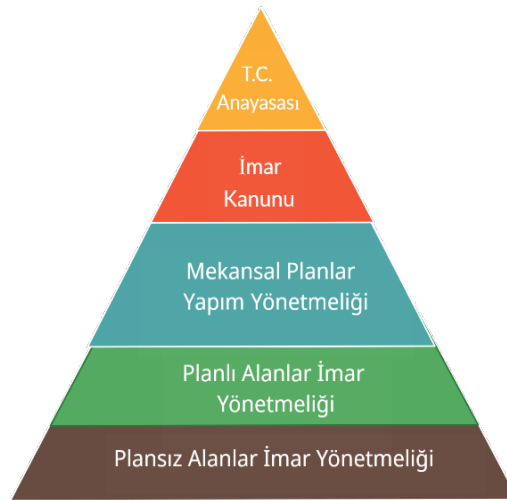


Şekil 2: Çalışma iş akış şeması

İmar kanunu dayanak alınarak arazi kullanım ve yapılaşma kararları getiren mekânsal planların yapım ilkelerini belirlemek amacıyla, Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği (MPYY) yayımlanmıştır. Bu yönetmelik; fiziki, doğal, tarihi, kültürel değerleri korumak ve geliştirmek, koruma ve kullanma dengesini sağlamak, ülke, bölge ve şehir düzeyinde sürdürülebilir kalkınmayı desteklemek, yaşam kalitesi yüksek, sağlıklı ve güvenli çevreler oluşturmak üzere hazırlanan, arazi kullanım ve yapılaşma kararları getiren mekânsal planların yapımına ve uygulanmasına ilişkin usul ve esasları belirlemek amacıyla yürürlüğe konmuştur (MPYY, Md.1). Bu yönetmelik ile her türde ve ölçekte plan projelerine yönelik usuller, esaslar ve izlenecek yollar belirlenmiştir. Yönetmelikte planlar, plan unsurları, plan standartları ve içerikleri açıklanmıştır. Ayrıca yönetmelikte mekânsal planlarda ve plan notlarında ayrıntılı olarak gösterilecek, belediye hizmet alanları ile sosyal, teknik ve kültürel tesis alanları hakkında tanımlamalar verilmiştir. Yönetmelik her kademedede plan yapımı için kapsayıcılık gösterdiğinden yönetmelikte; mekânsal strateji planları (MSP), çevre düzeni planları (ÇDP), imar planları ve özel amaçlı planlar ayrı ayrı ele alınarak taşınması gereken nitelikler açıklanmıştır. Planların dışında kentin silüetine ve ihtiyaçlarına uygun yapıların oluşturulmasına yönelik projeler olan kentsel tasarım projelerine yönelik kararlar da yönetmelikte yer almaktadır.

Planlama ve imar ile doğrudan ilişkili diğer yasal belgeler ise plan bulunan alanlarda fen, sağlık ve sürdürülebilir çevre şartlarına uygun yapı ve yapılaşma ile projelendirmeye ve denetime ilişkin usul ve esasları belirleyen Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği (PAİY) ile herhangi bir planın bulunmadığı alanlarda yapılaşmaların fen, sağlık ve çevre şartlarına uygun teşekkülünü sağlamayı amaçlayan Plansız Alanlar İmar Yönetmeliği'dir. Bu yönetmeliklerde bahsi geçen alanlarda yapılacak yapılara, yapı nizamlarına, yapı fonksiyonlarına, yapıların katlar alanı ve yüksekliğine göre uyulması gereken standartlar, sınırlamalar ve haklar belirtilmiştir. Ayrıca bu yönetmeliklerde yapıları inşa ve kontrol ile sorumlu müteahhit ve fenni mesullerin taşınması gereken şartlara ve yapı ruhsatı ile ilgili düzenlemelere de yer verilmiştir. PAİY'de yer alan diğer bir önemli nokta ise, planlı alanlarda planda belirtilmeyen uygulamaların nasıl yapılacağı ve hangi kısıtlamalara uyulacağını belirtmesidir.




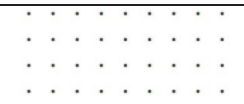



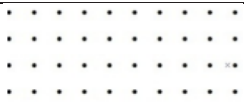
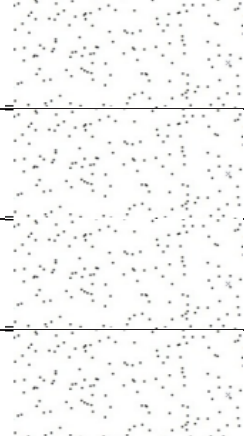

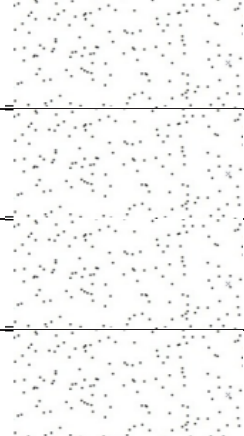
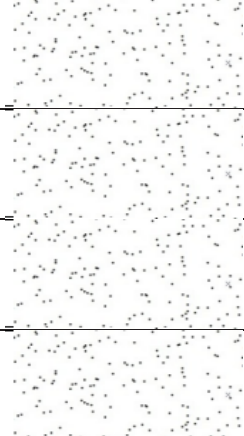

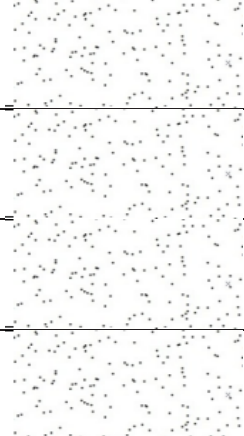
Bahsedilen kanun ve yönetmeliklerin dışında özel alanlarda, özel amaçlar için hazırlanan planların yapım ve uygulama süreçleri hakkındaki işleyiş, amaç doğrultusunda yürürlüğe giren ilgili yasal belgede ve plan yapmaya yetkili kurumun işleyiş yönetmeliğinde düzenlenmiştir. Türkiye yapılaşma ve planlama faaliyetlerini düzenleyen yasal belgeler Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3: Yapılaşma ve planlama faaliyetlerini düzenleyen yasal kaynaklar

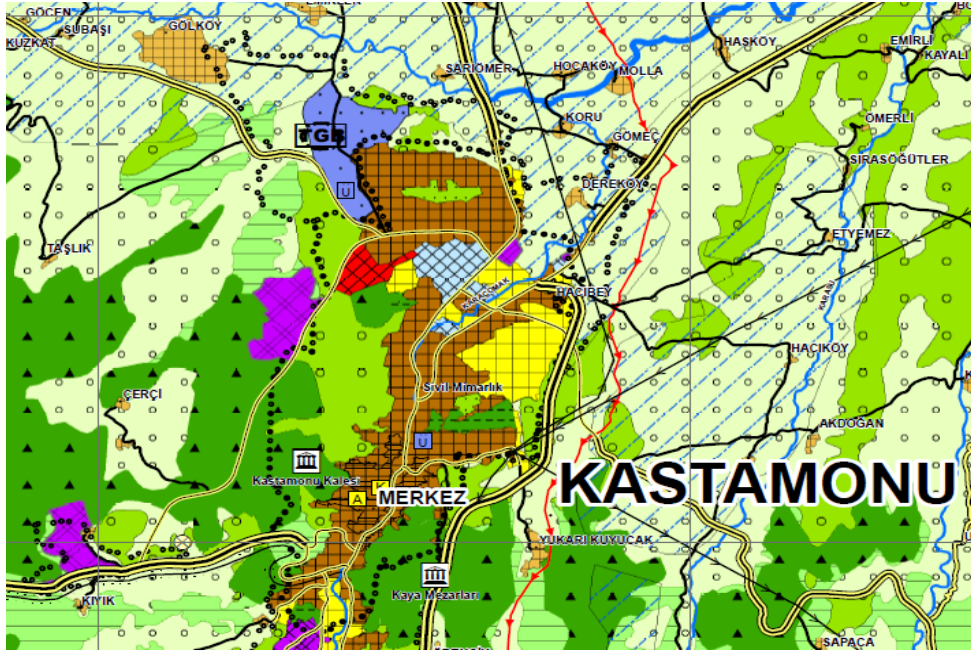
Mekânsal planların yasal altlıkları incelendikten sonra planların temsil ettiği varlıkları ve temsil şekillerini incelemek amacıyla ÇŞB'nin yayımladığı her kademe plan için, ana başlıklar ve alt başlıklar halinde yayımlanan gösterim tabloları ve farklı kademelerdeki planların ortak gösterimlerini içeren gösterim tablosu incelenmiştir. Böylece ilgili düzeydeki planın neleri kapsayabileceği, ne gibi bilgileri içinde barındırabileceği tespit edilmiştir. Gösterim tablolarının incelenmesinin sebebi, var olan her planın sadece plan bölgesinde bulunan alanlar mahiyetinde plan lejantında temsil edilebilmesi, ÇŞB'nin yayımladığı gösterim tablolarının ise kademesine göre planın gösterebileceği tüm detayları içermesidir. Bir başka deyişle ÇŞB gösterim tabloları Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'nin son kısmında bulunan detay ve öznitelik kataloglarına benzetilebilmektedir. Söz konusu kademedeki planın içerebileceği tüm bilgileri gösterdiğinden dolayı ÇŞB gösterim tabloları incelenerek, planların kapsamının eksiksiz anlaşılması sağlanmıştır. Tablo 1'de nazım imar planı (NİP) için yayımlanan gösterim tablosundan bir kesite yer verilmiştir.

**Tablo 1:** Mekânsal planların içerdiği bilgi ve gösterimler tablosu (ÇŞB)

Çizgi Tipi	Sembol	Tarama	Alan Renk Kodu (RGB)
<b>Sosyal Altyapı Alanları</b>			
Sosyal ve Kültürel Tesis Alanı			
Sosyal Tesis Alanı			115/212/255
Kültürel Tesis Alanı			115/212/255
Kreş, Gündüz Bakımevi			115/212/255
Açık Spor Tesisi Alanı			137/205/102
<b>Açık ve Yeşil Alanlar</b>			
Park	PARK		36/156/34
Çocuk Bahçesi ve Oyun Alanı	 CB		36/156/34
Pasif Yeşil Alan			99/186/82
Rekreasyon Alanı			36/156/34

Gösterim tablolarının incelenmesinin akabinde plan notları, lejant ve ayrıntılı raporları ile bir bütün olarak hazırlanan mekânsal planlar incelenmiştir. Plan paftalarının ve planlama işleminin unsurlarından olan plan notlarının, hangi bilgileri içerdiği ve mülkiyet üzerine ne gibi haklar, kısıtlamalar ve sorumluluklar getirdiğini tespit etmek amacıyla gerçek planlar üzerinden bir inceleme yapılmıştır. Bu amaçla 1/100 000 ölçekli Sinop-Kastamonu-Çankırı ÇDP (Şekil 4), 1/5000 ölçekli Hadımköy sanayi bölgesi NİP (Şekil 5a), 1/1000 ölçekli Hadımköy sanayi bölgesi 2. etap uygulama imar planı (UIP) (Şekil 5b) ve bu planların plan notları incelenmiştir. Plan paftalarında lejant yardımı ile ÇŞB gösterim tablosundan yararlanılarak, bölgedeki alanların fonksiyonları ve coğrafi özellikleri temsil edilirken, plan notlarında genel ve özel hükümler altında

paftada gösterilemeyecek bilgilere ve HKS'lere değinilmektedir. Planlamanın diğeri bir unsuru olan plan açıklama raporları; planlama alanının konumu, alana dair bilgiler, kurumların görüşleri, projeksiyonlar ve analizleri içermektedir. Planlamaya altlık oluşturan ve planlama öncesi çalışmaları içeren bu belgeler, çalışmanın sonuçlarını etkilemeyeceği için incelemeye alınmamıştır.



Şekil 4: 1/100 000 ölçekli Sinop-Kastamonu-Çankırı çevre düzeni planından bir kesit (ÇŞB)

Çalışmanın metodolojisi noktasında tanıtılan yasal belgeler ve farklı kademedeki mekânsal planlar, çalışma verisi olarak değerlendirilmiştir. Yasal dayanaklar ele alınarak mekânsal planlama sisteminin özü ve sistematığı anlaşılmış, planlar arasında ilişki kurulmuştur. Örnek planlar, plan notları ve gösterim tabloları incelendiğinde ise nicel araştırma tekniği ile farklı kademelerdeki planların içerdiği bilgiler karşılaştırılmış ve farklar ortaya konmuştur. Materyaller incelenerek AİTM içerisinde mekânsal planlama paketi oluşturulması için hangi özelliklerin belirlenmesi gerektiği tespit edilerek bu veriler elde edilmiştir. Elde edilen özelliklerin neye göre kategorize edilmesi ve nasıl sunulması gerektiğine karar verilerek bulgular kısmında sunulmuştur.

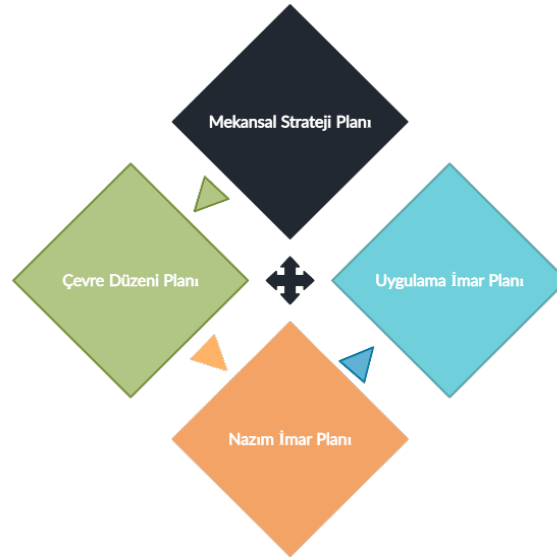


Şekil 5: Hadımköy bölgesine ait NIP (a) ve UIP'den (b) kesitler

### 3. Bulgular

Kalkınma planlarının emrettiği şekilde varsa bölge planları, bölgesel gelişme stratejileri ve diğer strateji belgelerinde ortaya konulan hedefler dikkate alınarak oluşturulan mekânsal strateji planları ile başlayan, üst kademe planların alt kademe planları yönlendirme ilkesi doğrultusunda en alt seviyede imar planlarının oluşturulması ile son bulan Türkiye mekânsal planlama faaliyetleri işleyişi bu çalışmada ele alınmıştır.

Çalışma neticesinde yasal belgelerden çıkarılan ana planlama hiyerarşisi Şekil 6'da sunulmuştur. Bu hiyerarşiye göre, planlar üst ölçekten alt ölçeğe kademeli bütünlük ilkesi ile tanımlanan yaklaşım doğrultusunda üst kademesinde bulunan plana uygun hazırlanmalı, üst kademe planda meydana gelen değişikliklere göre alt kademe plan bir yıl içerisinde revize edilmelidir. Planlar üst kademeden alt kademeye boşluğa mahal vermeden ilerliyor gibi gözükse de ülkemizde planlama eksikliğinden dolayı her kademe plan her bölgede bulunmamaktadır. Bu sorunun ortaya çıkardığı durum neticesinde mekânsal strateji planı olmayan bölgelerde çevre düzeni planı, çevre düzeni planı bulunmayan bölgelerde ise NİP çalışmaları yapılabilmektedir. Bu duruma istisna olarak sadece NİP bulunmayan bölgelerde UİP yapılamamaktadır. UİP yapılabilmesi için planlama bölgesinde hazırlanmış bir NİP bulunma şartı vardır. Özel durumlarda bu iki plan birlikte hazırlanabilmektedir. Türkiye'de mekânsal planlama, ana hiyerarşi bakımından belirli kurumların (ÇŞB, il özel idareleri, belediyeler) kontrolünde olsa da özel alanlar için oluşturulan özel amaçlı planların yapımı ve denetimi ile yetkili birçok kurum bulunmaktadır. Bundan dolayı planlama sektörü kendi içerisinde sistematik bir birlikte çalışabilirlik organizasyonuna ihtiyaç duyar. Yetki alanları, plan yapma, onama ve denetleme görevleri net olarak tanımlanmalıdır. Mekânsal planlama misyonunda birçok kurum görev olsa da kurumların yaptığı ve yaptırdığı her ölçekte planı denetleme yetkisi, ÇŞB'ye ait olduğundan dolayı bakanlık mekânsal planlamada en yetkili kurum niteliğindedir.



