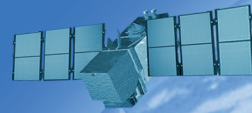


[Cilt/Volume:07] [Sayı/Issue:01] [Mayıs/May 2020] [Dergi No/Journal No.:111] [ISSN: 2147-1339] [e-ISSN: 2667-8519]

# 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**

Sümer 1 Sokak, No: 12 / 4, Kızılay, 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**

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

**Baskı & Cilt / Printing & Binding**

Güngörler Matbaacılık San. Tic. Ltd. Şti.  
İvedik Mah. 1323. Cad. No:28/4 Ankara  
Tel: 312 394 28 82

**Basım Tarihi / Publication Date: Mayıs 2020 / May 2020**

**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:07] [Sayı/Issue:01] [Mayıs/May 2020] [Dergi No/Journal No.:111]

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

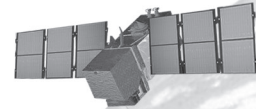


UCTEA

**Chamber of Survey and Cadastre Engineers**

# JEODEZİ VE JEOİNFORMASYON 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

Doç. Dr. Bahattin ERDOĞAN  
Yıldız Teknik Üniversitesi  
İstanbul

## EDİTÖR YARDIMCILARI / CO-EDITORS

Prof. Dr. Tarkan TÜRK  
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi  
Sivas

Doç. Dr. Nursu TUNALIOĞLU  
Yıldız Teknik Üniversitesi  
İstanbul

## EDİTÖR KURULU / EDITORIAL BOARD

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

Prof. Dr. Atunç PIRTI,  
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Aydın ÜSTÜN,  
Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

Prof. Dr. Cengizhan İPBÜKER,  
İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Çetin CÖMERT,  
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

Prof. Dr. Çetin MEKİK,  
Hacettepe Üniversitesi, Ankara

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. 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. 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,  
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

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

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

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

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

Doç. Dr. Halil AKINCI,  
Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin

Doç. Dr. Murat UYSAL,  
Aydın Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar

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

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

Doç. Dr. Saygın ABDİKAN,  
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak

Doç. Dr. Sultan KOCAMAN GÖKÇEOĞLU,  
Hacettepe Üniversitesi, Ankara

Doç. Dr. Taylan ÖCALAN,  
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Doç. Dr. Uğur AVDAN,  
Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir

Doç. Dr. Volkan ÇAĞDAŞ,  
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Dr. Öğr. Üyesi Caner GÜNEY,  
İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

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 Melis UZAR,  
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Dr. Öğr. Üyesi Nusret DEMİR,  
Akdeniz Üniversitesi, Antalya

## SAHİBİ (HKMO adına)

OWNER (on behalf of CSCE)  
Orhan KASAP  
HKMO, Ankara

## YAZI İŞLERİ MÜDÜRÜ MANAGING EDITOR

Ali İPEK  
HKMO, Ankara

## YAYIN KURULU / PUBLICATION BOARD

Bahattin ERDOĞAN, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Nursu TUNALIOĞLU, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Tarkan TÜRK, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas

Taylan ÖCALAN, HKMO, Ankara

Timur Bilinç BATUR, 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 <http://dergipark.gov.tr/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 or 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 <http://dergipark.gov.tr/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

- Çok zamanlı polarimetrik SAR verileri ile tarımsal ürünlerin sınıflandırılması  
Crop classification using multi-temporal polarimetric SAR data ..... 1-10  
*Mustafa Üstüner, Füsun Balık Şanlı*
- Güneş enerjisi santrallerinin yer seçimi için uygunluk haritasının oluşturulmasında klasik ve bulanık mantığa dayalı yöntemlerin analizi: Menemen örneği  
Analysis of classical and fuzzy-logic based methods to generate suitability maps for solar power plants: The case of Menemen..... 11-28  
*Melis Uzar, Hüseyin Koca*
- Taşınmaz değer haritalarının coğrafi bilgi sistemleri ile üretilmesi: Çanakkale örneği  
Production of real estate value maps with geographical information systems: The case of Çanakkale ..... 29-46  
*Müge Özgüven, Ramazan Cüneyt Erenoğlu*
- Arazi ve arsa düzenlemelerinin geri dönüşüm işlemlerinde yargı kararlarına dayalı öneriler  
Suggestions on the reversing process of the land readjustment based on judicial decisions ..... 47-69  
*Sinem Haciosmanoğlu, Hülya Demir*
- 3D cadastral standard definition and development using international standards for Turkey cadastral system  
Türkiye kadastro sistemi için uluslararası standartları kullanarak 3B kadastro standart tanımı ve gelişimi ..... 70-85  
*Mehmet Alkan, Hicret Gürsoy Sürmeneli*
-

## Çok zamanlı polarimetrik SAR verileri ile tarımsal ürünlerin sınıflandırılması

Mustafa Üstüner<sup>1\*</sup> , Fusun Balık Şanlı<sup>1</sup> 

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

**Öz:** Bu çalışma, çok zamanlı Polarimetrik SAR (Polarimetrik Sentetik Açıklıklı Radar, PolSAR) görüntülerinin tarımsal ürünlerin sınıflandırılmasındaki kullanımını araştırmaktadır. Çok zamanlı PolSAR görüntüleri, özellikle zamansal izlemenin önemli olduğu tarım projelerinde önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu çalışma kapsamında, beş farklı ürünün (mısır, patates, buğday, ayçiçeği ve yem bitkisi) sınıflandırılması amacıyla üç farklı makine öğrenme algoritması (hafif gradyan hızlandırma makineleri (Light Gradient Boosting Machines, LightGBM), rastgele orman (RO) ve destek vektör makineleri (DVM)) kullanılmıştır. PolSAR verisi olarak, çok zamanlı Radarsat-2 SAR görüntülerine ait doğrusal geri saçılım değerlerini içeren orijinal bantlar kullanılmıştır. Sınıflandırmalara ilişkin genel doğruluk değerleri LightGBM, RO ve DVM algoritmaları için sırasıyla 0.857 ( $\pm 0.026$ ), 0.855 ( $\pm 0.033$ ) ve 0.834 ( $\pm 0.039$ ) olarak elde edilmiştir. McNemar testi sonuçlarına göre, en yüksek iki sınıflandırma doğruluğu arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Sınıflandırma sonuçlarının değerlendirilmesi aşamasında k-katlamalı çapraz doğrulama yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca bu sonuçlar, çok zamanlı PolSAR verilerinin tarımsal ürünlerin sınıflandırılmasında etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Polarimetrik SAR, Sınıflandırma, Uzaktan algılama, Tarım

### Crop classification using multi-temporal polarimetric SAR data

**Abstract:** This study evaluates the use of multi-temporal Polarimetric SAR (Polarimetric Synthetic Aperture Radar, PolSAR) images for crop classification. Multi-temporal polarimetric SAR images could be very advantageous for crop classification especially in time-critical agricultural projects. Within this research, three types of machine learning algorithms (light gradient boosting machines (LightGBM), random forest (RF) and support vector machines (SVM)) were utilized for the classification of five crops (maize, potato, wheat, sunflower, and alfalfa). From the multi-temporal PolSAR data, the original features (i.e. linear backscatter coefficients) of Radarsat-2 were extracted and incorporated into the classification step. The overall classification accuracies were obtained as 0.857 ( $\pm 0.026$ ), 0.855 ( $\pm 0.033$ ) and 0.834 ( $\pm 0.039$ ) for LightGBM, RF and SVM, respectively. The difference between the accuracies obtained by LightGBM and random forest (RF) was found to be statistically non-significant based upon the McNemar's test. K-fold cross validation was used to assess the classification results. Furthermore, these results showed the added benefits of multi-temporal PolSAR data for crop classification.

**Keywords:** Polarimetric SAR, Classification, Remote sensing, Agriculture

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

Geliş Tarihi/Received: 21.09.2019

Kabul Tarihi/Accepted: 04.12.2019



0000-0003-0553-2682, mustuner@yildiz.edu.tr (Üstüner M.)\*  
0000-0003-1243-8299, fbalik@yildiz.edu.tr (Balık Şanlı F.)