Şekil 6: Ana mekânsal plan hiyerarşisi

Çalışmanın amacı arazi yönetiminde HKS oluşturan planlama etmenlerinin tespiti ve AİTM'de HKS'lerin eksiksiz temsili için planlama paketinin oluşturulmasına altlık oluşturacak çıktılar elde etmektir. Söz konusu çıktılar mekânsal planlama sisteminde halihazırda var olan bilgilerdir. Elde edilen çıktılar var olan bu bilgileri AİTM'ye aktarılabilir hale getirmek için kullanılacaktır. Mekânsal planlama paketi oluşturulması amacı doğrultusunda öncelikle Türk hukuk sisteminde mekânsal planlama ile ilgili kanun ve yönetmelikler incelenerek çeşitli kademelerdeki planların; yapım yetkisi, denetleme yetkisi, ölçeği, hiyerarşisi ve amacı gibi bilgileri belirlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2: Ana planlama hiyerarşisinde bulunan planların genel özellikleri

	Mekansal Strateji Planı	Çevre Düzeni Planı	Nazım İmar Planı	Uygulama İmar planı
<b>Yapım Yetkisi</b>	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	ÇŞB,Büyükşehir belediyeleri,İl özel İdaresi	ÇŞB,Belediyeler,İl özel İdaresi	ÇŞB,Belediyeler,İl özel İdaresi
<b>Denetleme Yetkisi</b>	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	ÇŞB,İl genel meclisi,Belediye meclisi	ÇŞB,İl genel meclisi,Belediye meclisi	ÇŞB,İl genel Meclisi,Belediye Meclisi
<b>Kapsam</b>	Ülke bütünü,Karasuları, Ülke münhasır ekonomi bölgeleri	Bir veya birden fazla il sınırları,sosyal,ekonomik veya idari benzerlik gösteren bölgeler ve havzalar	Nüfusu 10 Bini geçmiş kentsel ve kırsal yerleşme alanları	Yerleşim,Ticaret, Sanayi alanları, Koruma bölgeleri, Sahil şeridi,Afet tehlikeli alanlar, İslah bölgeleri ve Turizm alanları
<b>Ölçek</b>	1/250.000-1/500.000	1/50.000-1/100.000	1/5.000-1/25.000	1/1.000
<b>Plan Unsurları</b>	Sektörel paftalar,Tematik paftalar,Plan raporu	Plan, Plan notları, Plan raporu,Lejant	Plan,Plan notları,Plan raporu,Lejant	Plan, Plan notları,Plan raporu,Lejant
<b>Yönlendirici Belgeler</b>	5 Yıllık Kalkınma Planları,3194 Sayılı İmar Kanunu, MPYY	3194 İmar Kanunu ,MPYY,Eşik analizleri, Kurum görüşleri	3194 İmar Kanunu ,MPYY,PAİY, Kurum görüşleri	3194 İmar Kanunu ,MPYY,PAİY, kurum görüşleri
<b>Amaç</b>	Doğal,tarihi kültürel değerlerin korunması,afet risklerinden korunulması, kaynak kullanımında etkinlik,yer altı ve yer üstü kaynakların ekonomiye kazandırılmasına,doğal, tarihi ve kültürel değerlerin korunmasına ve geliştirilmesine,yerleşmeler, ulaşım sistemi ile kentsel, sosyal ve teknik altyapının yönlendirilmesine dair mekânsal stratejileri belirlemek	Kentsel ve kırsal yerleşim, gelişme alanları, sanayi, tarım, turizm, ulaşım, enerji gibi sektörlerle ilişkin genel arazi kullanım kararlarını belirlemek,yerleşme ve sektörler arasında ilişkiler ile koruma-kullanma dengesini sağlamak, kıyı alanlarının korunması,imar planlarında güüzerghayı netleşecek yolların genel şeklini belirlenmesi	Uygulama imar planına esas oluşturmak	Yapılaşma ve uygulamaya ilişkin kararları, uygulama için gerekli imar uygulama programlarına esas olacak uygulama etaplarını ve diğer bilgileri ayrıntıları ile göstermek

İlgili kanun ve yönetmelikler incelendiğinde ana mekânsal planlama kademesi dışındaki planların varlığı da göze çarpmaktadır. Bu planlar özel alanlarda özel amaçlarla yapılan planlardır ve çevre düzeni planının veya imar planının yerini tutan mekânsal planlar şeklinde iki kategoride ele alınır. Tablo 3'te özel planlar yerini tuttuğu ana kademe plan ile birlikte verilmiştir. Özel amaçlarla özel planların yapılabilmesi için plan bölgesi ilgili kurum tarafından tespit edilmeli ve ana planlama hiyerarşisinden çıkarılmalıdır. Özel planları yapma, yaptırma ve onama yetkisi spesifik planlama amacına göre yerel idareler dışında konuyla ilgili bakanlık veya müdürlüklerdedir. Özel planların dışındaki tamamlayıcı planlar ise imar planı olan bölgelerde değişiklikler ile oluşan revizyon imar planı ve yeni yerleşim alanlarının kullanıma açılması için üretilen mevzi imar planlarıdır.

Tablo 3'te bahsi geçen planların hazırlanabilmesi için öncelikle bu alanların ilgili kurum tarafından ilan edilmesi ve planların ana kademe planlardan çıkarılması işlemleri gerçekleşmelidir. Bu işlemler gerçekleştirildikten sonra plan yapma ve yaptırma yetkisi olan kurum planları yapar ya da yaptırır. Söz konusu planların ana mekânsal planlama hiyerarşisinin dışında olması, üst kademe planlardan bağımsız olduğu anlamına gelmemektedir. Özel alanlarda yapılan özel planların uyması gereken şartlar hakkında üst ölçekli plan notlarında yönlendirmeler bulunmaktadır.



Çalışmanın amacı doğrultusunda en önemli kısım, planların temsil ettiği HKS'lerin tespit edilmesidir. Bu nedenle çalışmada elde edilmek istenen ana çıktı planların ve plan notlarının içerdiği bilgilerin belirlenmesidir. Söz edilen bilgileri elde etmek amacıyla en küçük kapsamda bir il, bölge ve havza için yapılabilen çevre düzeni planı ile daha kapsamlı şekilde doğrudan parsel bazında bilgi içeren nazım ve uygulama imar planları incelenmiştir. İlgili planların pafta gösterimlerinden ve plan notlarından değindikleri konular ve ne gibi HKS'ler içerebildiği tespit edilmeye çalışılmıştır. İncelenen planlar, sadece kendi kapsadıkları alandaki bilgileri temsil ettiğinden ilgili kademedeki planın daha fazla ne gösterebileceğinin anlaşılması için ÇŞB'nin yayımladığı plan gösterimleri tabloları da incelenerek çalışma desteklenmiştir. İncelemeler sonucunda ÇDP, NİP ve UİP'lerin plan paftasında temsil ettikleri bilgiler ile plan notlarında değindikleri konular belirlenmiş, elde edilen çıktılar plan kademelerine göre plan paftası ve plan notları şeklinde Tablo 4'te sunulmuştur.

Elde edilen veriler incelendiğinde ÇDP'lerin plan paftalarında büyük alanların temsil edildiği ve sınıflandırıldığı görülmektedir. ÇDP'lerde bu sınıfların net bir şekilde kapsadığı alanın sınırları belirtilmemektedir. Alan sınıflarını; kentsel-kırsal yerleşme alanları, tarım alanları, teknoloji geliştirme alanları, depolama alanları, tarım alanları vb. oluşturmaktadır. ÇDP'ler günümüzdeki kullanımların yanında gelecek için planlanan arazi kullanımlarını da içermektedir. Planlanan kullanımlarda kamu kurumlarının yatırım fikri değiştirmesi halinde planda değişikliğe gidilmektedir. Alan kullanım gösterimleri dışında ÇDP'ler önemli turizm noktalarını ve korunması gereken sit alanlarını da göstermektedir. ÇDP'lerin plan notları ise alt kademe planların yapılmasında nasıl bir yol izleneceği, temalarına göre bölgelerde çevre koruma adına nasıl tedbirler alınacağı ve özellikle tarım, sanayi, ticaret alanlarında yapılaşma koşullarının nasıl olması gerektiği hakkında kararlar içermektedir. Üst ölçekli bir plan kademesi olmasına rağmen ÇDP'lerin ilgili alanlarda inşaat alanı ve yapı geometrisi ile ilgili sınırlamalar içermesi hiyerarşi açısından önemlidir.

**Tablo 3:** Özel alanlarda ana mekânsal planların yerini alan planlar

Özel Amaçlı Planlar	
Çevre Düzeni Planı Niteliğinde Olan Planlar	İmar Planı Niteliğinde Olan Planlar
Her Tür ve ölçekte Koruma Alan Planları	Koruma Amaçlı İmar Planı
Kültür ve Turizm Koruma ve Gelişim Planı	Turizm Merkezi İmar Planı
	Özel Çevre Koruma Bölgesi İmar Planı
	Köy Yerleşme Planı
	Organize Sanayi Bölgelerinde İmar Planları
	Teknoloji Geliştirme Bölgesinde İmar Planları
	Özel Orman Alanlarında İmar Planları
	Özelleştirme Alanlarında İmar Planları
	Toplu Konut Alanları İmar Planları
	Su Havzalarında İmar Planları
	Afet Riski Altındaki Alanlarda İmar Planları
	Tarım Alanlarında İmar Planları
	Gecekonduların İslah Bölgesi İmar Planları

Tablo 4: Mekânsal planların ve plan paftalarının içerdiği bilgi ve gösterimler

Çevre Düzeni Planı Plan Paftası	Çevre Düzeni Planı Plan Notları	Nazım İmar Planı Plan Paftası	Nazım İmar Planı Plan Notları	Uygulama İmar Planı Plan Paftası	Uygulama İmar Planı Plan Notları
İdari Merkezler	Plan amaç, hedef ve kapsamı ile planlama ilkeleri	Ana yollar/yol genişletimleri, viyadükler ve kavaklar	Plan revizyonu gerektirmeyen ve gerektiren durumlar	Arazi Fonksiyonları	Eğime göre bodrum kat inşaa ve kullanımı sınırlamaları
Kentsel ve Kırsal Yerleşim Alanları	Denetleyici durumdaki kurumların görevleri	Yerleşim öncelikli alanlar	Özel kanunlarla belirlenen ve NİP kapsamında olmayan planlar	Yapılaşma koşulları (Yapı nizamı, çekme mesafeleri, TAKS/KAKS, yükseklikler)	Yapı yüksekliği mesafesi sınırı ile ilgili uygulama şartları
Gelişim Alanları	Plan yürürlüğe girdikten sonra plan alt bölgelerinde ve dışında yapılacak planlar	Açık ve yeşil alanlar	Avan projelerin tayması gereken şartlar	Yerleşim öncelikli Alanlar	Plan paftası üzerinden yapılacak hesaplamalarda uyulacak esaslar
Kentsel ve Bölgesel Sosyal Altyapı Alanları	Mesken alan olup imar planı olmayan bölgelerde yapılacak uygulamalar	Belediye hizmet alanları	NİP onaylanmadan önce bölgede bulunan onaylı imar planlarının durumu	Yapı adalarını ayıran yol genişlikleri	Emsal hesabına dahil edilmeyecek kullanımlar
Bugünkü arazi kullanımı devam ettirilerek korunacak alanlar	Gelişim bölgelerinde NİP ve UİP yapma şekilleri	Askeri yasak bölgeler	Alt ölçekli planlama esasları	Yapı yüksekliği sınırı, kademeli hat, cephe çizgisi ve ifraz hattı	Yapılaşma koşulları belirlenmiş alanlarda uygulama esasları
Afet Tehlikeli Alanlar	Planın onayından önceki planlara geçerliliği şartları	Sınırlar: İdarî, Plan Onama, 18.md uygulama, Kırsal Seridi, Riskli alan vb.	Uygulamada uyulacak yasal belgeler ve fiirî alınacak kurulumlar	Dere, mera ve havza alanları	Ifraz işlemi sonrası ilgili kullanımlar için gerekli minimum alanlar
Karayollar,otoyollar, deniz ve demiryolları ile güzergahları	Arazi kullanım biçimi göre uygulama hükümleri	Kentsel sosyal altyapı alanları	Çevre ve insan sağlığının korunması için alınacak önlemler	Teknik altyapı alanlarının detaylı gösterimi	Plan yapan veya yaptıran idarenin aldığı meclis kararları
İdarî,Planlama ve Koruma bölgesi sınırları	İmar planları hazırlanırken ÇDP de uyulması gereken hükümler	Teknik altyapı alanları	Mevcut ve gelişme konut alanlarının yoğunluğuna göre alt ölçekli planlamada dikkate alınacak brüt nüfus yoğunlukları	Kategorize edilmiş kentsel sosyal altyapı alanları	Konuya göre görüldü alınacak kurulumlar
Kentsel Çalışma Alanları	İmar planı çalışmalarında kurumların görüşü alınacak konular	Havza, mera, tarım ve turizm Araçları	Planı bulunmayan kırsal yerleşimlerde uygulama ve plan esasları	Otopark olarak kullanılabilir alanlar	İmar uygulaması sırasında uyulacak esaslar
Büyük Açık Alan Kullanımları	ÇDP onayından sonra plan değişikliği gerçekleştirilecek kullanım revizyonları	Kentsel çalışma alanları	Kültür varlıklarının ve flora özelliği taşıyan açıkların korunması	Enerji nakil hatları	Su kaynakları koruma kuşakları ve kıyak derecesine göre uyulacak koşullar
Ekolojik Önele Sahip Alanlar ve Sit Alanları	Uygulamada bayıruulacak Kanun ve yönetmelikler	Afet tehlikeli alanlar	Su kaynakları ve karayolu koruma kuşaklarının belirlenmesinde uyulacak şartlar	Açık ve yeşil alanlar	Dere koruma kuşakları yapılaşma koşulları
Enerji Üretim,Depolama ve Sulama Alanları	ÇDP'de gösterilen kentsel yerleşim alanlarının hedeflere göre yerleşime açılması esasları	Özel kanunlarla belirlenen alan ve sınırlar	Çalışma alanlarında uygulama esasları	Kategorize edilmiş kentsel çalışma alanları	Yapı ruhsatı ile ilgili düzenlemeler ve parsellerin cephe alacağı yolları belirleme esasları
Su yüzeyleri ve Atık arıtma tesisleri	Planın onayından sonra yapılacak devlet yatırımlarının plana hienmesi	Koruma ve sit alanları	Tanımsal amaçlı yapılaşma koşulları	Ulaşım sistemlerine ait yapılar ve güzergahlar	Konumak altyapı alanları, Karayolu yol kenar koruma kuşakları ve otopark olarak kullanılacak alanların taşıyacağı nitelikler
	Konut ve tarım amaçlı yapılarda minimum ifraz, maksimum inşaat sınırlamaları		Afet risklerinin azaltılması için uygulama esasları	Koruma bölgeleri ve afet tehlikeli alanlar	
	Ölçekten dolayı kullanılan sembollerin tam alan kullanımını göstermediği ve alt ölçekli planlarda keskinlik kazanacağı		Kazı ve dolgu miktarı sınırlamaları	Atık depolama ve geri dönüştürme alanları	
	ÇDP'de gösterilen kentsel yerleşim alanlarının hedeflere göre yerleşime açılması esasları		Planın yürürlüğe girdiği tarihten sonra yapı ruhsatı bayıruulurunda aranacak şartlar		
	Depolama ,sanayi ve maden bölgelerinde uyulacak ruhsat şartları ve yapılaşma koşulları				
	Yapılaşma şartları belirlenmiş alanlarda emsale konu olmayan kullanımlar				
	Özel kanunlarla planlama yetkisi verilmiş alanlarda uyulacak şartlar				

İmar planları mercek altına alındığında ise, imar planlarının ÇDP'lere göre daha fazla detay içerdiği ve uygulamaya dönük olduğu görülmektedir. Bu planlardan NİP pafta gösteriminde; yerleşim alanlarındaki sosyal, teknik, kültürel ve eğitim altyapılarına, bölgelerin yoğunluklarına, genel arazi kullanımlarına ve yerleşme kısıtlı alanlara yer verilmektedir. NİP plan notlarında ise UİP etapları hakkında uyulacak sorumluluklar, kazı-dolgu kısıtlamaları, koruma kuşaklarının oluşturulması

şekilleri, kültür varlıklarının korunması vb. bilgiler sunulmuştur. UİP paftalarında NİP'lerde sunulan bilgilerin detaylandırılması ve parsel seviyesinde temsili sağlanmıştır. Bunun dışında önemli bir karar gösterimi olan parsellerde yapılaşma koşulları da UİP'lerde sunulmaktadır. Ayrıca UİP'leri diğer planlardan ayıran bir diğer özellikte sadece bu plan paftaları üzerinde ölçü alınıp hesap yapılabilmesidir. UİP plan notlarında daha çok imar uygulaması ile ilgili uygulama şartları yer almaktadır. Ayrıca notlarda; eğime göre bodrum kat kazanımı, otopark olarak kullanılacak alanlar, emsal hesabına dahil edilecek kullanımlar, belediye meclis kararları, korunacak altyapı alanları ve ruhsat işlemleri ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Planlarda yer alabilecek HKS'ler sınırları belirli ve belli bir standarda oturtulmuşken plan notlarında yer alabilecek bilgiler ve HKS'ler geniş bir kapsamdadır ve herhangi bir standardı olmadığı görülmektedir. Bundan dolayı plan notlarında yer alan hak, kısıtlılık, sorumluluklar çeşitlidir ve esnek bir şekilde bir sınırlamaya maruz kalmadan genişletilebilir.