## 1. Giriş

Bölgesel ve küresel ölçekte tarım alanlarının sistematik ve doğru bir şekilde izlenmesi, birçok tarım uygulaması için önem arz etmektedir. Tarımsal ürünlerin zamana bağlı dinamik olarak değişen yapılarından dolayı, ürün deseni tespiti ve rekolte (yıllık ürün) tahmini gibi uygulamalarda çok zamanlı uydu görüntülerine ihtiyaç duyulmaktadır (McNairn & Shang, 2016; Larrañaga & Álvarez-Mozos, 2016). Zamansal izlemenin kritik öneme sahip olduğu tarım projelerinde optik görüntüleri nazaran, iklim koşullarından bağımsız görüntü elde edilebilme avantajı nedeniyle SAR (Sentetik Açıklıklı Radar) görüntüleri sıklıkla tercih edilmektedir. Tarımsal ürünler farklı büyüme evrelerinde farklı geri saçılım değerlerine sahip olduğundan, ürün türlerinin doğru sınıflandırılmasında çok zamanlı ve çok polarizasyonlu verilere ihtiyaç olduğu çoğu bilimsel çalışmada açıkça ispatlanmıştır (McNairn & Brisco, 2004; Jiao vd., 2014; Huang, Wang, Shang, Liao & Liu, 2017).

Hedef ürün türüne ilişkin geri saçılım değeri, kullanılan SAR algılayıcısının özellikleri ve hedef objenin geometrik/fiziksel yapısı arasındaki ilişkiye bağlıdır. Tam polarimetrik (full polarimetric) SAR verileri (PolSAR), tekli ya da ikili polarizasyona sahip SAR verilerine kıyasla hedef objenin karmaşık yapısı hakkında daha detaylı bir bilgi sağlamaktadır. PolSAR görüntüleri, arazi örtüsü ve kullanımı tespitinden deniz buzularının tespit edilmesine, kentsel alanların sınıflandırılmasından ormanlık ve tarım alanlarının sınıflandırılmasına kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir. Niu ve Ban (2013) kentsel arazi örtüsü sınıflandırılması amacıyla çok zamanlı Radarsat-2 verilerinden faydalanmışlardır. Maghsoudi, Collins, ve Leckie (2013) çalışmalarında, destek vektör makinaları (DVM) sınıflandırma algoritması ve Radarsat-2 verilerinden faydalanarak kutupaltı ormanlık alanların sınıflandırılması işlemini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında çok zamanlı TerraSAR-X SAR görüntülerinden faydalanan Ressel, Singha, Lehner, Rösel ve Spreen (2016) ise deniz buzu sınıflandırılması amacıyla SAR görüntülerinden üretilen polarimetrik özellikleri kullanmışlardır. Gui, Xu, Wang, Yang ve Pu (2018) ise çalışmalarında, PolSAR verilerinden ve genelleştirilmiş sıfır-atış öğrenmesi (generalized zero-shot learning) tekniğinden faydalanmışlardır.

Radar sinyali, tarımsal ürünlerin geometrik yapısı ve biyofiziksel parametrelerine karşı duyarlıdır ve bu özelliği nedeniyle de ürün deseni tespiti ve izlenmesi vb. çalışmalarda önemli katkılar sağlamaktadır (Lee & Pottier, 2009; Schmillius, Thiel, Pathe & Santoro, 2015; Tamiminia, Homayouni, McNairn & Safari, 2017). Çok zamanlı tam PolSAR verileri (Radarsat-2, UAVSAR, ALOS-2/PALSAR-2) tarımsal ürünlerin sınıflandırılmasında sıklıkla tercih edilmektedir. Ma, Wang, Shang ve Wang (2013) yaptıkları çalışmada, tarımsal ürünlerin sınıflandırılması işleminde çok zamanlı Radarsat-2 PolSAR uydu görüntülerinden faydalanmış ve en çok benzerlik sınıflandırma yöntemini kullanmışlardır. Liu, Shang, Vachon, ve McNairn (2013), test alanı Kanada'nın Ontario eyaletinde yer alan çalışmalarında, çok zamanlı Radarsat-2 PolSAR görüntülerinden üretilmiş Pauli polarimetrik ayrıştırma (polarimetric decomposition) tekniğine dayalı polarimetrik özellikleri (features) kullanmışlardır. Jiao vd. (2014) ise tarımsal ürün sınıflandırılması işleminde, çok zamanlı Radarsat-2 görüntülerinden üretilmiş Cloude-Pottier ve Freeman-Durden polarimetrik ayrıştırma tekniklerine ait polarimetrik özelliklerden faydalanmışlardır. Çalışmaları kapsamında obje tabanlı sınıflandırma yöntemini kullanmışlardır. Larrañaga ve Álvarez-Mozos (2016) ise tarımsal ürünlerin sınıflandırılması amacıyla çok zamanlı Radarsat-2 görüntülerinden ve polarimetrik ayrıştırma tekniklerinden elde edilmiş polarimetrik özelliklerden faydalanmışlardır. Çalışmaları kapsamında obje tabanlı rastgele orman (RO) algoritması kullanılmıştır. Valcarce-Diñeiro, Arias-Pérez, Lopez-Sanchez ve Sánchez (2019) tarımsal ürünlerin sınıflandırılması amacıyla yaptıkları çalışmalarında, çok zamanlı Radarsat-2 ve Sentinel-1 SAR uydu görüntülerinden faydalanmışlardır. Çalışmaları kapsamında C5.0 karar ağaçları sınıflandırma algoritması kullanılmıştır.

Son yıllarda makine öğrenmesi ve bilgisayarlı görü alanlarındaki gelişmeler ile birlikte, yeni nesil makine öğrenme algoritmaları karşımıza çıkmakta ve bu algoritmaların uzaktan algılama alanındaki uygulamaları da giderek artmaktadır. Özellikle bu gelişmeler, yeni nesil topluluk öğrenme (ensemble learning) algoritmalarının ortaya çıkmasına neden olmuştur.



Yeni nesil topluluk öğrenme algoritmalarına Kanonik korelasyon ormanı (canonical correlation forest), aşırı gradyan hızlandırma (extreme gradient boosting), hafif gradyan hızlandırma makinaları (light gradient boosting machines, LightGBM) ve derin orman (deep forest) algoritmaları örnek olarak verilebilir (Xia, Yokoya & Iwasaki, 2017; Georganos vd., 2018; Üstüner & Balık Şanlı, 2019; Boualleg, Farah & Farah, 2019).

Bu çalışmada, çok zamanlı Radarsat-2 PolSAR uydu görüntülerinin tarımsal ürünlerin sınıflandırılmasındaki kullanımı araştırılmıştır. Çalışma kapsamında üç farklı makine öğrenme algoritması kullanılmış ve sınıflandırma performansları karşılaştırılmıştır. Sınıflandırma sonuçlarının analizi aşamasında k-katlamalı çapraz doğrulama (k-fold cross validation) yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca, elde edilen sınıflandırma doğrulukları arasındaki farkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı ise McNemar testi kullanılarak analiz edilmiştir.

## 2. Çalışma Alanı ve Kullanılan Veri

Çalışma alanı Konya şehir merkezinin 65 km kuzeyinde yer almaktadır ve yaklaşık olarak 42 km<sup>2</sup>'lik bir alana sahiptir. Geniş düzlüklere sahip Konya ovası ülkemizin en büyük ovasıdır ve ülke tarımında önemli bir paya sahiptir. Test alanı tamamen tarım ürünleri ile kaplıdır ve alanda beş farklı ürün türü bulunmaktadır (yem bitkisi, mısır, patates, ayçiçeği ve buğday) (Şekil 1). Uydu görüntülerinin alım tarihi ile eş zamanlı olarak arazi çalışması gerçekleştirilmiş ve tarlalarda tarımsal ürün türlerine ilişkin el GPS'i ile örnek noktalar toplanmıştır. Daha sonra bu noktalar, sınıflandırma işlemine kullanılmak üzere kaydedilmiştir. Çalışma kapsamında dört farklı alım tarihine ait tam polarimetrik Radarsat-2 PolSAR uydu görüntüleri kullanılmıştır (Tablo 1).