Çalışma neticesinde elde edilen bulgulardan olan plan hiyerarşisi bilgisi ile mekansal plan paketinin sınıfları oluşturularak aralarında kapsama, içerme, genelleştirme gibi ilişkiler kurulabilecektir. Diğer bir bulgu olan planların genel özellikleri ile oluşturulan sınıfların öznitelikleri ve veri tipleri oluşturulabilecektir. Özel amaçlarla özel bölgelerde yapılan planların bilgisi sayesinde de mekansal planlamanın amacı öznitelik olarak sınıflara eklenebilecektir. Çalışma kapsamında son bulgu olan planların paftalarının ve plan notlarının içerdiği bilgiler ise planların içerdiği HKS kod listelerinin oluşturulmasında ve AI\_HKS sınıfı ile ilişki kurulmasında kullanılabilir.

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, arazide ve maliklerin mülkiyet haklarında plan aracılığıyla oluşan HKS'lerin AİTM standardında temsiline sağlanabilmesi için Türkiye mekansal planlama sistemi incelenmiştir. İnceleme kapsamında kanunlar, yönetmelikler, ilgili tablolar, örnek planlar ve plan notları gözden geçirilmiştir. İncelemeler sonucunda farklı kademelerdeki mekansal planların genel özellikleri ve ada, parsel bazında doğrudan etkili olacak HKS bilgileri içeren ÇDP ile imar planlarının içerikleri elde edilmiştir. Planların içerikleri incelendiğinde mekansal planların haklar ve kısıtlamalarla birlikte birçok sorumluluk içerdiği görülmektedir. AİTM'nin mevcut halinde kaynağını aldığı tespit ve tescil işlemleri genelde hak ve kısıtlama sağlar. Mekansal planların modele entegrasyonu birçok sorumluluğun da temsil edilmesini sağlayacaktır.

Geleneksel 2B kadastro arazi idaresi, kentsel kaynak ve arazi yönetiminde hala baskın bir rol oynasa da, 3B durumlarla ilgili kayıt için özel ihtiyaçlar, arazi yönetiminde gerçek zorlukları ortaya çıkarmaktadır (Guo vd., 2011). 3B kadastro ve tescil nesnelere görselleştirilmesi kapsamında mekansal planlar önem arz etmektedir. Araziyi etkileyen hak ve kısıtlamaların tam olarak temsil edilmesi dünyada olduğu gibi Türkiye arazi yönetim sistemleri için de önemlidir. Bu gerekliliği sağlamak için araziye etki eden her HKS tespit edilmeli, belgelenmeli ve standart haline getirilmelidir. Gelecek çalışmalarda, bu çalışmanın devamı olarak bu çalışma bulguları kullanılarak planların ve plan notlarının içerdiği HKS'lerin kategorize edilmesi, tespit edilen kategorilere göre mekansal planlama paketi, sınıfları, öznitelikler, kod listelerinin oluşturulması ve mekansal planların AİTM Türkiye ülke profiline entegre edilmesi üzerine çalışmalar yapılması düşünülmektedir.

#### Yazar Katkısı

**Okan Yılmaz:** Tasarım, Literatür taraması, Veri toplama, Analiz ve yorumlama, Yazım. **Mehmet Alkan:** Fikir, Veri toplama, Analiz ve yorumlama, Denetleme, Makale değerlendirme.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, bu çalışmada bilinen ilgili herhangi bir finansal veya finansal olmayan çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## Kaynaklar

- Aien, A., Rajabifard, A., Kalantari, M., & Shojaei, D. (2015). Integrating legal and physical dimensions of urban environments. *ISPRS international journal of geo-information*, 4(3), 1442-1479.
- Alattas, A., Zlatanova, S., Van Oosterom, P., Chatzinikolaou, E., Lemmen, C., & Li, K. J. (2017). Supporting indoor navigation using access rights to spaces based on combined use of IndoorGML and LADM models. *ISPRS international journal of geo-information*, 6(12), 384.
- Alattas, A., Kalogianni, E., Alzahrani, T., Zlatanova, S., & van Oosterom, P. (2021). Mapping private, common, and exclusive common spaces in buildings from BIM/IFC to LADM. A case study from Saudi Arabia. *Land Use Policy*, 104, 105355.
- Alkan, M., & Polat, Z. A. (2017). Design and development of LADM-based infrastructure for Turkey. *Survey review*, 49(356), 370-385.
- Alkan, M., & Polat, Z. A. (2018). Analysis of Studies on the Land Administration Domain Model in Turkey. *7th International FIG Workshop on the Land Administration Domain Model*.
- Atazadeh, B., Kalantari, M., Rajabifard, A., Ho, S., & Ngo, T. (2017). Building information modelling for high-rise land administration. *Transactions in GIS*, 21(1), 91-113.
- Atazadeh, B., Rajabifard, A., & Kalantari, M. (2018). Connecting LADM and IFC standards—pathways towards an integrated legal-physical model. *7th International FIG Workshop on the Land Administration Domain Model*.
- Aydinoğlu, A. Ç., & İnan, H. İ. (2014). Developing land registry and cadastre base data model for land management applications. *FIG Congress 2014*, 16-21.
- Bydłosz, J., Bieda, A., & Parzych, P. (2018). The implementation of spatial planning objects in a 3D cadastral model. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(4), 153.
- Cheng, J., Turkstra, J., Peng, M., Du, N., & Ho, P. (2006). Urban Land Administration and Planning in China: Opportunities and Constraints of Spatial Data Models. *Land Use Policy* 23(4):604–16.
- Çağdaş, V., Kara, A., van Oosterom, P., Lemmen, C., Işıkdag, Ü., Kathmann, R., & Stubkjær, E. (2016). An initial design of ISO 19152: 2012 LADM based valuation and taxation data model. *Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 4, 145-154.
- Çete, M., & İnan, H. İ. (2013). Kadastroda Modern Eğilimler ve Türkiye Kadastro. *14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*.
- Döner, F. (2010). *Türk Kadastro Sistemi için Üç Boyutlu Yaklaşım* (Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Guo, R., Ying, S., Li, L., Luo, P., & van Oosterom, P. (2011). A Multi-jurisdiction Case Study of 3D Cadastre in Shenzhen, China as Experiment using the LADM. *2nd International Workshop on 3D Cadastres*.
- Guo, R., Li, L., Ying, S., Luo, P., He, B., & Jiang, R. (2013). Developing a 3D cadastre for the administration of urban land use: A case study of Shenzhen, China. *Computers, Environment and Urban Systems*, 40, 46-55.
- Guo, R., Luo, F., Zhao, Z., He, B., Li, L., Luo, P., & Ying, S. (2014). The applications and practices of 3D cadastre in Shenzhen. *Proceedings of the 4th International Workshop on 3D Cadastres*.
- Gürsoy Sürmeneli, H., & Alkan, M. (2020). Towards standardisation of Turkish cadastral system using LADM with 3D cadastre. *Survey Review*, 1-16.
- Indrajit, A., van Loenen, B., Ploeger, H., & van Oosterom, P. (2020a). Developing a spatial planning information package in ISO 19152 land administration domain model. *Land Use Policy*, 98, 104111.
- Indrajit, A., Jaya, V. E., van Loenen, B., Lemmen, C., van Oosterom, P., Ploeger, H., & Theodore, R. (2020b). The Role of The Revised Land Administration Domain Model and Spatial Data Infrastructure In Improving Ease Of Doing Business In Indonesia. *Proceeding of the 2020 World Bank Conference on Land and Poverty*.
- Indrajit, A., van Loenen, B., Jaya, V. E., Ploeger, H., Lemmen, C., & van Oosterom, P. (2021). Implementation of the spatial plan information package for improving ease of doing business in Indonesian cities. *Land Use Policy*, 105, 105338.

- İnan, H. (2010). *Arazi idare sisteminin tarım bileşeni olarak konumsal veri modeli geliştirilmesi* (Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- İnan, H., & Yomralooğlu, T. (2011). Arazi İdaresi İçin Konumsal Modelleme. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, (104), 21-29.
- Kalogianni, E., Janečka, K., Kalantari, M., Dimopoulou, E., Bydłoz, J., Radulović, A., Vučić, N., Sladić, D., Govedarica, M., Lemmen, C., & van Oosterom, P. (2021). Methodology for the development of LADM country profiles. *Land Use Policy*, 105, 105380.
- Lemmen, C. H. J., van Oosterom, P. J. M., Uitermark, H. T., Zevenbergen, J. A., & Cooper, A. K. (2011). Interoperable domain models: The ISO land administration domain model LADM and its external classes. *28th Urban Data Management Symposium*.
- Lemmen, C. H. J., van Oosterom, P. J., Kara, A., Kalogianni, E., Shnaidman, A., Indrajit, A., & Alattas, A. (2019). The scope of LADM revision is shaping-up. *8th Land Administration Domain Model Workshop*.
- Paasch, J. M., van Oosterom, P., Lemmen, C., & Paulsson, J. (2015). Further modelling of LADM's rights, restrictions and responsibilities (RRRs). *Land use policy*, 49, 680-689.
- Polat, Z. A., Alkan, M., & Lemmen, C. H. J. (2020). A LADM-based temporal cadastral information system for modelling of easement rights—A case study of Turkey. *Survey review*, 52(370), 1-12.
- Rajabifard, A., Atazadeh, B., Yip, K. M., Kalantari, M., Rahimipour Anaraki, M., Olfat, H., Badiee, F., Shojaei, D., Lim, C. K., & Mohd Zain, M. A. (2019). Design and Implementation of a 3D National Digital Cadastral Database based on Land Administration Domain Model: Lessons Learned from a 3D Cadaster Project in Malaysia. *8th Land Administration Domain Model Workshop*.
- SFOTS (2015). *The Cadastre of Public-law Restrictions on Landownership (PLR-cadastre)*. Swiss Federal Office of Topography swisstopo.
- Stuedler, D. (2014). *CADASTRE 2014 and Beyond*. Copenhagen, Denmark: International Federation of Surveyors (FIG)
- Uitermark, H. T., van Oosterom, P. J. M., Zevenbergen, J. A., & Lemmen, C. H. J. (2010). From LADM/STDM to a spatially enabled society: a vision for 2025. *Land Governance-Moving towards' land information 2025: next steps-Annual Bank Conference On Land Policy and Administration*.

## Web-NDefA: Açık kaynak kodlu GNSS tabanlı deformasyon analizi platformu

Mehmet Bak<sup>1\*</sup> , Rahmi Nurhan Çelik<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Ayazağa Kampüsü, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Sarıyer, İstanbul, Türkiye.

**Öz:** Jeodezinin temel araştırma alanlarından biri olan deformasyon analizi insan güvenliği için önemli bir rol oynar. Yer kabuğu hareketleri neticesinde ortaya çıkan yatay ve düşey konum değiştirmelerinin ve deformasyonların belirlenmesi ve buna göre muhtemel yıkımlara karşı önleyici tedbirlerin alınması son derece önemlidir. Kabuk deformasyon çalışmalarının belirlenmesi, bilim insanlarının karşılaştıkları en önemli problemlerden biri olarak düşünülür. Bilim insanları bu problemi çözmek için vakitlerinin büyük bir bölümünü ayırmak zorunda kalmaktadırlar. Bununla beraber yer kabuğu hareketlerine duyulan ilginin artması ve teknolojideki hızlı gelişmeler deformasyon analizinde yeni yazılımların kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Burada deformasyonların izlenmesine ve analiz edilmesine ilgi duyan uzman mühendislerin değerlendirme yazılımlarına daha rahat ulaşabilmeleri ve analizlerini daha kolay yapabilmeleri için statik deformasyon analizine yönelik açık kaynak kodlu yazılımlar kullanılarak bir web uygulaması geliştirilmiştir. Bu sayede bu uygulamadan; 3 boyutlu deformasyon analizi kapsamında jeodezik verileri organize etmek, gerektiğinde hızlı, doğru ve eksiksiz olarak bu verilerden elde edilecek sonuçlara erişmek isteyen her kişi veya kurum faydalanmış olacaktır. Bu bağlamda web platformunun oluşturulması için öncelikle Hiper Metin İşaretleme (Hyper Text Markup Language, HTML) ve Basamaklı Biçim Şablonları (Cascading Style Sheets, CSS) uygulamaları yapılmıştır. Ayrıca istemci taraflı programlama dillerinden olan Javascript ile deformasyon analizi uygulamaları geliştirilmiştir. Bu programı kullanmak için önce bir GNSS veri işleme programı olan Leica Geo Office yazılımından bir GPS kampanyasındaki baz vektörlerinin çözümlerini içeren Bilgi Değişimi için Amerikan Standart Kodu (American Standard Code for Information Interchange, ASCII) dosyası elde edilir ve uygulamaya aktarılır. Bu baz çözümleri ile web uygulamasında karşılaştırılacak periyotlar seçilir ve deformasyon analizi gerçekleştirilir. Sonuç olarak bu çalışmada, hazırlanan web uygulaması bir veri grubu ile değerlendirilecek ve platformun teknik altyapısı hakkında bilgi verilecektir. Böylece deformasyon analizinde kullanılan platformlara yeni bir boyut kazandırılacak ve kullanıcıların ihtiyaç duyabilecekleri statik deformasyon analizi sonuçları görsel olarak sunulacaktır.

**Anahtar Sözcükler:** GNSS, Deformasyon analizi, Açık kaynak kodlu yazılımlar

### Web-NDefA: Open source GNSS based deformation analysis platform

**Abstract:** Deformation analysis, one of the main research areas of geodesy, plays an important role for human safety. It is extremely important to determine the horizontal and vertical position changes and deformations due to the movements of the earth's crust and to take preventive measures against possible disasters accordingly. Identifying crustal deformation studies is considered as one of the important issues that scientists are trying to solve. Scientists have to devote a large part of their time to solving this problem. However, the increasing interest in crustal movements and rapid developments in technology have made it necessary to use new software in deformation analysis. Here, a web application has been developed using open source software for static deformation analysis so that expert engineers who are interested in monitoring and analyzing deformations can access evaluation software more easily and make their analysis easier. In this way, every person or institution that wants to organize geodetic data within the scope of 3D deformation analysis and access the results to be obtained from these data quickly, accurately and completely when necessary will benefit from this application. In this context, primarily HTML (Hyper Text Markup Language) and CSS (Cascading Style Sheets) applications were made to create the web platform. In addition, deformation analysis applications were developed with Javascript, one of the client-side programming languages. In order to use this program, first, the ASCII (American Standard Code for Information Interchange) file of the base solutions in a period is obtained from the Leica Geo Office program and transferred to the application. With these base solutions, the periods to be compared in the web application are selected and the deformation analysis is performed. As a result, in this study, the prepared web application will be evaluated with a data set and information about the technical infrastructure of the platform will be given. Thus, a new dimension will be added to the platforms used in deformation analysis and static deformation analysis results that users may need will be presented visually.