**Tablo 1:** Görüntü alım tarihleri

Tarihler
13.06.2016
07.07.2016
31.07.2016
24.08.2016

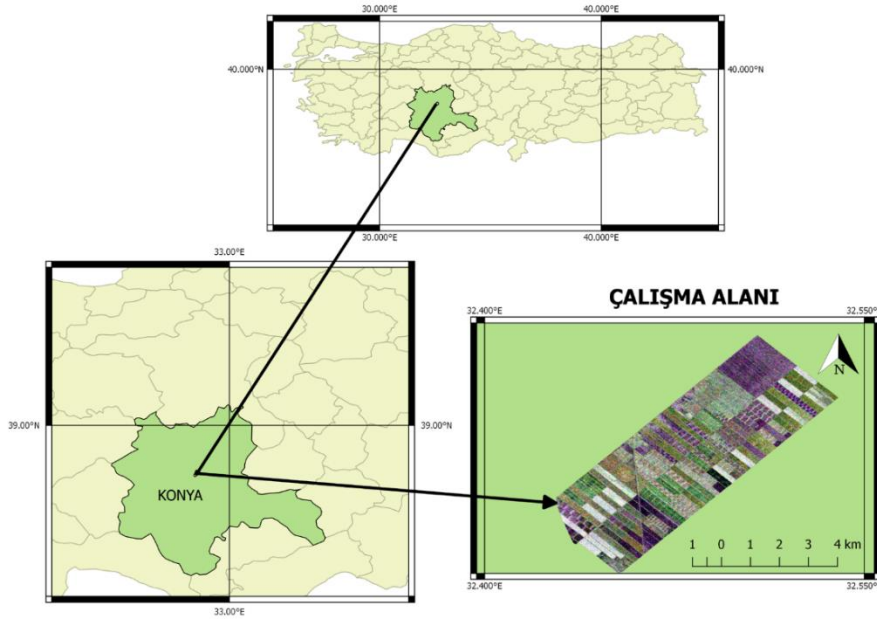
Görüntüler tek bakışlı karmaşık (single look complex) görüntü formatında elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan görüntünün özellikleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 2:** Radarsat-2 görüntü özellikleri

Algılayıcı	Radarsat-2
Dalga Boyu	C-Band (5.6 cm)
Çözünürlük	4.7 m x 5.1 m (Menzil x Azimut)
Geliş Açısı	40°
Polarizasyon (Alım Modu)	Tam Polarimetrik (DD, YY, DY, YD)
Görüntü Formatı	Tek Bakışlı Karmaşık

Tablo 2'de verinin polarizasyon bilgisine dair olarak D ve Y harfleri, düşey ve yatay polarizasyonları temsil etmektedir.

Sınıflandırma işlemine ve doğruluk analizinde kullanılan yer gerçeklik verisine ilişkin piksel sayıları Tablo 3'te görülmektedir. Sınıflandırma sonuçlarının değerlendirilmesi aşamasında 5-katlamalı çapraz doğrulama yöntemi kullanılmıştır.



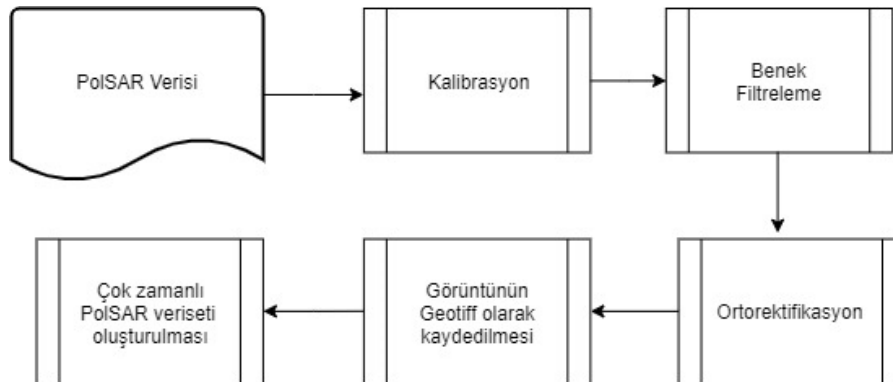
Şekil 1: Çalışma alanı

Tablo 3: Yer gerçekliği verisi

Sınıf	Yer Gerçekliği Verisi (Piksel)
Yem Bitkisi	5460
Mısır	5581
Patates	6093
Ayçiçeği	5361
Buğday	5481

### 3. SAR Verilerinin İşlenmesi

SAR görüntülerden bilgi çıkarımı işleminden önce (sınıflandırma işleminden önce), görüntü ön işleme adımlarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir (Şekil 2). Bu işlem adımları Avrupa Uzay Ajansı'nın ücretsiz olarak sağladığı SNAP (Sentinel Application Platform) yazılımı (versiyon 6.0) ile gerçekleştirilmiştir. İlk işlem adımı olarak görüntünün radyometrik (sigma nought) kalibrasyonu yapılmıştır. "Sigma nought" kalibrasyonu, SAR görüntülerinde doğrusal geri saçılım değerlerinin elde edilmesi aşamasında kullanılan temel bir işlem adımdır.



Şekil 2: SAR verilerinin işlenmesi

Bu işlem adımının ardından benek (speckle) etkisini azaltmak amacıyla görüntüye 3x3 Gamma Map filtresi uygulanmıştır. SAR görüntülerinde benek filtreleme amacıyla literatürde sık kullanılan bir filtre olması nedeniyle bu filtre türü seçilmiştir.

Daha sonra ise görüntüye 30 metrelik SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) sayısal yükseklik modeli yardımıyla arazi düzeltilmesi (terrain correction) işlem adımı uygulanmıştır. En son işlem adımı olarak ise bantlardaki piksel değerleri, radar geri saçılım (dB) değerine dönüştürülmüş ve görüntüler 10 metreye yeniden örneklenmiştir. Bu temel ön işleme adımları diğer üç farklı tarihe ilişkin görüntüler için de uygulanmış ve çok zamanlı bir veri seti oluşturulmuştur.

#### 4. Sınıflandırma Algoritmaları

Bu çalışma kapsamında, üç farklı makine öğrenme algoritması (LightGBM, RO ve DVM) kullanılmıştır. Kullanılan algoritmalarından LightGBM ve RO algoritmaları karar ağaçları tabanlı topluluk öğrenme algoritmalarındandır (Ke vd., 2017; Saner, Kesici, Mahdı, Yaslan & Genç, 2019). Özellikle son yıllarda uzaktan algılama verilerinin boyut ve hacmindeki artış, araştırmacıları daha hızlı, optimize çalışan ve yüksek başarımlı sonuçlar veren yöntemlerin arayışına sokmuştur. LightGBM algoritması da bu amaca yönelik olarak, Microsoft'un "Dağıtık Makine Öğrenmesi Yazılımı (Distributed Machine Learning Toolkit)" isimli projesi kapsamında geliştirilmiştir (URL-1). DVM ise maksimum-marj tabanlı bir öğrenme algoritmasıdır (Melgani & Bruzzone, 2004).

LightGBM algoritması, hızlı, dağıtık ve yüksek başarımlı sonuçlar veren gradyan hızlandırma çatısı altında çalışan karar ağacı tabanlı bir makine öğrenme algoritmasıdır (URL-2). Bu algoritmayı diğer karar ağacı tabanlı öğrenme algoritmalarından ayıran bir özelliği, karar ağaçlarının eğitimi aşamasında yaprak odaklı (leaf-wise) büyüme stratejisini kullanmasıdır (Ke vd., 2017; Saner vd., 2019; Li, Ding, Chen, Wang & Yang, 2019). Çoğu karar ağacı tabanlı yöntem, ağacın seviyesine odaklı (level-wise) büyüme stratejisini kullanmaktadır. Microsoft tarafından geliştirilen LightGBM, son yıllarda düzenlenen makine öğrenme yarışmalarında işlem hızı ve doğruluk kriterlerinde en başarılı algoritmalar arasında yer almıştır (URL-3). LightGBM algoritmasının bu başarısının altında, karar ağaçlarının eğitimi aşamasında kullandığı iki özgün teknik yatmaktadır. Bu iki özgün teknik, gradyan tabanlı tek yönlü örnekleme (Gradient-based One-Side Sampling, GOSS) ve ayrıcalıklı özellik desteleme (Exclusive Feature Bundling, EFB) algoritmalarıdır. Gradyan tabanlı tek yönlü örnekleme ile örnek veri sayısının azaltılması (alt-örnekleme, downsampling) ve bu sayede verinin tümü yerine alt örneklem (subsampling) veri kümesinin kullanılması amaçlanmaktadır. Ayrıcalıklı özellik desteleme ise seyrek yapıdaki özellikleri (sparse features) birleştirerek, daha az sayıda yoğun özellikler (dense features) oluşturmaktadır ve bu sayede öğrenme aşamasındaki karmaşıklık seviyesini azaltmaktadır. Bu işlemler de dolaylı olarak, algoritmanın daha hızlı çalışmasını sağlamaktadır (Ke vd., 2017; Li vd., 2019; Üstüner & Balık Şanlı, 2019).