**Keywords:** GNSS, Deformation analysis, Open source software

\* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Tel: +90 352 437 0054

Geliş Tarihi/Received: 04.08.2021  
Kabul Tarihi/Accepted: 23.11.2021



0000-0002-9968-3950, bakmehmet@gmail.com (Bak M.)\*  
0000-0002-8131-2879, celikn@itu.edu.tr (Çelik R.N.)

## 1. Giriş

Son yüzyıldan itibaren insan etkinliklerinin ve gereksinimlerinin artması bilimsel ve teknolojik gelişmelere sebep olmuştur. Bu gelişmelerin mühendislik alanına yansması ise; gökdelenler, barajlar, madenler, uzun köprüler, deniz altı karayolu, demir yolu tünelleri şeklinde olmuştur. Ayrıca artan bu sanat yapılarının hareketlerinin izlenmesi de önem kazanmıştır. Teknoloji, bu hareketlerin izlenmesi için jeodezik deformasyon ölçme ve değerlendirme yöntemlerinin gelişmesine de neden olmuştur (Bak, 2014). Günümüzde artık mühendislik ölçmelerinin gayesi tünel, köprü, viyadük gibi büyük sanat yapıları ile depremlerden veya toprak kaymalarından etkilenen bölgeler gibi yerlerin hareketlerini analiz etmek olmuştur (Bayrak & Yalçınkaya, 2002). Bu kapsamda objedeki şekil, yer vb. değişiklikler deformasyon ölçmeleri ile tespit edilir. Bu ölçmelerin doğru ve eksiksiz olarak yapılması ya da yapılmaması deformasyon analizi sonuçlarına doğrudan yansımaktadır. O nedenle ölçmelerin titizlikle yapılması son derece önemlidir. Dolayısıyla da deformasyon ölçmelerinin analiz sonuçlarının şüpheye yer bırakmayacak şekilde güvenilir olması mühimdir. Mutat anlamda deformasyon analizi, faklı gözlem periyotlarındaki koordinat farklarının istatistiksel olarak karşılaştırılması temeline dayanır (Erdoğan & Mandalinci, 2019). Statik deformasyon modeli deformasyon analizi modellerinden biridir ve deformasyon vektörlerinin etkiyen kuvvetten ve zaman değişkeninden bağımsız olarak belirlenmesini sağlar (Doğanalp & Turgut, 2009). Hareketlerin izlenmesi çalışmalarında genellikle statik deformasyon modelleri kullanılmaktadır (Bayrak & Yalçınkaya, 2002).

İngiliz filozof Francis Bacon'un "bilgi güçtür" sözüyle birlikte bu güce ulaşım hızı artık büyük önem taşımaktadır. Bu çerçevede bilgi teknolojileri önemli rol oynamaktadır. Günbegün hızla gelişen bilgisayar teknolojileri sayesinde her türlü veriyi oluşturmak ve bu verilere ulaşmak mümkün olmaktadır. Bilgi aktarımı için kullanılan platformlar doğru kullanıldıklarında hız ve etkin kullanım sağlanmaktadır. Teknolojinin ilerlemesine paralel olarak internet teknolojisinin gelişmesiyle birlikte araştırma çalışmaları ve bilgi edinme istenilen her yerden belli bir platforma bağlı olmadan yapılabılır hale gelmektedir. Dolayısıyla bu gelişmeler deformasyon analizinde yeni yazılımların kullanılmasını zorunlu kılmıştır.

Gelişen teknolojinin etkisiyle GNSS verilerini değerlendirme işlemlerinde gelişmeler yaşanmıştır. Böylece konum belirlemek isteyen kullanıcılara kolaylıklar sunulmaktadır. Bu kapsamda ticari kuruluşlar, üniversiteler, araştırma merkezleri GNSS verilerinin analizleri için web tabanlı çevrimiçi servisler/platformalar geliştirmişlerdir. Bu servislerin genellikle ücretsiz olması, kullanıcı dostu olması, kullanım için sadece internet bağlantısına ve web tarayıcısına gereksinim duyması ve kullanıcıdan asgari seviyede GNSS bilgisi istemesi bu platformların kullanımlarının geniş ölçüde artmasını sağlamaktadır (Şimşek, Özarpacı, & Doğan, 2019). GNSS alıcısı ile gerçekleşen ölçmeler sonucunda elde edilen veriler bu servisler/platformalar aracılığıyla mutlak (PPP) veya rölatif (bağlı) konum çözüm yöntemleriyle değerlendirilebilmektedir. Bu tür GNSS servilerine örnek olarak Online Positioning User Service (OPUS), Australian Online Positioning Service (AUSPOS), Automatic Precise Positioning Service (APPS), Canadian Spatial Reference System Precise Point Positioning (CSRS- PPP), GPS Analysis and Positioning Software (GAPS), MAGIC-GNSS, Trimble RTX verilebilir. Bu tür servislerle (Receiver Independent Exchange) RINEX, RINEX2, RINEX3, ASCII, .zip, .gzip, .gz ve hatanaka formatlarında veriler sisteme yüklenebilir. Böylece mutlak veya bağlı çözümler, analizler gerçekleştirilerek gözlem noktalarının yer merkezli koordinatlarına hızlı ve kolay bir şekilde ulaşılabilir (Özdemir, 2022). Bu tür web tabanlı servisler kullanılarak koordinatların cm mertebesinde doğruluk ile elde edilebileceği görülmüştür (Pırtı & Yazıcı, 2022).

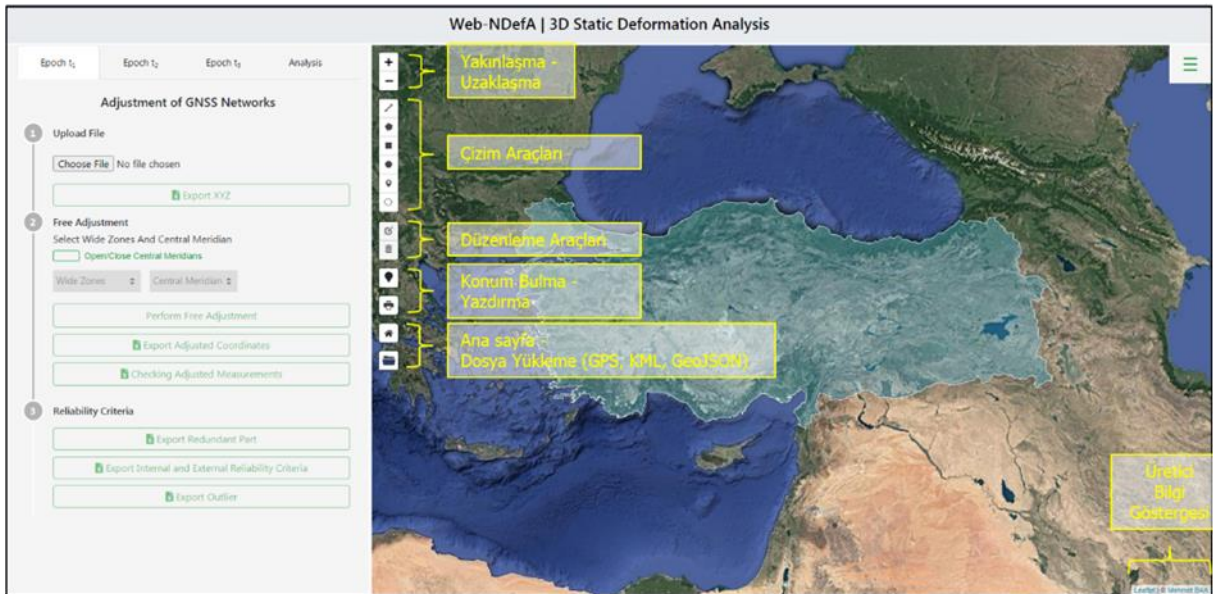
Web tabanlı çevrimiçi değerlendirme servislerince GNSS verilerinin analiz edilmesi hızlı ve kolay bir durum almışken, herhangi bir GNSS veri değerlendirme platformundan elde edilen verilerin yatay ve düşey deformasyon analizi için kullanılması ticari veya akademik yazılımlara bağlı olmaktadır. Bu süreç de analiz işlemlerine ulaşmayı zorlaştırmaktadır.

Bu nedenle bu çalışmada deformasyon analizi çalışmalarına kolay ulaşılabilmesi ve bir vizyon oluşturması için GNSS gözlemleri ile periyodik olarak izlenmiş jeodezik ağlarda deformasyonların statik modeller ve S-Transformasyon matrisi yöntemiyle belirlenmesine yönelik geliştirilmiş web tabanlı açık kaynak kodlu bir platform olan “Web-NDefA” hakkında bilgi verilecek ve bir veri grubu ile nasıl değerlendirileceği açıklanacaktır. Böylece bu uygulamanın hayata geçirilmesiyle statik deformasyon analizlerine ihtiyaç duyacak kullanıcılar dünyanın her yerinden saniyeler içinde ilgili web sayfasına ulaşacak ve analizlerini görsel bir şekilde yapacaklardır. Bu sayede deformasyon analizi hesabında kullanılan platformlara yeni bir boyut kazandırılacaktır.

## 2. Deformasyon Analizi Platformu: Web - NDefA

Bilgiye daha kolay ulaşılması amacıyla ve deformasyon analizi kapsamında jeodezik verileri organize etmek, gerektiğinde bu verilerden elde edilecek sonuçlara hızlı, doğru ve eksiksiz olarak erişmek isteyen her kişi veya kurum tarafından kullanılabilmesi için internet ortamında bir web uygulaması “Web-NDefA: Web-'N'etwork 'D'eformation 'A'nalysis” geliştirilmiştir (URL-1). Platform ile GNSS yardımıyla periyodik olarak izlenmiş univaryant dizaynli jeodezik ağlarda deformasyonların statik modellerle belirlenmesi amaçlanmıştır. Leica Geo Office (LGO) yazılımından çıkartılan bir kampanyadaki baz çözüm dosyalarının (ASCII) platforma yüklenmesinden sonra serbest dengeleme, güven ölçütleri, deformasyon analizi, karşılaştırılan periyotlardaki noktaların koordinat farkları, yer değiştirme vektörleri ve bu vektörlerin hata elipsleri işlemleri gerçekleştirilebilir.

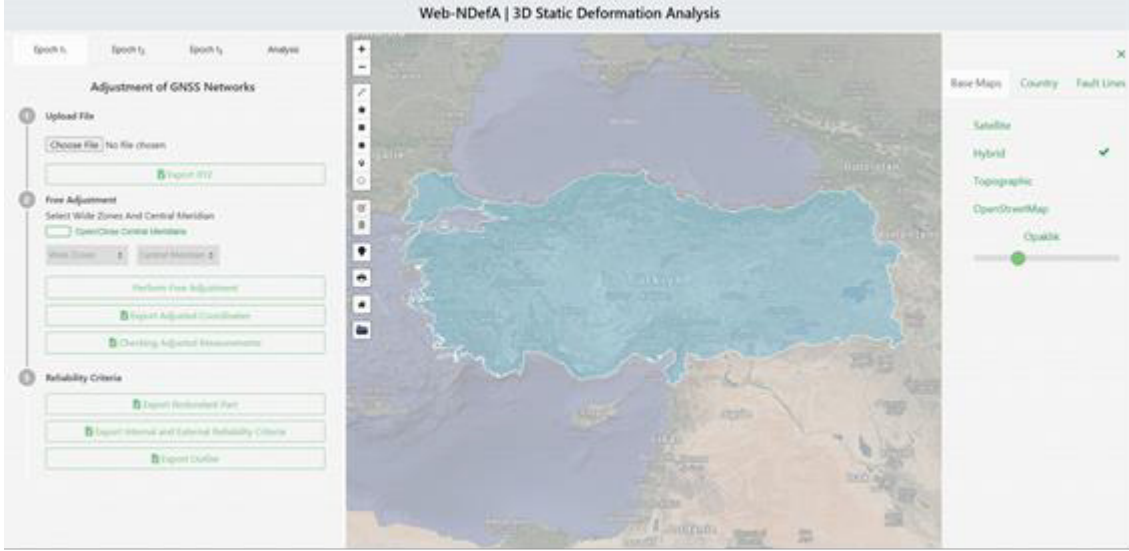
Şekil 1’de Web-NDefA platformunun arayüzü ve özellikleri gösterilmiştir. İnternet sayfasının oluşturulması aşamasında işaretleme dili olan HTML ve HTML dokümanının stilini tanımlayan bir dil olan CSS ve web sayfalarının interaktif ve dinamik olmasına olanak sağlayan nesne tabanlı bir betik dil olan Javascript ve kütüphaneleri kullanılmıştır. Bu platform istemci tarafli programlama dilleri ile yazılmış olduğundan çalışma yeri kullanıcıların bilgisayarlarıdır. Bu tür programlama dili komutlarını yorumlayan ve çalıştıran tarayıcılarıdır. Bu sayede sunucuya fazla yük binmeden, kodlar her istemcinin kendi bilgisayarında çalışır. Ayrıca uygulama açık kaynak kodlu yazılımlarla geliştirildiği için istenildiği takdirde geliştirilebilecek esnekliğe sahiptir.



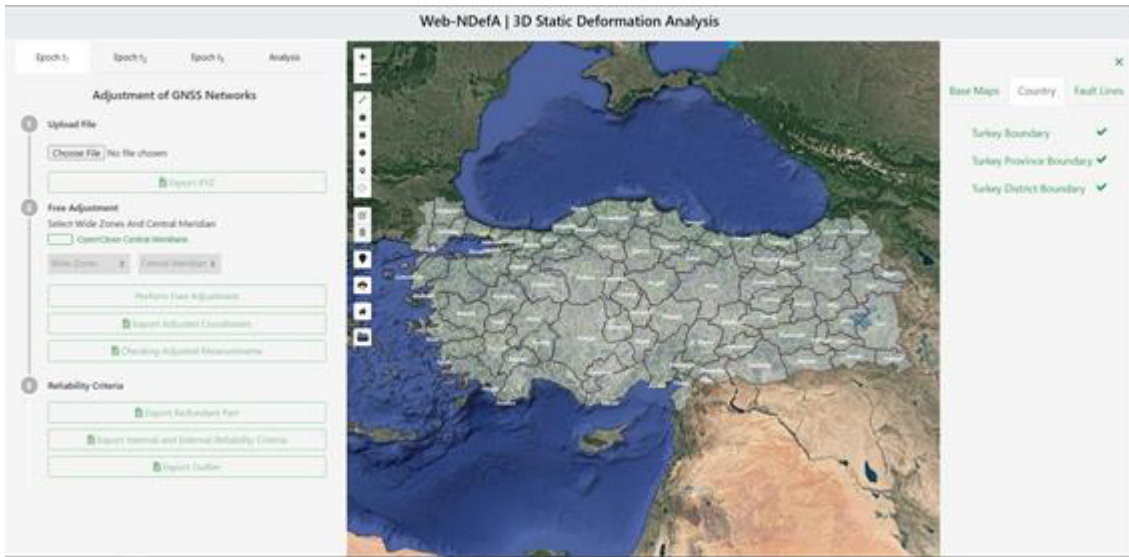
Şekil 1: Web-NDefA kullanıcı arayüzü



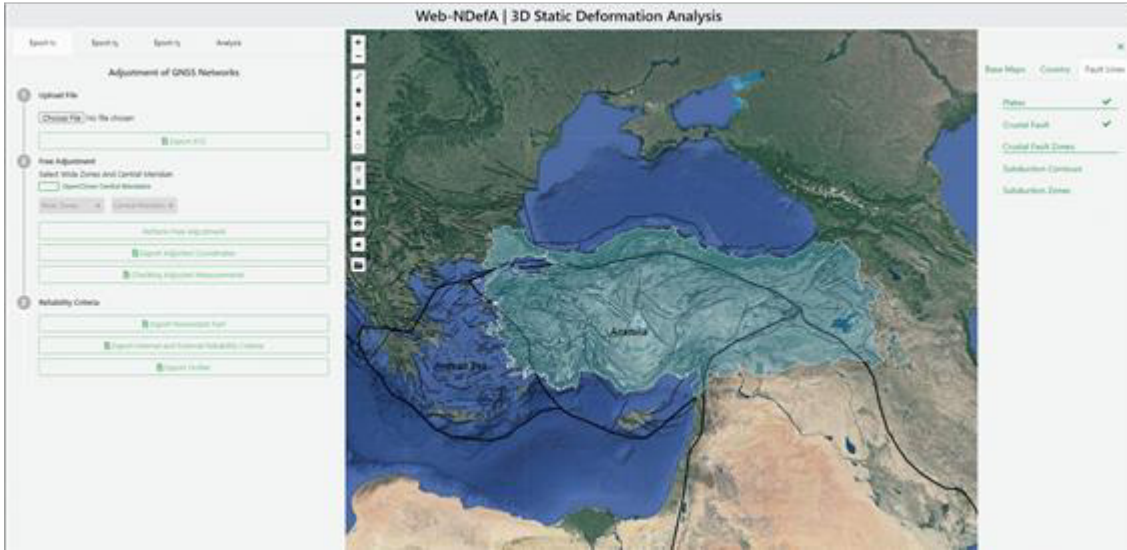
Platformun arayüzüne baktığımızda kullanıcının verilerini yükleyeceği, dengelemenin yapılacağı, analizlerin gerçekleştirileceği, çizim ve düzenleme araçlarının kullanılacağı kısımları görürüz. Bunun yanında arayüzün sağ üst tarafında açılır kapanır pencereyi açmak için kullanılacak buton da görülmektedir. Bu buton yardımıyla aşağıdaki Şekil 2, 3 ve 4'te görüleceği üzere; harita tabakaları ve bunların opaklık ayarlamaları, Türkiye il ve ilçe sınırları, plaka ve fay hatları ekrana getirilebilir.