LightGBM algoritmasına ilişkin parametreler Tablo 4'te görülmektedir. Algoritma ve parametrelere ilişkin daha detaylı bilgi Ke vd. (2017)'de mevcuttur. LightGBM algoritmasının uygulanmasında, Microsoft tarafından ücretsiz olarak sağlanan Python paketi (versiyon 2.1.1) kullanılmıştır. Parametre seçimi ise, orijinal LightGBM paketinin ana sayfasındaki "parametre ayarlama (parameter tuning)" sayfasındaki öneriler dikkate alınarak seçilmiştir (URL-4).

**Tablo 4:** LightGBM parametreleri

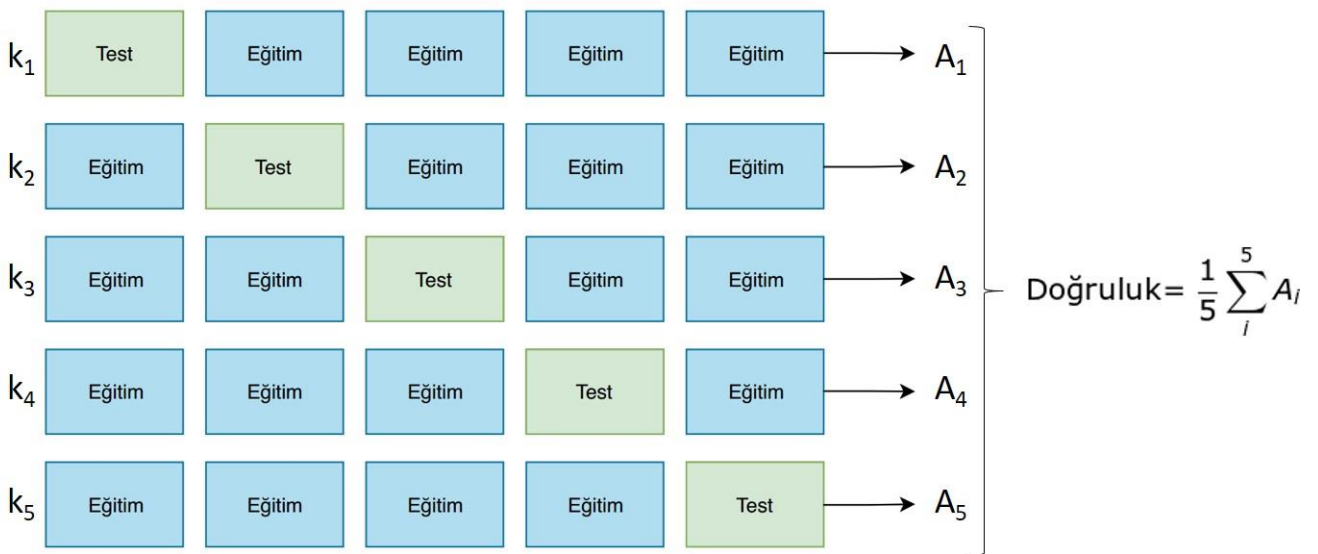
Parametreler	Değer
Hızlandırma Türü	GOSS
Maksimum Derinlik	5
Yaprak Sayısı	100
Öğrenme Oranı	0.1
Amaç (Objective)	Multiclass
Özellik Fraksiyonu	1.0
Yapraktaki Minimum Veri Sayısı	20
İterasyon Sayısı	100

RO algoritması, karar ağacı tabanlı bir topluluk öğrenme algoritmasıdır ve uzaktan algılama verilerinin sınıflandırılmasında hızlı ve uygulanabilirliği kolay bir algoritma olması nedeniyle sıklıkla tercih edilmektedir. RO algoritmasının eğitim aşamasında, torbalama (bagging) yöntemi ile orijinal veri setinden elde edilmiş birbirinden farklı eğitim veri seti kümeleri kullanılmaktadır. Bu yöntem, torbalama yönteminin gelişmiş bir versiyonu olarak kabul edilebilir. RO algoritması için, ağaç sayısı (N) ve değişken sayısı (m) olmak üzere iki parametre gerekmektedir. Bu parametreler, ağaç sayısı ve değişken sayısı için sırasıyla 500 ve 3 olarak alınmıştır (Gislason, Benediktsson & Sveinsson, 2006; Rodriguez-Galiano, Ghimire, Rogan, Chica-Olmo & Rigol-Sanchez, 2012; Ok, Akar & Güngör, 2012).

DVM, kernel tabanlı bir öğrenme algoritmasıdır. Yüksek boyutlu verileri, sınırlı sayıda eğitim verisi ile sınıflandırabilme özelliği nedeniyle uzaktan algılamada hiperspektral görüntülerin sınıflandırılması işleminde sıklıkla tercih edilen bir makine öğrenme algoritmasıdır. Temelinde iki sınıfı doğrusal olarak birbirinden ayırabilen en uygun hiperdüzlemin belirlenmesi esasına dayanan DVM, doğrusal en uygun hiperdüzlem ile sınıf ayrımını sağlayamadığı durumlarda kernel fonksiyonlarından faydalanmaktadır. Kerneller yardımıyla, veri daha yüksek boyutlu bir uzaya taşınarak sınıf ayrımının doğrusal hiperdüzlem ile yapılması sağlanır. Bu çalışma kapsamında radyal tabanlı fonksiyon kerneli kullanılmıştır. Radyal tabanlı fonksiyon kerneli için ceza (cost) parametresi 500 ve gamma parametresi 0.1 olarak alınmıştır (Melgani & Bruzzone, 2004; Kavzoğlu & Çölkesen, 2009). DVM ve RO sınıflandırmaları, açık kaynaklı Python Scikit-learn makine öğrenmesi kütüphanesinden (versiyon 0.19) faydalanarak gerçekleştirilmiştir (Pedregosa vd., 2011; Buitinck vd., 2013).

## 5. Değerlendirme

Sınıflandırma sonuçlarının değerlendirilmesi aşamasında k-katlamalı çapraz doğrulama yöntemi kullanılmıştır. k-katlamalı çapraz doğrulama tekniğinde orijinal veri seti k sayıda parçaya bölünür. (k-1) sayıdaki parça sınıflandırıcı modeli eğitmek için kullanılırken, geriye kalan bir parça ise modelin doğruluğunu hesaplamak için kullanılır. Bu işlem k defa tekrar edilir ve her seferinde farklı parça eğitim ve test verisi olarak kullanılır. Elde edilen doğruluk değerlerinin ortalaması alınır. Modelin doğruluğu ise bu ortalama değere eşittir (Kohavi., 1995; Toosi vd., 2019). Bu çalışmada k değeri 5 olarak alınmıştır ve bu işlem Python scikit-learn makine öğrenme kütüphanesi (versiyon 0.19) aracılığıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3: 5-katmanlı çapraz doğrulama

Sınıflandırma sonuçları, genel doğruluk ve Kappa değerlerine bağlı olarak elde edilmiştir (Tablo 5).

**Tablo 5:** Sınıflandırma sonuçları (genel doğruluk ve Kappa değerleri)

Algoritma	Genel Doğruluk (Std Sapma)	Kappa Değeri (Std Sapma)
LightGBM	0.857 ( $\pm 0.026$ )	0.822 ( $\pm 0.033$ )
RO	0.855 ( $\pm 0.033$ )	0.819 ( $\pm 0.040$ )
DVM	0.834 ( $\pm 0.039$ )	0.793 ( $\pm 0.049$ )

Genel doğruluk ve Kappa değerlerine bakıldığında, en yüksek sınıflandırma doğruluğu LightGBM algoritması ile elde edilmiştir. Fakat en yüksek iki sınıflandırma doğruluğu arasındaki farkın (0.002) istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı McNemar testi ile incelendiğinde bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Hesaplanan istatistik değeri (1.35) %95 güven aralığındaki kritik değerden ( $\chi^2=3.84$ ) küçük olduğundan aradaki farkın anlamlı olmadığı sonucuna varılmıştır (Kavzoğlu & Çölkesen, 2013). En düşük sınıflandırma doğruluğu ise DVM algoritması ile elde edilmiştir.

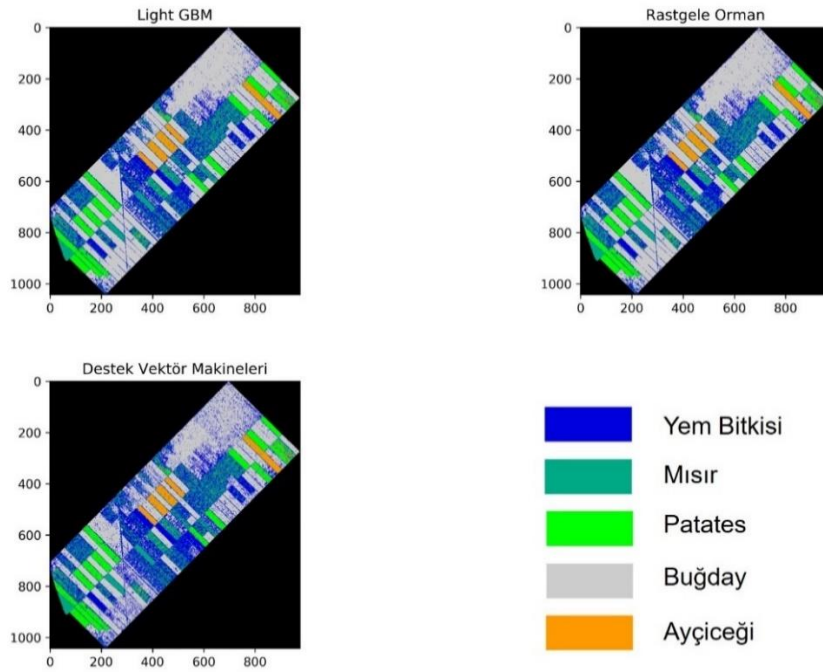
Ayrıca, Tablo 5'teki standart sapma değerleri, 5-katlamalı çapraz doğrulama işlemi sırasında elde edilen sınıflandırma doğruluklarının ortalama değere ne derece yakın/uzak olduğunu ifade etmektedir. 5-katlamalı çapraz doğrulama işleminde, sınıflandırma işlemi beş kez gerçekleştirilir ve her bir sınıflandırma işleminde birbirinden farklı eğitim verisi kullanılır. Bu farklı eğitim veri seti kullanımından en çok etkilenen DVM algoritması olurken (yüksek standart sapma değeri), LightGBM kullanılan algoritmalar arasındaki en robust (dayanıklı) algoritma olarak karşımıza çıkmıştır.

Sınıf bazında doğruluklar incelendiğinde ise buğday sınıfı tüm algoritmalar için en yüksek doğrulukla diğer sınıflardan ayrılan sınıf olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayçiçeği ve patates sınıfları da buğday sınıfı gibi diğer sınıflar ile çok karışma göstermeyen ve 0.90 doğruluk değerinin üstünde bir değerle sınıflandırılmış sınıf türleridir (Tablo 6). Mısır sınıfı için LightGBM ve RO algoritmaları 0.73 doğruluk elde ederken DVM algoritması ancak 0.68'lik bir doğruluk ile bu sınıfı sınıflayabilmiştir. Mısır sınıfı tüm algoritmalarda yem bitkisi sınıfı ile karışmıştır. Yem bitkisi sınıfında ise, genel doğruluk değerlerinde en düşük sınıflandırma sonucunu veren DVM algoritması, bu ürün türünde en yüksek doğruluğu elde etmiştir (Tablo 6). Bu sonuç ise kullanılan sınıflandırma algoritmalarının karakteristiğine bağlı olarak, aynı eğitim veri seti kullanılmasına rağmen farklı sonuçlar elde edilebileceğinin bir kanıtıdır.

**Tablo 6:** Normalize edilmiş hata matrisleri

		LightGBM			
	Yem Bitkisi	Mısır	Patates	Ayçiçeği	Buğday
Yem Bitkisi	<b>0.70</b>	0.23	0.02	0.01	0.03
Mısır	0.17	<b>0.73</b>	0.03	0.06	0.00
Patates	0.02	0.02	<b>0.95</b>	0.01	0.00
Ayçiçeği	0.01	0.06	0.01	<b>0.92</b>	0.00
Buğday	0.03	0.00	0.00	0.00	<b>0.97</b>
		RO			
	Yem Bitkisi	Mısır	Patates	Ayçiçeği	Buğday
Yem Bitkisi	<b>0.68</b>	0.25	0.03	0.01	0.03
Mısır	0.16	<b>0.73</b>	0.04	0.06	0.00
Patates	0.02	0.01	<b>0.96</b>	0.01	0.00
Ayçiçeği	0.00	0.07	0.01	<b>0.92</b>	0.00
Buğday	0.03	0.00	0.00	0.00	<b>0.97</b>
		DVM			
	Yem Bitkisi	Mısır	Patates	Ayçiçeği	Buğday
Yem Bitkisi	<b>0.71</b>	0.23	0.03	0.01	0.03
Mısır	0.22	<b>0.68</b>	0.03	0.06	0.00
Patates	0.06	0.03	<b>0.91</b>	0.01	0.00
Ayçiçeği	0.01	0.06	0.01	<b>0.91</b>	0.00
Buğday	0.04	0.00	0.00	0.00	<b>0.96</b>

Çalışmaya ait farklı sınıflandırma modellerine ait sınıflandırılmış görüntüler Şekil 4’te sunulmuştur.



Şekil 4: Sınıflandırılmış görüntüler

Çalışmada veri işleme adımları, Intel Core İ7 işlemci ve 8GB belleğe (RAM) sahip bir bilgisayarda Windows 10 işletim sistemi altında gerçekleştirilmiştir. İşlem süreleri Tablo 7’de verilmektedir.

Tablo 7: Makine öğrenmesi algoritmalarının işlem süreleri

Algoritma	Süre (sn)
LightGBM	5.60
RO	53.08
DVM	49.20

## 6. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma kapsamında, çok zamanlı Polarimetrik SAR görüntülerinin tarımsal ürünlerin sınıflandırılmasındaki kullanımı araştırılmış ve bu amaçla kullanılmış makine öğrenme algoritmalarının sınıflandırma performansları karşılaştırılmıştır. En yüksek sınıflandırma doğruluğu LightGBM algoritması ile elde edilmiş olmasına rağmen, RO algoritması ile arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Fakat algoritmaların işlem (öğrenme süresi, training time) süreleri karşılaştırıldığında, LightGBM algoritmasının diğer iki algoritmaya kıyasla çok hızlı olduğu görülmüştür (Tablo 7). Ayrıca bu çalışma ile çok zamanlı PolSAR verilerinin tarımsal ürünlerin sınıflandırılmasında etkin bir şekilde kullanılabileceği de test edilmiştir.