Şekil 2: Harita tabakaları



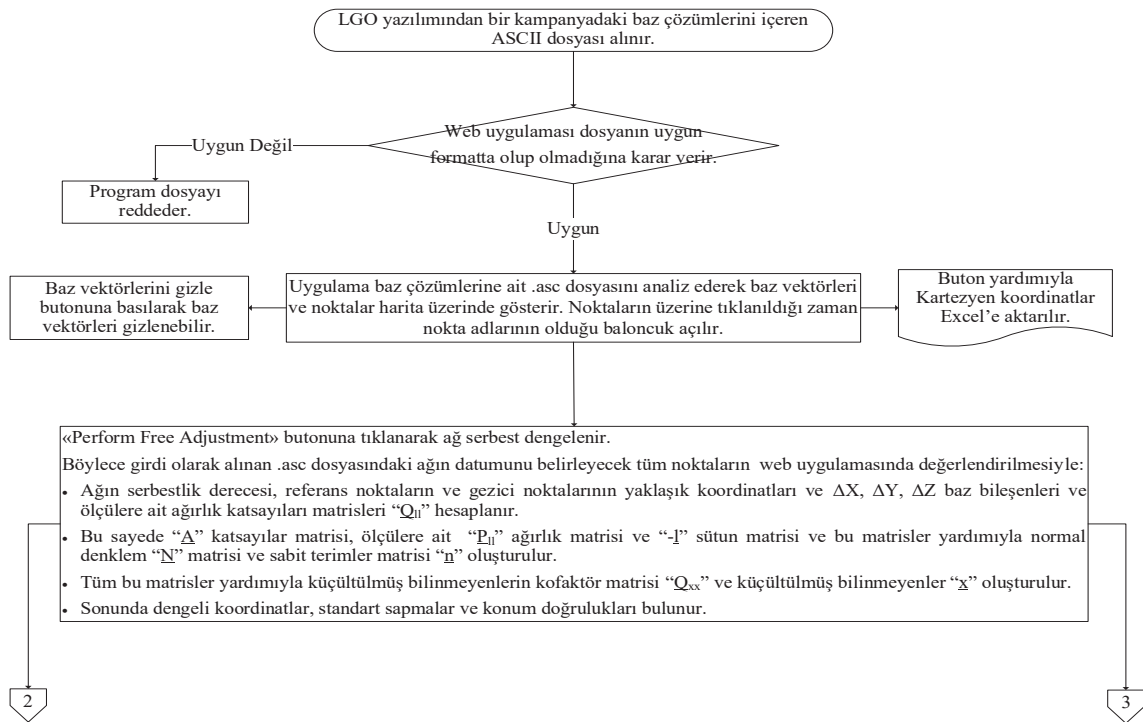
Şekil 3: Türkiye il ve ilçe sınırları



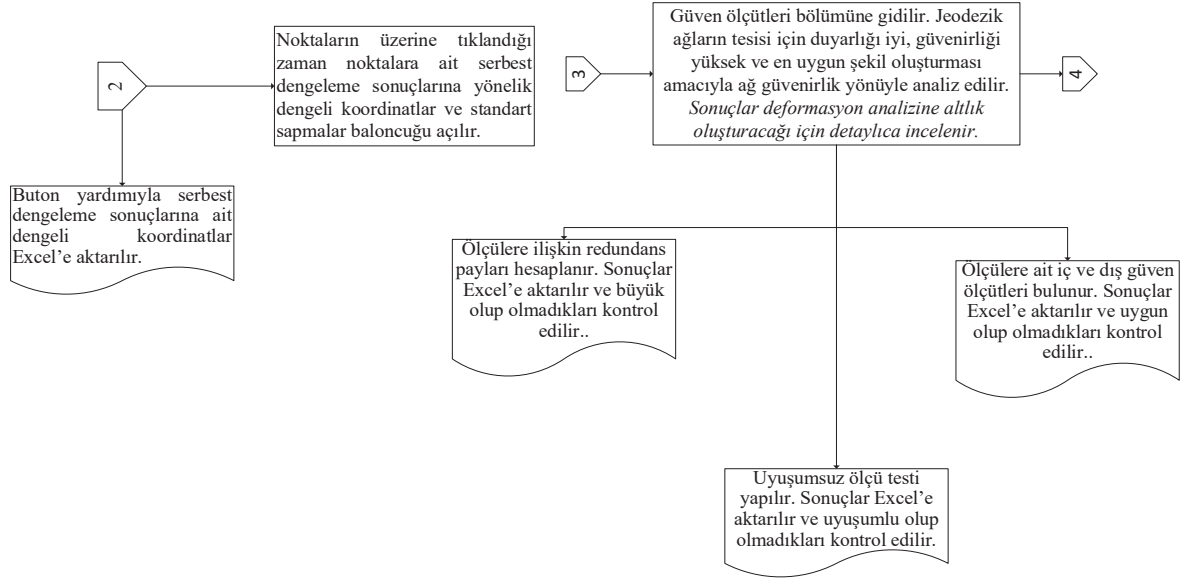
Şekil 4: Plaka ve fay hatları

## 2.1 Web-NDefA İş Akış Şeması

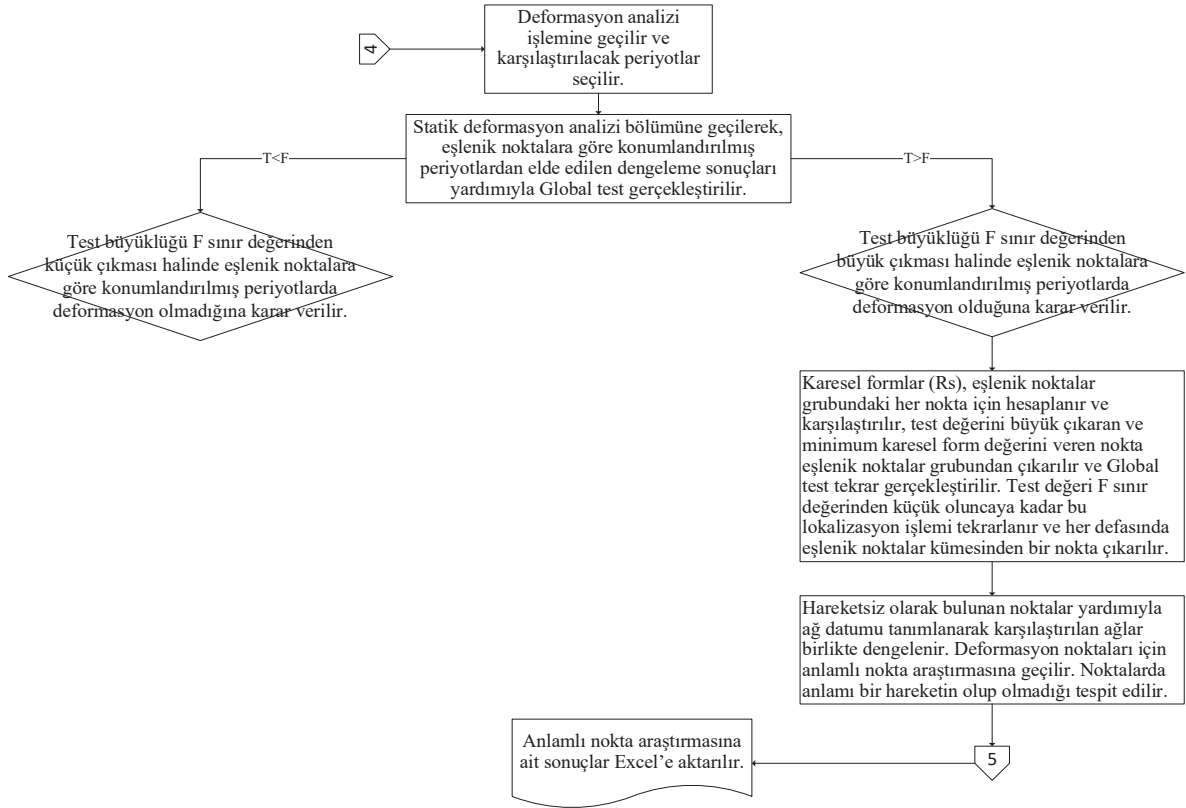
Web-NDefA; dosya yükleme, dengeleme, deformasyon analizi ve yer değiştirme vektörlerini görüntüleme şeklinde temel aşamalardan oluşmaktadır. Genel akış diyagramı aşağıda verilen platform ile deformasyonların izlenmesi görsel bir şekilde yapılacaktır.



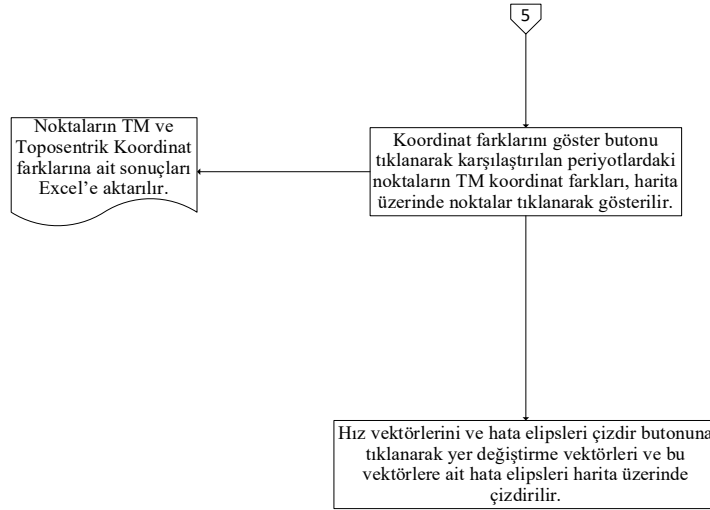
Şekil 5a: Web – NdefA uygulamasında serbest ağ dengelemesi adımının iş akış şeması



Şekil 5b: Web – NDefA uygulamasında uyumsuz ölçü testi adımının akış şeması



Şekil 5c: Web – NDefA uygulamasında deformasyon analizi ve yerleştirme adımının iş akış şeması



Şekil 5d: Web – NDefA uygulamasında görselleştirme adımına ait iş akış şeması

## 2.2 Örnek Bir Uygulama

Web-NDefA platformunda analiz edilmesi için İstanbul ve yakın bölgesinde bulunan Sürekli Gözlem Yapan GNSS İstasyonlarından IGS, İSKİ-UKBS ve TUSAGA-Aktif noktalarına ait RINEX veriler kullanılmıştır. Verilerin toplandığı epoklar; 05 Ekim 2016 (GPS günü 279) ile 01 Ekim 2019 (GPS günü 274) tarihleridir. 05 Ekim 2016 gününün seçilmesinin nedeni, 30 Eylül 2016 (GPS günü 274) tarihinde Marmara Denizi, Yalova-Çınarcık açıklarında Richter Ölçeği'ne göre  $M_w = 3.5$  büyüklüğünde meydana gelen depremden sonraki bir gün olmasıdır. Aynı şekilde 01 Ekim 2019 (GPS günü 274) gününün seçilmesinin nedeni ise 26 Eylül 2019 (GPS günü 269) tarihinde Marmara Denizinde, Silivri'nin yaklaşık 20-25 kilometre güneyinde ve İstanbul'a 75 kilometre mesafede Richter Ölçeği'ne göre  $M_w = 5.7$  büyüklüğünde meydana gelen depremden sonraki bir gün olmasıdır. Böylece bu epoklara ait veriler kullanılarak analizler gerçekleştirilmiş ve platformun nasıl çalıştığı ortaya konmuştur. Tablo 1'de uygulama için kullanılan noktalar, verilerin toplandığı epoklar ve GPS günleri belirtilmiştir.

Tablo 1: Değerlendirme Grubu

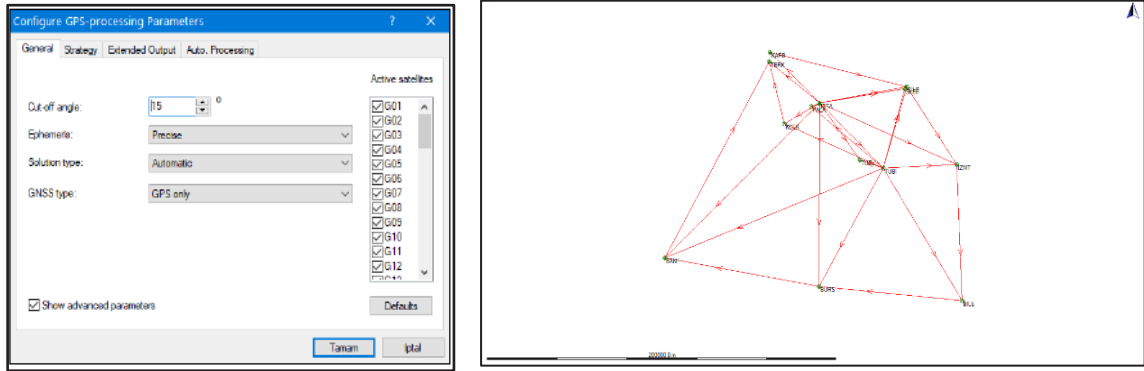
Değerlendirme Günü	Nokta Grubu	Değerlendirme Grubu
2016-10-05 (DoY: 279) 2019-10-01 (DoY: 274)	IGS	ISTA
		TUBI
	TUSAGA-Aktif	BAN1
		BURS
		BILE
		IZMT
		KARB
		SLEE
	ISKI-UKBS	KCEK
		PALA
SILE		
TERK		
		TUZZ

### 2.2.1 Dosya Yükleme

Platforma dosya yüklemek için öncelikle LGO programında IGS, TUSAGA-Aktif ve İSKİ-UKBS noktalarına ait RINEX veriler değerlendirilmiş ve ASCII dosyaları elde edilmiştir. Baz çözümleri LGO platformunda 'hassas efemeris (precise

ephemeris)' verileri değerlendirilerek gerçekleştirilmiştir (Şekil 6). IGS hassas efemeris verileri [URL-2](#) bağlantısıyla elde edilmiştir.

IGS, TUSAGA-Aktif, ISKI-UKBS noktalarına ait RINEX veriler kendi içerisinde değerlendirilmiş ve öncelik ISTA ve TUBI noktalarına verilmiştir. GPS ağında lineer bağımsızlığı sağlamak için 24 saatlik ISTA ve TUBI verileri, tüm noktalara ait verilerin değerlendirileceği kampanyadan bir gün önceki veya bir gün sonraki tarihlerden elde edilmiştir. Bu veriler [URL-3](#) bağlantısıyla indirilmiştir. Bununla beraber kesin koordinatları ITRF 2005 datumunda ve 2005 epoğunda [URL-4](#) adresinden alınan ISTA noktasının koordinatları sabit tutulmuş ve TUBI noktası değerlendirilmiştir. Daha sonra ISTA ve TUBI noktaları referans tutulmak suretiyle TUSAGA-Aktif ve ISKI-UKBS istasyonlarının baz çözümleri gerçekleştirilmiştir. TUSAGA-Aktif noktalara ait RINEX veriler [URL-5](#); ISKI-UKBS noktalara ait RINEX veriler ise [URL-6](#) adresinden indirilmiştir. Ağ tasarımı ve lineer bağımsızlığı optimum düzeyde sağlamak için TUSAGA-Aktif ve ISKI-UKBS noktalarından bazıları referans tutulmak suretiyle değerlendirme aşaması tamamlanmıştır. Epoklar statik deformasyon analizi için birbirleriyle karşılaştırılacak olduğundan ağ geometrilerinin aynı olmasına (univaryant) dikkat edilmiştir. Platformda epok 1 sekmesinde 05 Ekim 2016 tarihinde gerçekleşen kampanya ölçüleri; epok 2 sekmesinde 01 Ekim 2019 tarihinde yapılan kampanya ölçüleri değerlendirilmiş ve analiz aşamasında birbirleriyle karşılaştırılmıştır.



Şekil 6: LGO programında oluşturulan projenin özellikleri (sol) ve baz çözüm kanvası (sağ)

Değerlendirme işlemleri neticesinde LGO programından ASCII formatında baz çözüm dosyası elde edilir. Şekil 7’de örnek bir baz çözüm dosyası gösterilmiştir. Bu baz çözüm dosyası platformumuza girdi olarak yüklenecek dosyadır.

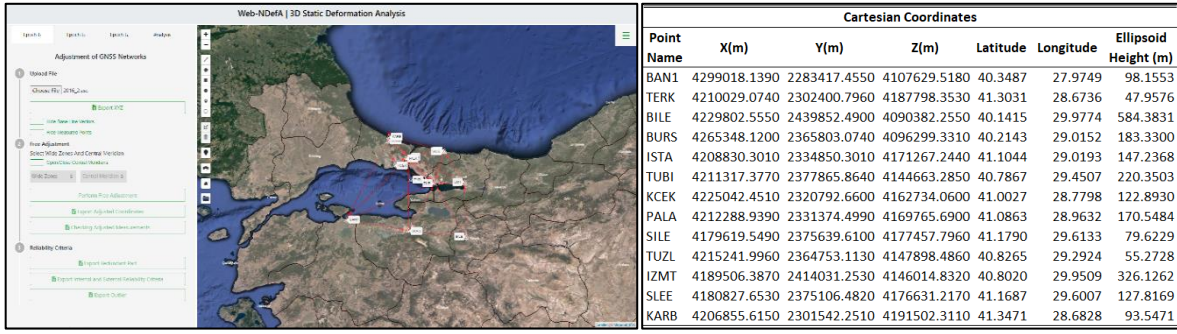
```

$#Unit: ..... M
$#Coordinate type: ... Cartesian
$#Reference ellipsoid: WGS 1984
$#BAND ..... 4299255.7882 - 2285638.1971 - 4106154.0627 ..... REF ..... 0.0020 -12
$# ..... 0.00128 ..... 0.95351873 ..... 0.40561326 ..... 0.51260587 ..... 0.40619687 ..... 0.27251962 ..... 0.97824346
$#BAND ..... 4299255.7882 - 2285638.1971 - 4106154.0627
$#-K2_DepremKonut ..... -82457.0166 ..... 98459.5451 ..... 29437.3259
$# ..... 0.3734 ..... 0.00000515 ..... 0.00000223 ..... 0.00000257 ..... 0.00000258 ..... 0.00000173 ..... 0.00000414
$#BAND ..... 4299255.7882 - 2285638.1971 - 4106154.0627
$#-K5_Sehitlik ..... -89783.9135 ..... 97796.2117 ..... 37009.7208
$# ..... 0.3425 ..... 0.00000623 ..... 0.00000259 ..... 0.00000301 ..... 0.00000288 ..... 0.00000194 ..... 0.00000463
$#BAND ..... 4299255.7882 - 2285638.1971 - 4106154.0627
$#-K1_SuDeposu ..... -81117.3956 ..... 96374.5251 ..... 29200.4591
$# ..... 0.3336 ..... 0.00000511 ..... 0.00000217 ..... 0.00000250 ..... 0.00000253 ..... 0.00000171 ..... 0.00000430
$#BAND ..... 4299255.7882 - 2285638.1971 - 4106154.0627
$#-K6_1 Liman ..... -89526.5093 ..... 97648.9674 ..... 36749.2886
$# ..... 0.3434 ..... 0.00000669 ..... 0.00000271 ..... 0.00000325 ..... 0.00000324 ..... 0.00000232 ..... 0.00000598
$#BAND ..... 4299255.7882 - 2285638.1971 - 4106154.0627
$#-K7_Asktepe ..... -89881.7267 ..... 97110.8289 ..... 37516.3008
$# ..... 0.3354 ..... 0.00000959 ..... 0.00000377 ..... 0.00000514 ..... 0.00000412 ..... 0.00000315 ..... 0.00000822

```

Şekil 7: Leica Geo Office programından ASCII formatında elde edilen baz çözümleri

Platformun ana sayfasında “Upload File” kısmında yer alan “Choose File” sekmesi kullanılarak ASCII formatındaki baz çözümlerine ait dosya sisteme yüklenir. Dosya yüklendikten sonra noktalar ve baz vektörleri harita üzerine gelir (Şekil 8) ve “Export XYZ” butonu yardımıyla kartezyen koordinatları .xls formatında dışarıya aktarılabilir. Harita üzerine gelen baz vektörleri ve noktalar istenildiği zaman gizlenir/gösterilir.

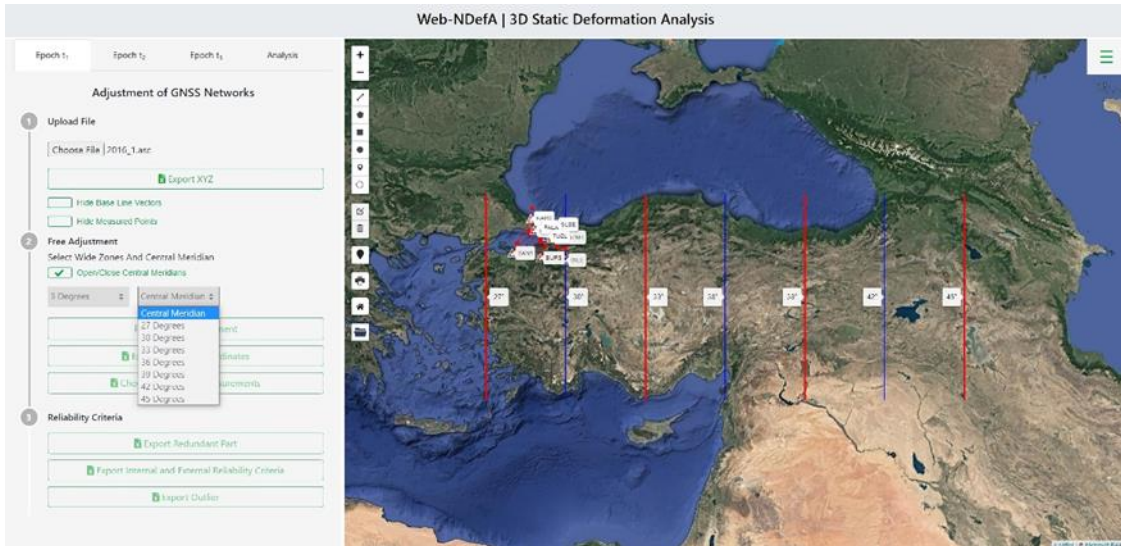


Şekil 8: Web – NDefA uygulamasında baz çözüm kanavas (sol) ve .xls formatında kartezyen koordinat tablosu (sağ)

## 2.2.2 Serbest Ağ Dengelemesi İşlemi

Tüm nokta koordinatları bilinmeyen olarak ele alınan ağların dengelenmesine serbest ağ dengelenmesi denilir. Normal denklem katsayıları matrisi singüler olduğundan determinantı sıfırdır. Serbest datum parametreleri defekt sayısına (rank bozukluğuna) eşittir. Datum seçimine bağlı olarak nokta doğrulukları ve konumlarının değişmesinin yanında ağ geometrisi değişmez. Bunun yanında posterior (sonsal) varyans ( $s_0^2$ ), dengelenmiş ölçüler ve bunların ve fonksiyonlarının standart sapması değişmez (Demirel, 2009). Ayrıca dengeleme hesabında uygulanan Gauss Markov modelinde n sayıda gözlem, m sayıda bilinmeyen parametre ile gözlem hatalarının ya da başka bir başka ifadeyle istatistiksel olarak ölçülere getirilecek düzeltmelerin kareleri ağırlıklandırılmış toplamının minimum olması esas alınır (Akyılmaz, Acar, & Özlüdemir, 2007).

Bu kapsamda baz çözümleri platforma yüklenir ağın serbest dengelenmesi için önce dilim genişliği ve dilim orta meridyeni seçilir. Bu seçime yardımcı olması amacıyla “Free Adjustmet” kısmında yer alan “Open/Close Central Meridian” sekmesi yardımıyla harita üzerine dilim orta meridyenleri getirilerek dilim genişliği ve dilim orta meridyen seçim işlemi kolaylaştırılır (Şekil 9).



Şekil 9: Dilim genişliği ve dilim orta meridyen seçim işlemi

Dilim genişliği ve dilim orta meridyeni seçildikten sonra “Perform Free Adjustment” butonu yardımıyla ağ serbest olarak dengelenir. İlgili butonlar yardımıyla dengelenmiş sonuçlar .xls formatında dışarıya aktarılabilir (Şekil 10) ve dengelemenin denetimi yapılabilir (Şekil 11).

Point Name	Adjusted Coordinates and Mean Errors						Ellipsoid				
	X(m)	Y(m)	Z(m)	mx(m)	my(m)	mz(m)	Latitude	Longitude	Height (m)	Easting (m)	Northing (m)
BAN1	4299018.1352	2283417.4531	4107629.5148	0.0017	0.0012	0.0016	40.3487	27.9749	98.1503	327949.4140	4470211.5310
TERK	4210029.0844	2302400.8023	4187798.3652	0.0032	0.0022	0.0029	41.3031	28.6736	47.9746	388912.6570	4575080.1000
BILE	4229802.5557	2439852.4904	4090382.2544	0.0020	0.0014	0.0019	40.1415	29.9774	584.3828	498073.1370	4445236.4850
BURS	4265348.1167	2365803.0720	4096299.3276	0.0017	0.0011	0.0015	40.2143	29.0152	183.3246	416169.0850	4453783.9720
ISTA	4208830.2944	2334850.2966	4171267.2379	0.0010	0.0007	0.0009	41.1044	29.0193	147.2267	417621.8470	4552636.2050
TUBI	4211317.3765	2377865.8647	4144663.2834	0.0010	0.0007	0.0009	40.7867	29.4507	220.3493	453634.3410	4517033.9040
KCEK	4225042.4458	2320792.6567	4162734.0553	0.0020	0.0014	0.0018	41.0027	28.7798	122.8856	397337.2930	4541595.6720
PALA	4212288.9340	2331374.4957	4169765.6849	0.0020	0.0014	0.0019	41.0863	28.9632	170.5407	412881.9860	4550678.0020
SILE	4179619.5524	2375639.6121	4177457.7991	0.0014	0.0010	0.0010	41.1790	29.6133	79.6277	467554.6030	4560523.9740
TUZZ	4215241.9940	2364753.1127	4147898.4840	0.0020	0.0014	0.0019	40.8265	29.2924	55.2700	440314.0480	4521546.2490
IZMT	4189506.3866	2414031.2532	4146014.8305	0.0015	0.0010	0.0014	40.8020	29.9509	326.1252	495859.4080	4518583.7690
SLEE	4180827.6494	2375106.4793	4176631.2130	0.0020	0.0014	0.0019	41.1687	29.6007	127.8108	466489.0860	4559388.4960
KARB	4206855.6303	2301542.2597	4191502.3287	0.0025	0.0018	0.0023	41.3471	28.6828	93.5723	389756.8980	4579960.6000

Şekil 10: Serbest ağı dengelemesinin .xls formatında sonuç çıktısı

Point Name	Checking Adjusted Measurements			
	Adjusted Baseline Components	Adjusted Coordinate Differences	Difference	Check
BAN1 - TERK ( $\Delta X$ )	-88989.05077	-88989.05077	0.000000	Ok.
BAN1 - TERK ( $\Delta Y$ )	18983.34926	18983.34926	0.000000	Ok.
BAN1 - TERK ( $\Delta Z$ )	80168.85036	80168.85036	0.000000	Ok.
BILE - BURS ( $\Delta X$ )	35545.56104	35545.56104	0.000000	Ok.
BILE - BURS ( $\Delta Y$ )	-74049.41837	-74049.41837	0.000000	Ok.
BILE - BURS ( $\Delta Z$ )	5917.073212	5917.073212	0.000000	Ok.
BURS - BAN1 ( $\Delta X$ )	33670.01852	33670.01852	0.000000	Ok.
BURS - BAN1 ( $\Delta Y$ )	-82385.61893	-82385.61893	0.000000	Ok.
BURS - BAN1 ( $\Delta Z$ )	11330.18718	11330.18718	0.000000	Ok.

Şekil 11: Dengelemenin denetiminin .xls formatında sonuç çıktısı

### 2.2.3 Güven Ölçütleri

Yatay ve düşey yöndeki deformasyonları takip etmek için oluşturulan jeodezik ağlardan belli bir hata olasılığı içinde yer değiştirmeleri ortaya çıkartması beklenir. Ağlardan duyarlılık açısından olabildiğince homojen olmaları beklenir. Ağın niteliğini gösteren duyarlılık ölçütleri, geçerli bir dengeleme modeli ile gerçekleştirilen hesaplamalar neticesinde elde edilirse gerçekçi olurlar. Dolayısıyla ağın güvenilir olması için ağın geometrik şekli model hatalarını ortaya çıkartabilmelidir. Belli bir amaç için kurulan jeodezik bir ağın duyarlılık ve güven açısından uygun olup olmadığı duyarlılık ve güven ölçütleri ile tespit edilir. Bu kapsamda platformda serbest dengelemesi yapılmış ağdaki ölçülere ait güven ölçütleri “Reliability Criteria” kısmında yer alan ilgili butonlar kullanılarak öğrenilebilir. Web uygulaması, ağdaki ölçüleri kaba hatalar bakımından kontrol edilebilirlik derecesi olan redundans paylarına ( $r$ ) göre değerlendirir. Eğer ölçülerin redundans payları ( $r$ );  $0 - 0.10$  aralığında ise değerlendirme zayıf ( $r = 0 - 0.10$ , Zayıf),  $0.10 - 0.30$  aralığında ise değerlendirme yeterli ( $r = 0.10 - 0.30$ , Yeterli),  $0.30 - 1.00$  aralığında ise değerlendirme iyi (Ok.) ( $r = 0.30 - 1.00$ , İyi) şeklinde gösterilir (Şekil 12). Bununla birlikte uygulama/platform, bir ölçüdeki hatanın açığa çıkarılabilmesi için en az ne büyüklükte bir değere ulaşması gerektiğini gösteren iç güven ölçütlerini ve hataların koordinatlara olan etkisini gösteren dış güven ölçütlerini de hesaplar. İç güven ölçütleri bir ölçünün standart sapmasına ( $\sigma_i$ 'ye) bağlıdır ve uygulama bir ölçünün iç güven ölçütünü  $(6 - 8)\sigma_i$  değer aralığında hesaplar iyi denetlenebilir (Ok.) olarak yorumlar. Ölçülerin dış güvenilirlikleri  $(8 - 10)$  değer aralığının altında ise uygulama bu değerleri dış güvenilirlik yüksek (Ok.) olarak yorumlar (Şekil 13). Ayrıca uygulama ile uyumsuz ölçüler de belirlenir. Böylece kaba hatalar fark edilebilir. Uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi için Pope Test yöntemi kullanılır ve yanlışlık olasılığı %5 seçilir. Her bir ölçü için test büyüklükleri hesaplanır ve F tablo değeri belirlenen güven sınırı ile karşılaştırılır. Test büyüklüğü güven sınırının altında kalırsa uygulama (Ok.) şeklinde yorumlar (Şekil 14). (Yalçınkaya, Teke, & Bayrak, 2003).