Radarsat-2 verisi ile tarımsal ürünlerin sınıflandırılmasına ilişkin çok sayıda çalışma bulunmaktadır fakat yeni nesil topluluk öğrenme algoritmalarından olan LightGBM algoritmasını bu amaca yönelik test eden çalışmalar sınırlı sayıdadır. [Üstüner ve Balık Şanlı \(2019\)](#), tarımsal ürünlerin sınıflandırılmasına yönelik Radarsat-2 verisinden ve LightGBM algoritmasından faydalanmış fakat bu algoritmanın performansını diğer sınıflandırma algoritmaları (DVM ve RO vb.) ile karşılaştırmamıştır. Bu çalışma ile ilk defa, LightGBM algoritmasının tarımsal ürün türlerinin sınıflandırılmasındaki performansı hem RO hem

de DVM ile karşılaştırılmıştır.

Gelecek çalışmalarda, polarimetrik verilerden bilgi çıkarımında sıklıkla kullanılan polarimetrik ayrıştırma tekniklerinden elde edilmiş polarimetrik özelliklerin tarımsal ürünlerin sınıflandırılmasındaki kullanımının araştırılması planlanmaktadır. Ayrıca kullanılan bu algoritmaların yanı sıra, yeni nesil makine öğrenmesi algoritmalarından aşırı gradyan hızlandırma (extreme gradient boosting) ve derin orman (deep forest) algoritmaları da gelecek çalışmalara dâhil edilecektir.

## Teşekkür

Bu çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ) Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından FBA-2017-3062 kodlu proje kapsamında desteklenmiştir. Destekleri için Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ) Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederiz.


## Kaynaklar

- Boualleg, Y., Farah, M., & Farah, I. R. (2019). Remote Sensing Scene Classification Using Convolutional Features and Deep Forest Classifier. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*.
- Buitinck, L., Louppe, G., Blondel, M., Pedregosa, F., Mueller, A., Grisel, O., Niculae, V., Prettenhofer, P., Gramfort, A., Grobler, J., Layton, R., Vanderplas, J., Joly, A., Holt, B., & Varoquaux, G. (2013). API design for machine learning software: experiences from the scikit-learn project. *arXiv preprint arXiv:1309.0238*.
- Georganos, S., Grippa, T., Vanhuyse, S., Lennert, M., Shimoni, M., Kalogirou, S., & Wolff, E. (2018). Less is more: Optimizing classification performance through feature selection in a very-high-resolution remote sensing object-based urban application. *GIScience & remote sensing*, 55(2), 221-242.
- Gislason, P. O., Benediktsson, J. A., & Sveinsson, J. R. (2006). Random forests for land cover classification. *Pattern Recognition Letters*, 27(4), 294-300.
- Gui, R., Xu, X., Wang, L., Yang, R., & Pu, F. (2018). A Generalized Zero-Shot Learning Framework for PolSAR Land Cover Classification. *Remote Sensing*, 10(8), 1307.
- Huang, X., Wang, J., Shang, J., Liao, C., & Liu, J. (2017). Application of polarization signature to land cover scattering mechanism analysis and classification using multi-temporal C-band polarimetric RADARSAT-2 imagery. *Remote Sensing of Environment*, 193, 11-28.
- Jiao, X., Kovacs, J. M., Shang, J., McNairn, H., Walters, D., Ma, B., & Geng, X. (2014). Object-oriented crop mapping and monitoring using multi-temporal polarimetric RADARSAT-2 data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 96, 38-46.
- Kavzoğlu, T., & Çölkesen, I. (2009). A kernel functions analysis for support vector machines for land cover classification. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11(5), 352-359.
- Kavzoğlu, T., & Çölkesen, I. (2013). An assessment of the effectiveness of a rotation forest ensemble for land-use and land-cover mapping. *International Journal of Remote Sensing*, 34(12), 4224-4241.
- Ke, G., Meng, Q., Finley, T., Wang, T., Chen, W., Ma, W., Ye, Q., & Liu, T. Y. (2017). Lightgbm: A highly efficient gradient boosting decision tree. *Advances in Neural Information Processing Systems* (s. 3146-3154).
- Kohavi, R. (1995). A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection. *Ijcai 14(2)*, 1137-1145.
- Larrañaga, A., & Álvarez-Mozos, J. (2016). On the added value of Quad-Pol Data in a multi-temporal crop classification framework based on RADARSAT-2 imagery. *Remote Sensing*, 8(4), 335.
- Lee, J. S., & Pottier, E. (2009). *Polarimetric radar imaging: from basics to applications*. CRC press.
- Liu, C., Shang, J., Vachon, P. W., & McNairn, H. (2013). Multiyear crop monitoring using polarimetric RADARSAT-2 data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing*, 51(4), 2227-2240.
- Li, W., Ding, S., Chen, Y., Wang, H., & Yang, S. (2019). Transfer learning-based default prediction model for consumer credit in China. *The Journal of Supercomputing*, 75(2), 862-884.

- Ma, Q., Wang, J., Shang, J., & Wang, P. (2013). Assessment of multi-temporal RADARSAT-2 polarimetric SAR data for crop classification in an urban/rural fringe area. *2013 Second International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics)* (s. 314-319). IEEE.
- Maghsoudi, Y., Collins, M. J., & Leckie, D. G. (2013). Radarsat-2 polarimetric SAR data for boreal forest classification using SVM and a wrapper feature selector. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 6(3), 1531-1538.
- McNairn, H., & Brisco, B. (2004). The application of C-band polarimetric SAR for agriculture: A review. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 30(3), 525-542.
- McNairn, H., & Shang, J. (2016). A review of multitemporal synthetic aperture radar (SAR) for crop monitoring. In *Multitemporal Remote Sensing* (pp. 317-340). Springer, Cham.
- Melgani, F., & Bruzzone, L. (2004). Classification of hyperspectral remote sensing images with support vector machines. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 42(8), 1778-1790.
- Niu, X., & Ban, Y. (2013). Multi-temporal RADARSAT-2 polarimetric SAR data for urban land-cover classification using an object-based support vector machine and a rule-based approach. *International journal of remote sensing*, 34(1), 1-26.
- Ok, A. O., Akar, O., & Güngör, O. (2012). Evaluation of random forest method for agricultural crop classification. *European Journal of Remote Sensing*, 45(1), 421-432.
- Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V., Vanderplas, J., Passos, A., Cournapeau, D., Brucher, M., Perrot, M., & Duchesnay, È. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *Journal of machine learning research*, 12(Oct), 2825-2830.
- Ressel, R., Singha, S., Lehner, S., Rösel, A., & Spreen, G. (2016). Investigation into different polarimetric features for sea ice classification using X-band synthetic aperture radar. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 9(7), 3131-3143.
- Rodriguez-Galiano, V. F., Ghimire, B., Rogan, J., Chica-Olmo, M., & Rigol-Sanchez, J. P. (2012). An assessment of the effectiveness of a random forest classifier for land-cover classification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 67, 93-104.
- Saner, C. B., Kesici, M., Mahdı, M., Yaslan, Y., & Genç, V. İ. (2019). Güç Sistemlerinde Geçici Hal Kararsızlığının Arıza Öncesi Fazör Ölçümleri Kullanarak Karar Ağacı Tabanlı Kestirimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23(1), 6-14.
- Schmullius, C., Thiel, C., Pathe, C., & Santoro, M. (2015). Radar time series for land cover and forest mapping. *Remote Sensing Time Series* (s. 323-356). Springer, Cham.
- Tamiminia, H., Homayouni, S., McNairn, H., & Safari, A. (2017). A particle swarm optimized kernel-based clustering method for crop mapping from multi-temporal polarimetric L-band SAR observations. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 58, 201-212.
- Toosi, N. B., Soffianian, A. R., Fakheran, S., Pourmanafı, S., Ginzler, C., & Waser, L. T. (2019). Comparing different classification algorithms for monitoring mangrove cover changes in southern Iran. *Global Ecology and Conservation*, e00662.
- Üstüner, M., & Balık Şanlı, F. (2019). Polarimetric Target Decompositions and Light Gradient Boosting Machine for Crop Classification: A Comparative Evaluation. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(2), 97.
- Valcarce-Diñeiro, R., Arias-Pérez, B., Lopez-Sanchez, J. M., & Sánchez, N. (2019). Multi-Temporal Dual-and Quad-Polarimetric Synthetic Aperture Radar Data for Crop-Type Mapping. *Remote Sensing*, 11(13), 1518.
- Xia, J., Yokoya, N., & Iwasaki, A. (2016). Hyperspectral image classification with canonical correlation forests. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 55(1), 421-431.
- URL-1: Microsoft Dağıtık Makine Öğrenmesi Yazılımı (Distributed Machine Learning Toolkit), <http://www.dmtk.io/>, (Erişim Tarihi: 21 Eylül 2019).
- URL-2: LightGBM, Light Gradient Boosting Machine, <https://github.com/Microsoft/lightGBM>, (Erişim Tarihi: 21 Eylül 2019).
- URL-3: Machine Learning Challenge Winning Solutions, <https://github.com/microsoft/LightGBM/blob/master/examples/README.md#machine-learning-challenge-winning-solutions> (Erişim Tarihi: 21 Eylül 2019).
- URL-4: Parameters Tuning, <https://lightgbm.readthedocs.io/en/latest/Parameters-Tuning.html> (Erişim Tarihi: 21 Eylül 2019).