Bu veriler .xls formatında dışarıya aktarılır. Böylece ağın kalitesi ve kullanıma uygunluğu irdelenir.

Base Vectors	Redundant Parts	
	ri	Comment
BAN1 - TERK ( $\Delta X$ )	0.845206916	Ok.
BAN1 - TERK ( $\Delta Y$ )	0.812525513	Ok.
BAN1 - TERK ( $\Delta Z$ )	0.833696743	Ok.
BILE - BURS ( $\Delta X$ )	0.799190114	Ok.
BILE - BURS ( $\Delta Y$ )	0.778045178	Ok.
BILE - BURS ( $\Delta Z$ )	0.790522673	Ok.
BURS - BAN1 ( $\Delta X$ )	0.520804823	Ok.
BURS - BAN1 ( $\Delta Y$ )	0.51127661	Ok.
BURS - BAN1 ( $\Delta Z$ )	0.526546168	Ok.
ISTA - TUBI ( $\Delta X$ )	0.804581802	Ok.
ISTA - TUBI ( $\Delta Y$ )	0.814093903	Ok.
ISTA - TUBI ( $\Delta Z$ )	0.808153093	Ok.
ISTA - KCEK ( $\Delta X$ )	0.438194771	Ok.
ISTA - KCEK ( $\Delta Y$ )	0.432402897	Ok.
ISTA - KCEK ( $\Delta Z$ )	0.460359602	Ok.
ISTA - PALA ( $\Delta X$ )	0.424794219	Ok.
ISTA - PALA ( $\Delta Y$ )	0.416784799	Ok.

Şekil 12: Redüdüans paylarının .xls formatında sonuç çıktısı

Internal and External Reliability Criteria				
Base Vectors	Internal Reliability Criteria	Comment	External Reliability Criteria	Comment
BAN1 - TERK ( $\Delta X$ )	0.017639586	Ok	1.767438485	Ok
BAN1 - TERK ( $\Delta Y$ )	0.012503851	Ok	1.983821693	Ok
BAN1 - TERK ( $\Delta Z$ )	0.016324859	Ok	1.844575248	Ok
BILE - BURS ( $\Delta X$ )	0.011966277	Ok	2.070224979	Ok
BILE - BURS ( $\Delta Y$ )	0.008448797	Ok	2.205870109	Ok
BILE - BURS ( $\Delta Z$ )	0.011198329	Ok	2.125990888	Ok
BURS - BAN1 ( $\Delta X$ )	0.011682373	Ok	3.961583117	Ok
BURS - BAN1 ( $\Delta Y$ )	0.007973238	Ok	4.03788226	Ok
BURS - BAN1 ( $\Delta Z$ )	0.010768179	Ok	3.916252108	Ok
ISTA - TUBI ( $\Delta X$ )	0.005888471	Ok	2.035389128	Ok
ISTA - TUBI ( $\Delta Y$ )	0.004079284	Ok	1.973602184	Ok
ISTA - TUBI ( $\Delta Z$ )	0.005517104	Ok	2.01224396	Ok
ISTA - KCEK ( $\Delta X$ )	0.013165759	Ok	4.676375158	Ok
ISTA - KCEK ( $\Delta Y$ )	0.009145536	Ok	4.731794105	Ok
ISTA - KCEK ( $\Delta Z$ )	0.011998457	Ok	4.471504536	Ok

Şekil 13: İç ve dış güven ölçütlerinin .xls formatında sonuç çıktısı

Confidence Limit for POPE Test 1.9507743527760348 and Total Probability of Error: 5%		
Outlier Test		
Base Vectors	Size of The Test (POPE Test)	Result
ISTA - KCEK ( $\Delta X$ )	0.72519584	Ok.
ISTA - KCEK ( $\Delta Y$ )	0.25283421	Ok.
ISTA - KCEK ( $\Delta Z$ )	0.34671384	Ok.
ISTA - PALA ( $\Delta X$ )	0.47942371	Ok.
ISTA - PALA ( $\Delta Y$ )	0.00795392	Ok.
ISTA - PALA ( $\Delta Z$ )	0.19438298	Ok.
ISTA - SILE ( $\Delta X$ )	0.03694275	Ok.
ISTA - SILE ( $\Delta Y$ )	0.13840569	Ok.
ISTA - SILE ( $\Delta Z$ )	0.73668496	Ok.
ISTA - TUZL ( $\Delta X$ )	0.98714331	Ok.
ISTA - TUZL ( $\Delta Y$ )	0.98025835	Ok.
ISTA - TUZL ( $\Delta Z$ )	0.90926224	Ok.

Şekil 14: Uyuşumsuz ölçüler testinin .xls formatında sonuç çıktısı

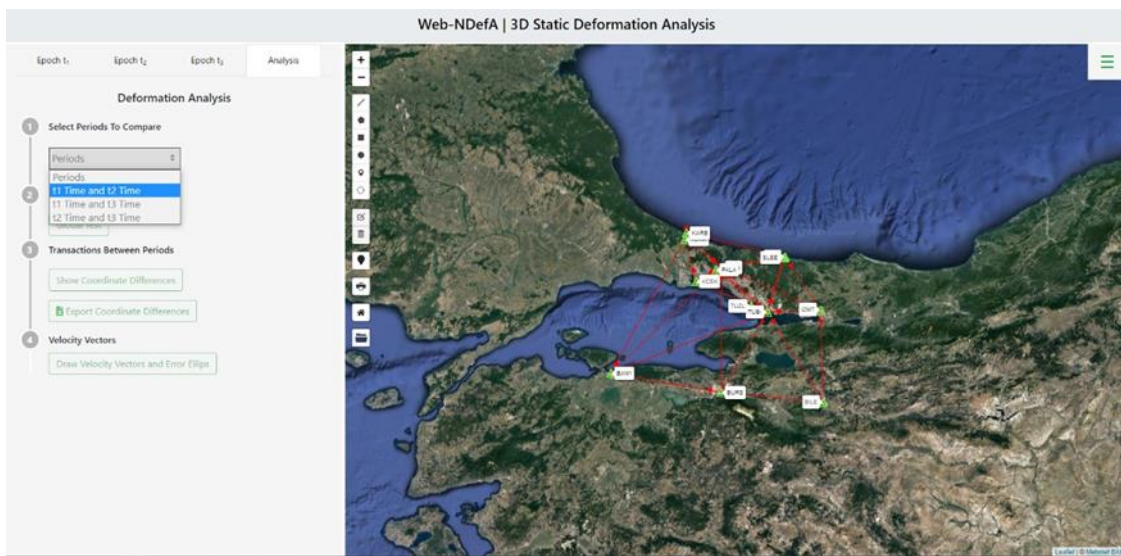
## 2.2.4 Statik Deformasyon Analiz İşlemi

Belirli bir zaman aralığında meydana gelen deformasyonları tespit etmek ve irdelemek için kullanılan statik deformasyon modelinde kontrol ağlarındaki noktaların kararlılıkları, zamandan ve etkiyen kuvvetlerden bağımsız olarak ele alınır. Bu modelde kontrol ağlarındaki noktalarda belirli periyotlarda gözlemler yapılır. Her periyotta gözlemlenen ölçüler ayrı ayrı serbest dengelenir, koordinat farkları hesaplanır ve istatistik test yöntemleri uygulanarak deformasyon irdelemesi

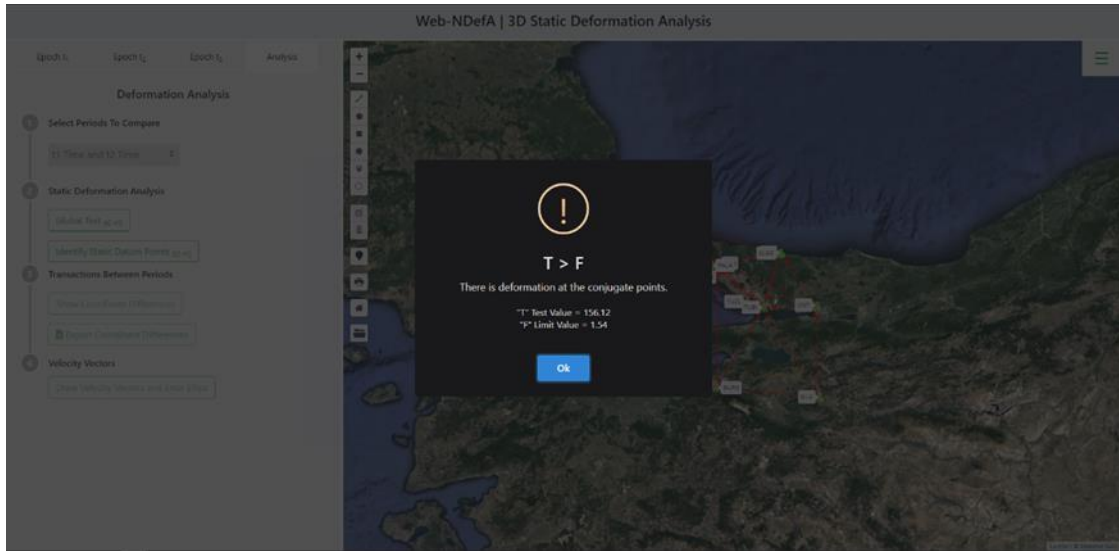


gerçekleştirilir. Ağlarda noktaların ölçüm süreci boyunca sabit kaldıkları kabul edilir. Bu çerçevede statik model, jeodezik deformasyon ölçmelerinin analizinde en çok uygulanan modeldir (Yalçınkaya, 2019). Bir jeodezik ağda  $t_1$  ve  $t_2$  epoklarında gerçekleştirilen ölçmelerin  $i$  ve  $j$  gibi farklı datumlarda serbest ağ dengelemesi modeline göre dengelenmesinden sonra ortak bir  $k$  datumuna veya  $i$  ve  $j$  datumlarının birbirleri arasındaki geçişi için Baarda tarafından 1950'lerde gerçekleştirilen S-Transformasyonu yöntemi kullanılır (Başkaya, 1995; Caspary & Rueger, 1987; Demirel, 1987; Welsch, 1993). Bu yöntemde yeni bir dengeleme hesabı lüzumlu değildir. Datum dönüşümünde faydalı olan bu yöntem ayrıca; karşılaştırılan iki periyottaki jeodezik ağda bir deformasyon olup olmadığını öğrenmek için gerçekleştirilen global test hesaplamalarında, eğer ağda deformasyon varsa birbirinin ardı sıra yinelenerek uygulanmasıyla karesel formun hesaplanmasında ve deformasyon noktalarının yerleştirilmesinde ve neticesinde sabit ve hareketli noktaların tespit edilip ortaya çıkartılmasında kullanılır. (Baarda, 1973; Bak, 2014; van Hees, 1982). İki periyotlu analiz işlemlerinde,  $t_1$  ve  $t_2$  periyotlarının ortak  $k$  datumundaki koordinat bilinmeyenleri  $(x_m^k)_1$ ,  $(x_m^k)_2$ ,  $(Q_{mm}^k)_1$  ve  $(Q_{mm}^k)_2$  kofaktör matrisleri elde edilir. Eşlenik noktalar ile ortak bir  $k$  datumunda tanımlanmış jeodezik ağda bir hareket olup olmadığı global test ile tespit edilir. Nokta koordinatlarındaki değişimleri incelemek için sıfır hipotezi ve T test büyüklüğü belirlenir (Caspary & Rueger, 1987; Gründig, Neureither, & Bahndorf, 1985; Pelzer, 1971; van Mierlo, 1981). F tablo değeri de  $F_{hm,f,1-\alpha}$  olarak hesaplanır. Test değeri (T) eğer tablo değerinden (F) büyük çıkarsa, eşlenik noktalara göre konumlandırılmış ağın datum noktalarının birinde veya birçoğunda anlamlı hareketlilik olduğu sonucuna varılır (Erol, 2008). Global test neticesinde ağın herhangi bir yerinde deformasyon olduğu belirlenmiş ise, noktalara ait yerleştirme işlemlerinin yapılarak sabit/sabit olmayan noktaları belirlenir sabit olmayan noktaların konumlarındaki hareketin anlamlı (significant) olup olmadığını tespit edilmesine geçilir.

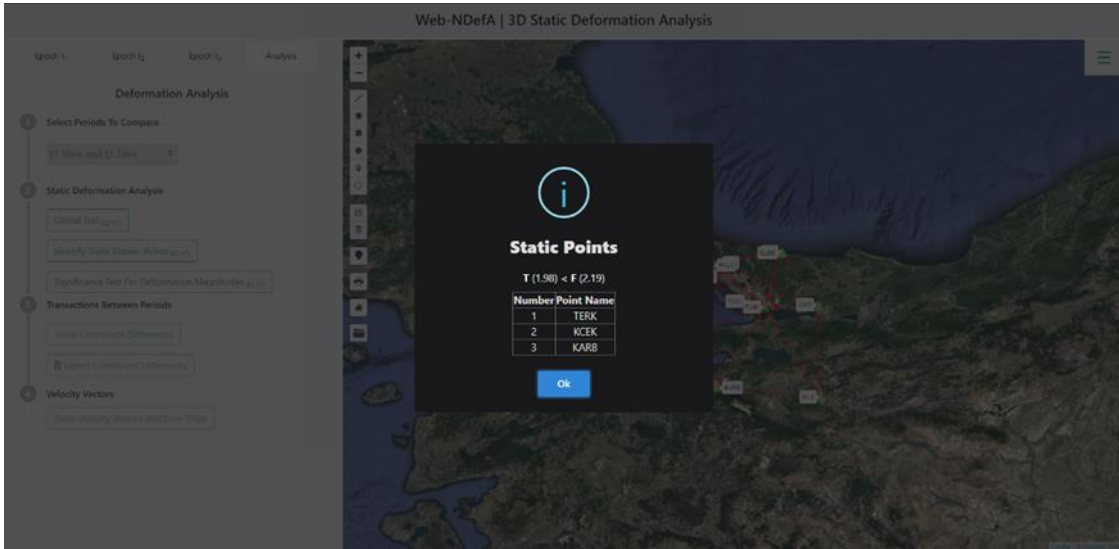
Geliştirilen platformda bu işlemler ilk önce karşılaştırılacak epoklar seçilerek (Şekil 15), sonrasında ise sırasıyla; global test (Şekil 16), hareketsiz datum noktalarının bulunması (Şekil 17) ve hareketli bulunan noktalar için anlamlılık testi (Şekil 18) ve bu test sonucunun .xls formatında dışarıya aktarılması (Şekil 19) ile gerçekleştirilir. Deformasyon analizi işlemlerinden sonra karşılaştırılan noktaların hem UTM/TM hem de yerel/toposentrik koordinat farkları hesaplatılır, noktalar üzerinde bir baloncuk açılarak baloncuga yazdırılır (Şekil 20) ve .xls formatında dışarıya aktarılır (Şekil 21). Ayrıca noktalara ait yer değiştirme vektörleri ve bunların hata elipsleri de harita üzerine ölçekli çizdirilerek (Şekil 22) deformasyon hızlarına ait görsel bir inceleme işlemi de sağlanmış olur.



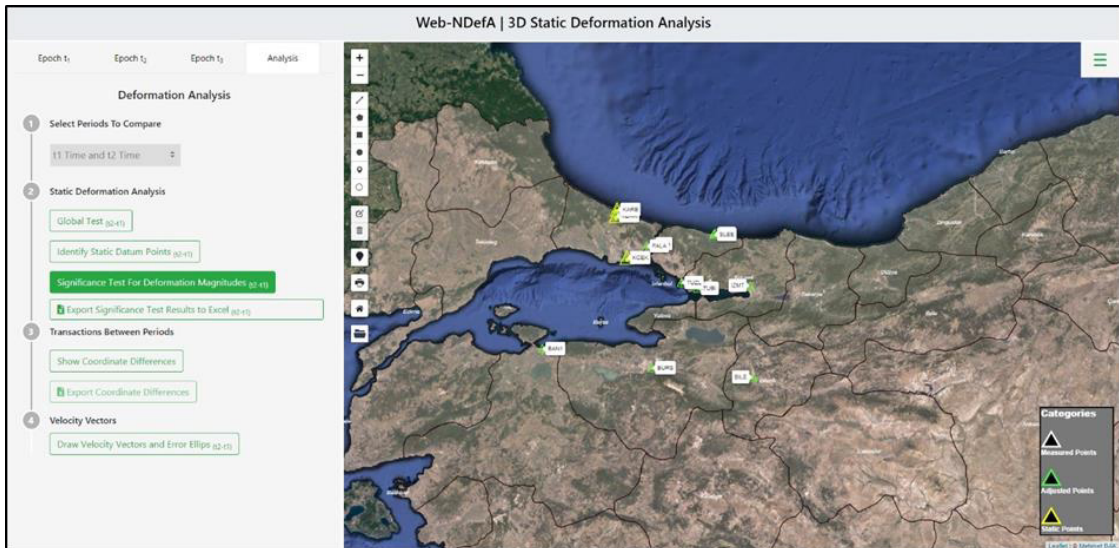
Şekil 15: Karşılaştırılacak epokların seçimi



Şekil 16: Global test



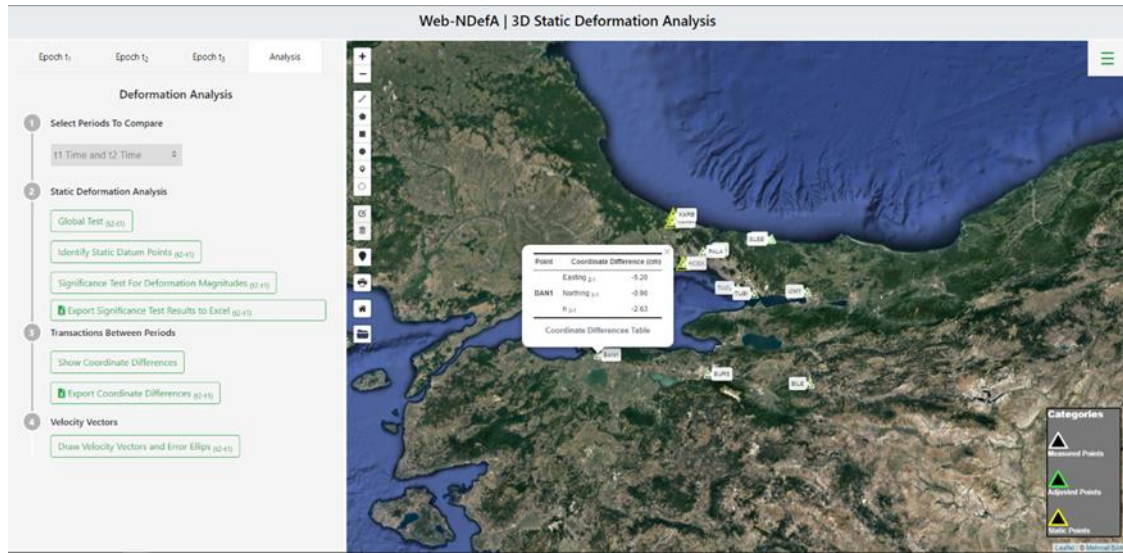
Şekil 17: Hareketsiz datum noktaları



Şekil 18: Hareketsiz datum noktalarının ve geri kalan noktaların harita üzerindeki konumları

Significance Test Results			
Point Name (t2-t1)	Test Value (t2-t1)	F Value (t2-t1)	Comment
BAN1	301.31	2.69	Point motion is significant.
BILE	336.64	2.69	Point motion is significant.
BURS	413.58	2.69	Point motion is significant.
ISTA	4.24	2.69	Point motion is significant.
TUBI	42.59	2.69	Point motion is significant.
PALA	1.91	2.69	Insignificant.
SILE	0.47	2.69	Insignificant.
TUZL	14.61	2.69	Point motion is significant.
IZMT	26.56	2.69	Point motion is significant.
SLEE	6.16	2.69	Point motion is significant.

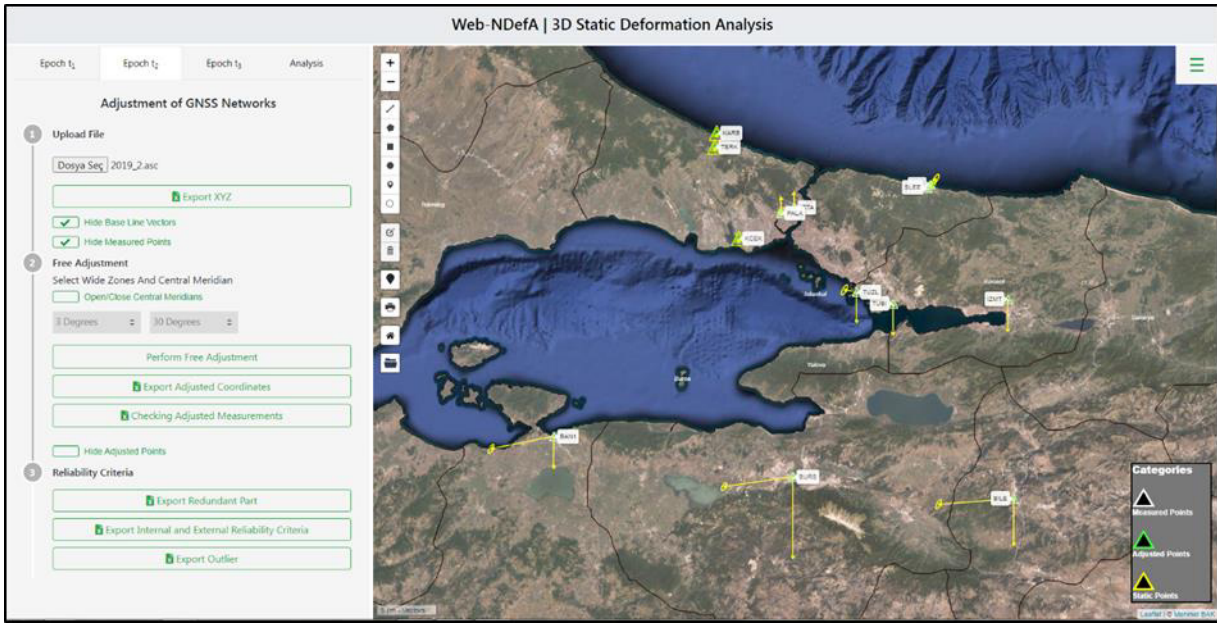
Şekil 19: Deformasyon noktaları için .xls formatında anlamlılık test sonuçları



Şekil 20: Koordinat farklarının haritada nokta üzerinde gösterilmesi

Coordinate Differences Table (t2-t1)						
Point Name	UTM/TM Coordinate Difference			Topocentric Coordinate Difference		
	(t2-t1)			(t2-t1)		
	Easting (cm)	Northing (cm)	h cm	East (cm)	North (cm)	Up (cm)
BAN1	-5.2000	-0.9000	-2.6300	-5.2590	-1.0210	-2.6252
BILE	-6.2000	-0.5000	-3.8700	-6.1717	-0.4569	-3.8668
BURS	-5.7000	-0.8000	-6.7300	-5.7004	-0.8375	-6.7282
ISTA	0.0000	0.0000	1.2300	0.0198	-0.0253	1.2289
TUBI	-1.2000	0.0000	-2.5100	-1.2630	-0.0816	-2.5126
PALA	0.0000	0.1000	1.2700	0.0059	0.1097	1.2660
SILE	0.2000	0.0000	-0.0300	0.1889	-0.0116	-0.0251
TUZL	-1.0000	0.2000	-2.5400	-0.9665	0.1619	-2.5372
IZMT	-1.2000	0.0000	-2.6400	-1.1640	-0.0048	-2.6371
SLEE	0.7000	0.7000	0.0200	0.6628	0.6770	0.0206

Şekil 21: Koordinat farklarının .xls formatında tablosu



Şekil 22: Yer değiştirme vektörleri ve hata elipsleri

### 3. Sonuçlar

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar incelendiğinde; deformasyon ağlarının değerlendirilmesine yönelik hazırlanan bu web uygulaması ile LGO yazılımından GPS ölçülerinin değerlendirilmesine ait elde edilen ASCII dosyasının platforma yüklenerek ölçülerin serbest ağ yöntemine göre dengelenmesi, güven ölçütlerinin elde edilmesi, statik deformasyon modeline göre ve S-Transformasyon yöntemiyle karşılaştırılan ağların analizlerinin yapılması, koordinat farklarının hesaplanması ve hız vektörlerinin çizdirilmesi görsel bir şekilde incelenmiş olur. Böylece uygulama, sürekli değişim halindeki yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesini veya başka bir ihtiyaca yönelik deformasyon analizi çalışmalarını kolaylaştıracaktır. Platform açık kaynak kodlu yazılımlar ile geliştirildiğinden başka bir amaca veya hedefe yönelik çalışmalar için de gelişme esnekliğine sahiptir. Bu bağlamda platform şu anda sadece LGO yazılımından elde edilen baz çözümleri ile analiz yapıyor olsa da başka değerlendirme yazılımlarından gelen çözümlere ait dosyaların kullanılabilirliğinin sağlanmasıyla çok daha faydalı hale gelmiş olacaktır. Bu yapılan çalışma ayrıca web tabanlı açık kaynak kodlu yazılımlar yardımıyla deformasyon analizlerinin yapılabilirliği, kullanımı ve uygulanabilirliği açısından önemlidir.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, bu çalışmada bilinen ilgili herhangi bir finansal veya finansal olmayan çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

### Yazar Katkısı

**Mehmet Bak:** Fikir, Literatür taraması, Analiz ve yorumlama, Yazım. **Rahmi Nurhan Çelik:** Tasarım, Denetleme, Makale değerlendirme.

## Kaynaklar

- Akyılmaz, O., Acar, M., & Özlüdemir, M. T. (2007). Koordinat Dönüşümünde En Küçük Kareler ve Toplam En Küçük Kareler Yöntemi. *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetim Dergisi*, 16
- Baarda, W. (1973). *S-transformation and criterion matrices*, Netherlands Geodetic Commission Publications on Geodesy. New Series, 5(1).
- Bak, M. (2014). *Jeodezik Çalışmalarla İzmit Körfezi Ve Yakın Çevresi Kabuk Deformasyonlarının Belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye
- Başkaya, B. (1995). *S – Transformasyonu ve yatay kontrol ağlarında deformasyon analizi* (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul, Türkiye.
- Bayrak, T., & Yalçinkaya, M. (2002). Statik ve Kinematik Modelde Deformasyon Analizi. *Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu*. Konya.
- Caspary, W., & Rueger, J. M. (1987). *Concepts of network and deformation analysis*. Edited by J.M. Rueger. School of Surveying, University of New South Wales Kensington.
- Demirel, H. (1987). S Transformasyonu ve Deformasyon Analizi. 1. *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 593-608.
- Demirel, H. (2009). *Dengeleme Hesabı*. Yıldız Teknik Üniversitesi Basım – Yayın Merkezi.
- Doğanalp, S., & Turgut, B. (2009). Statik ve Kinematik Modelde Deformasyon Analizi. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 24(2), 31-44.
- Erdoğan, B., & Mandalinci, G. (2019). Robust kestirim yöntemlerinin deformasyon analizinde uygulanmasında farklı yaklaşımların güvenilirliğinin araştırılması. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 6(1), 10-25.
- Erol S. (2008). *GPS ve Nivelman Ölçüleriyle Deformasyonların Belirlenmesi* (Doktora Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Gründig, L., Neureither, M., & Bahndorf, J. (1985). Detection and localization of geometrical movements. *Journal of Surveying Engineering*, 111(2), 118-132.
- Özdemir, E. G. (2022) Bağıl ve mutlak (PPP) konum çözüm yaklaşımı sunan Web-Tabanlı çevrimiçi veri değerlendirme servislerinin farklı gözlem periyotlarındaki performanslarının araştırılması. *Geomatik*, 7(1), 41-51.
- Pelzer, H. (1971). Zur Analyse geodätischer Deformations-messungen, *Deutsche Geodätische Kommission, C-164, München, Germany*.
- Pırtı, A., & Yazıcı, D. (2022). İnternet tabanlı GNSS yazılımlarının doğruluk açısından değerlendirilmesi. *Geomatik*, 7(2), 88-105.
- Şimşek, M., Özarpacı, S., & Doğan, U. (2019). Yer Kabuğu Hareketlerinin Belirlenmesinde Web Tabanlı Çevrimiçi GNSS Servislerinin Performans Analizi. *Geomatik*, 4(2), 147-159.
- van Hees, G. S. (1982). Variance-covariance transformations of geodetic networks. *Manuscripta Geodaetica*, 7(1), 1-20.
- van Mierlo, J. (1981). A testing procedure for analysing geodetic measurements. In *Proceedings of the 2nd International Symposium on Deformation Measurements by Geodetic Methods, Bonn (Ed. L. Hallermann)*. Konrad Wittwer, Stuttgart (pp. 321-352).
- Welsch, W. M. (1993). A general 7-parameter transformation for the combination, comparison and accuracy control of terrestrial and satellite network observations. *Manuscripta geodaetica*, 18(5), 295-295.
- Yalçinkaya, M., Teke, K., & Bayrak, T. (2003). Jeodezik GPS Ağlarında Duyarlık ve Güven Analizi. 1. *Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*. İstanbul.
- Yalçinkaya, M. (2019). Deformasyon Ölçüleri ve Analizi Ders Notu.
- URL-1: Web-NDefA, <https://github.com/mhmtbk/Web-NDefA>, (Erişim Tarihi: 15.10.2020).
- URL-2: International GNSS Service: <https://kb.igs.org/hc/en-us/articles/115003935351>, (Erişim Tarihi: 15.03.2020).
- URL-3: Scripps Orbit and Permanent Array Center, <https://sopac.ucsd.edu/>, (Erişim Tarihi 15.03.2020).
- URL-4: International Terrestrial Reference Frame, <https://itrf.ign.fr/>, (Erişim Tarihi: 15.03.2020).
- URL-5: Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı, <https://www.tusaga-aktif.gov.tr/>, (Erişim Tarihi 15.03.2020).
- URL-6: İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Uydulardan Konum Belirleme Sistemi, <https://ukbs.iski.gov.tr/>, (Erişim Tarihi 15.03.2020).





# Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi

## Journal of Geodesy and Geoinformation

# İÇİNDEKİLER - CONTENTS

### ARAŞTIRMA MAKALELERİ / RESEARCH ARTICLES

- COVID-19 hastalarının izlenmesinde çevrimiçi coğrafi kodlama servislerinin karşılaştırmalı analizi  
Comparative analysis of online geocoding services in monitoring COVID-19 patients ..... 95-107  
*Batuhan KILIÇ, Fatih GÜLGEN, Ali KOCATAŞ, Mert GÜRTÜRK, Perihan ABAY, Yalçın YILMAZ, Gülden ANATACA*
- İç mekân navigasyonu ağ modelleri: Karşılaştırmalı bir inceleme  
Indoor navigation network models: A comparative investigation ..... 108-126  
*Atakan BİLGİLİ, Alper ŞEN, Melih BAŞARANER*
- Tescil dışı alanların arsa düzenlemelerinde değerlendirilmesi  
The evaluation of non-registered parts in the zoning plans and land readjustments ..... 127-136  
*Murat Selim ÇEPNİ*
- Fotogrametrik nokta bulutu verisinin makine öğrenmesi ile sınıflandırılması  
Classification of photogrammetric point cloud data with machine learning ..... 137-149  
*Muhammed Enes ATİK, Ömercan GÜNGÖR, Engin KESKİN, Zaide DURAN*
- Arazi idaresi temel modeli planlama paketi geliştirilmesi için Türkiye mekânsal planlama sisteminin incelenmesi  
Review of the Turkey spatial planning system for developing the land administration domain model planning package ..... 150-165  
*Okan YILMAZ, Mehmet ALKAN*
- Web-NDefA: Açık kaynak kodlu GNSS tabanlı deformasyon analizi platformu  
Web-NDefA: Open source GNSS based deformation analysis platform ..... 166-181  
*Mehmet BAK, Rahmi Nurhan ÇELİK*