## Güneş enerjisi santrallerinin yer seçimi için uygunluk haritasının oluşturulmasında klasik ve bulanık mantığa dayalı yöntemlerin analizi: Menemen örneği

Melis Uzar<sup>1\*</sup> , Hüseyin Koca<sup>1</sup> 

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

**Öz:** Geleneksel yöntemler ile enerji üretimindeki sınırlamalar ve çevresel kaygılar neticesinde, yenilenebilir enerjiye doğru hızlı bir yönelim gerçekleşmektedir. Yenilenebilir enerji santrallerinin kurulumu ve işletme esnasındaki verimliliği açısından, yerlerinin seçimi büyük önem taşımaktadır. Bu yüzden tesisler rüzgar, güneş, dalga gibi buldukları bölgenin özelliklerini kullanarak doğrudan elektrik üretmektedir. Yenilenebilir enerji santrallerinin en yaygınlarından biri ise güneş enerjisi santralleridir (GES). GES'lerin yerlerinin belirlenmesi için literatürde klasik ve bulanık mantığa dayanan birçok yöntem kullanılmıştır. Bu çalışmada, klasik mantığa ve bulanık mantığa dayanan iki farklı yöntemin analizi ile İzmir'in Menemen ilçesi için GES uygunluk haritası oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaçla, klasik mantığa dayanan ilk yöntem analizinde, santralin kuruluşuna etki edecek kriterler Analitik Hiyerarşi Süreci ile ağırlıklandırılmış ve her bir kriterle göre uygunluk haritaları oluşturulurken uygunsuz, az, orta ve yüksek olmak üzere 4 kesik değer kullanılmıştır. Bulanık mantığa dayanan ikinci yöntem analizinde ise kriterler Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ile ağırlıklandırılmış ve her bir kriterle göre uygunluk haritaları oluşturulurken uygunluk 0 ile 1 arasındaki değerler ile ifade edilmiştir. Elde edilen analiz sonuçları neticesinde Menemen bölgesine ait güneş enerjisi santralleri kurulumu için, yer seçiminin klasik mantığa dayanan birinci durumda %65.91'i uygunsuz, %0.38'i az, %11.63'ü orta, %22.08'i ise yüksek uygunlukta olduğu tespit edilmiştir. Bulanık mantığa dayanan ikinci durumda ise yer seçiminin %65.91'i uygunsuz, %4.96'sı az, %13.52'si orta ve %15.61'i ise yüksek uygunlukta olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Güneş enerjisi santrali, Uygunluk analizi, Analitik hiyerarşi süreci, Bulanık analitik hiyerarşi süreci, Çok kriterli karar verme

### Analysis of classical and fuzzy-logic based methods to generate suitability maps for solar power plants: The case of Menemen

**Abstract:** As a result of the limitations in energy production and environmental concerns with traditional methods, a rapid trend towards renewable energy has been realized. Site selection is of great importance in terms of renewable power plant installation and their efficiency during operation. Because these facilities produce electricity directly by using the characteristics of their region such as wind, sun and wave. Solar energy is one of the most common renewable energy sources. Many methods based on classical and fuzzy logic have been used in the literature for site selection of solar power plants (SPP). In this study, it is aimed to establish a SPP suitability map for Menemen district of Izmir by two different methods, one based on classical logic and the other based on fuzzy logic. In the first method based on classical logic, the criteria that affect the establishment of the plant were weighted using Analytical Hierarchy Process and four truncated values, inappropriate, low, medium and high, were used when creating suitability maps for each criterion. In the second method based on fuzzy logic, the criteria were weighted by the Fuzzy Analytic Hierarchy Process and suitability was expressed as values from 0 to 1 when establishing suitability map for each criteria. As a final result, it was determined 65.91% unsuitable, 0.38% low, 11.63% medium and 22.08% high suitability for the region of Menemen solar power plant's installation in the first case based on classical logic. It was determined 65.91% unsuitable, 4.96% low, 13.52% medium and 15.61% high suitability in the second case based on fuzzy logic.

**Keywords:** Solar power plant, Suitability analysis, Analytical hierarchy process, Fuzzy analytical hierarchy process, Multi criteria decision making

\* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Tel: +90 212 383 5276

Geliş Tarihi/Received: 21.08.2019  
Kabul Tarihi/Accepted: 12.12.2019



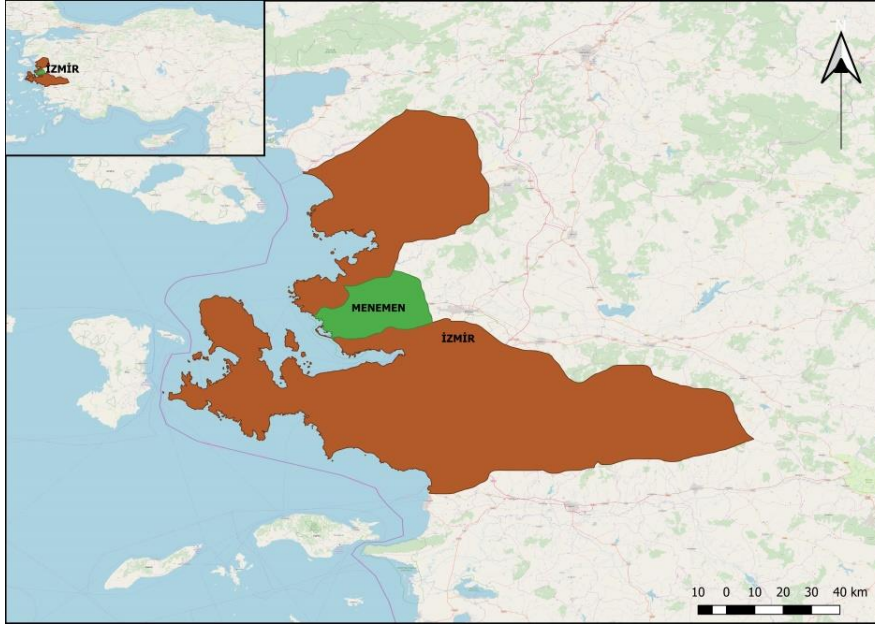
## 1. Giriş

Nüfus artışı, sanayileşme, refah seviyesinde yükselme ve teknolojik gelişmeler neticesinde enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Bu artış çoğunlukla ülkelerin gelişmişlik düzeyleriyle doğru orantılıdır. Türkiye’de de bu artış söz konusudur ve önümüzdeki yıllarda daha fazla olacaktır. Mevcut durumda, enerji ihtiyacı çoğunlukla geleneksel yöntemler ile karşılanmaktadır. Geleneksel yöntemler, fosil yakıtların yakılması sonucu enerji üretimini ifade eder. Bu durum ise birçok siyasi, ekonomik ve çevresel sıkıntıyı beraberinde getirir. Bu bakımdan yenilenebilir enerjiye geçiş zorunluluk arz etmektedir. Türkiye’de yenilenebilir enerjinin en yaygın kullanılanlarından biri güneş enerji santralleridir (GES). GES kurulum maliyetini düşürmek ve işletme esnasında maksimum verimi elde etmek için yer seçimi büyük bir etkidir. GES yerlerinin belirlenmesi birçok teknik, ekonomik ve çevresel kriterlere bağlıdır. Bu kriterler çoğunlukla mekânsal özellik taşıdığından Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında analizler ile kolaylıkla doğru sonuçlar elde edilebilir. Bu bakımdan da günümüze kadar farklı çok ölçütlü karar verme (ÇÖKV) yöntemleri kullanılarak CBS ortamında birçok çalışma yapılmıştır. ÇÖKV mekanizmalarında sıkça kullanılan analitik hiyerarşi süreci (AHS) yönteminde seçim işlemleri, karar verme aşamasında önceden belirlenen ölçüt puanlamasına göre yapılmakta ve sonuca odak grupları etki etmektedir (Uzar & Asılhan, 2019). Uyan (2013) Konya’nın Karapınar bölgesi için çevresel ve ekonomik olmak üzere 5 kriter belirlemiş, AHS kullanarak bu kriterleri ağırlıklandırmış ve CBS ortamında yapılan analizler sonucunda GES kurulumu için çalışma alanının %40.34’ünün uygun, %59.66’sının uygunsuz olduğunu tespit etmiştir. Potić, Golić ve Joksimović (2016) tarafından Sırbistan’ın doğusunda bulunan Knjazevac bölgesinin güneş enerjisi potansiyelini belirlenmek için yapılan çalışmada iklim, topoğrafya, gün dönümü ve arazi kullanımı olmak üzere 4 kriter belirlenmiştir. Arazi kullanımı, Landsat 8 uydu görüntülerinin analizleri sonucundaki veriler ile 6 sınıf olarak elde edilmiştir. Sonuç haritası ise AHS ve CBS kullanılarak oluşturulmuştur. İran’da GES kurulacak alanların belirlenmesi için Noorollahi, Fadai, Akbarpour Shirazi ve Ghodsipur (2016) tarafından yapılan çalışmada 11 kriter ele alınmıştır. Kriterlerin birbirine göre üstünlükleri kesinlik arz etmediği için ağırlıklandırmada Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (BAHS) kullanılmış ve CBS ortamında İran için GES uygunluk haritası oluşturulmuştur. Ayrıca, ülkenin 1057 bölgesi göz önünde bulundurularak GES için en uygun bölgeler belirlenmiştir. Al Garni ve Awasthi (2017) tarafından Suudi Arabistan’ın tamamı için AHS ve CBS kullanılarak yapılan çalışma sonucunda GES için en uygun alanların ülkenin kuzey ve kuzeybatı kesimleri olduğu ortaya çıkmıştır. Bu alanların belirlenmesinde yollara, enerji nakil hatlarına ve yerleşim yerlerine uzaklığın rol oynadığı anlaşılmıştır. Asakereh, Soleymani ve Sheikhdavoodi (2017) tarafından yapılan çalışmada ise BAHS ve CBS kullanılarak İran’ın Khuzestan şehrinde GES kurulacak alanlar belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Khuzestan şehrinin çok büyük bir potansiyele sahip olduğu anlaşılmıştır. En kötü senaryoda dahi bu bölgede üretilen enerjinin, 2013 yılında İran’ın tamamında üretilen enerjinin 1.75 katı olacağı hesaplanmıştır. Aynı zamanda bölgenin güney ve güneybatısına kurulacak istasyonların bu bölgedeki çölleşmeye karşı etkili olacağı düşünülmüştür. Merrouni, Elalaoui, Mezrhab, Mezrhab ve Ghennioui (2018)’deki çalışmada, Fas’ın doğusunda GES kurulacak alanların belirlenmesi için iklim, su kaynakları, konum ve topoğrafya olmak üzere 4 ana kriter ve 8 alt kriter belirlenmiş, AHS ve CBS kullanılarak uygunluk haritası oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda Fas’ın doğusunun %19’unu GES kurulumu için yüksek uygunlukta olduğu anlaşılmıştır.

Yapılan literatür araştırmasında, CBS ile uygunluk haritasının oluşturulmasında yaygın olarak AHS ve BAHS yöntemlerinin kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada ise GES için uygunluk haritasının oluşturulmasında klasik ve bulanık mantığa dayalı yöntemlerin kullanımının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, her iki yöntem kullanıldığında elde edilen analiz sonuçları incelenmiş, yöntemlerin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajlarının tartışılması hedeflenmiştir.

## 2. Çalışma Alanı ve Kullanılan Veriler

Bu çalışmada, İzmir iline bağlı Menemen ilçesi çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 1). Menemen, il merkezine 35 km uzaklıkta ve 26° 45' ile 27° 05' doğu boylamları ve 38° 25' ile 38° 45' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Doğusu Manisa ili, batısı Foça ilçesi ve Ege Denizi, kuzeyi Aliağa ilçesi, güneyi Çiğli ilçesi ile çevrilidir. Yüzölçümü yaklaşık olarak 763 km<sup>2</sup>'dir. Yıllık yağış ortalaması 616 mm, sıcaklık ortalaması ise 19 °C'dir. Yıllık ortalama 8 saat güneşlenme süresine sahiptir ve metrekarede yıllık 25 000 kW/sa güneş enerjisi üretim potansiyeline sahiptir (URL-1). Genel olarak GES kurulmasına uygundur. Bölgede Bakırçay Üniversitesi'ne ait 0.40 mW'lık kurulu güce sahip GES bulunmaktadır (URL-2).



Şekil 1: Çalışma alanı (Open Street Map görüntüsünden derlenmiştir.)

Çalışma alanında kullanılan veriler 1/50 000 ölçekli haritalardan sayısallaştırmak sureti ile elde edilmiştir. Menemen, URLA K-17-c ve İZMİR K-18-d olmak üzere iki adet 1/50 000 ölçekli haritaya denk gelmektedir. Sayısallaştırma işlemi ile 5 adet katman oluşturulmuştur. Yapılan literatür araştırması sonucunda yaygın kullanılan ve çalışma alanı için uygun olan katmanlar seçilmiştir (Asakereh vd., 2017; Uyan, 2013; Noorollahi vd., 2016; Al Gami & Awasthi, 2017). Bu katmanlar:

- Göller,
- Akarsular,
- Arazi kullanımı,
- Yollar (Karayolları ve demiryolları tek bir katman olarak alınmıştır.),
- Enerji nakil hattından oluşmaktadır.

Bu kriterlerin seçilmesi aşamasında Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün bu konuda yapmış olduğu çalışmalar da incelenmiştir. Bu çalışmalarda, genel olarak devlet destekli GES kurulumu için gerekli kriterler yer almakta iken, bunların dışındaki evrensel kriterler bu çalışmamızdaki kriterler ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca, Güneş enerji potansiyeli atlası incelendiğinde, ülkenin tamamının güneşlenme değerlerini ifade ettiği gözlenmiştir. Bu atlasla çalışma alanının küçük olması sebebiyle, güneşlenme değerleri çalışma alanının tamamı için benzerlik göstermektedir. Bu sebepten dolayı bu atlas

kullanılmamıştır. Ülke bazlı veya daha büyük çaplı çalışmalar için ise bu atlastaki değerlerin önemli bir kriter olarak devreye gireceği aşıkardır. Bu katmanlara ek olarak ayrıca 30 m x 30 m çözünürlüklü Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) verilerinden eğim katmanı elde edilmiştir. Tüm raster veriler, SRTM verileriyle aynı çözünürlükte üretilmiştir.

### 3. Metodoloji

Bu çalışmada, ilk olarak verilerin elde edilmesi ve kullanıma hazır hale getirilmesi işlemlerini kapsayan ön işleme adımı gerçekleştirilmiştir. Bu adımda 1/50 000 ölçekli topoğrafik haritalar sayısallaştırılmıştır. Ayrıca, bu veriye ek olarak 30 m x 30 m çözünürlüklü SRTM verisi de eğim haritası oluşturmak için kullanılmıştır. Verilerin elde edilmesinden sonra GES kurulumuna uygun olmayan kriterler belirlenmiştir. GES kurulumuna etki eden kriterlerin belirlenmesine müteakip iki farklı yaklaşımla uygunluk haritaları oluşturulmuştur. Her iki yaklaşımda da öncelikle GES kurulumuna etki eden kriterler bakımından ayrı ayrı uygunluk haritaları oluşturulmuş sonrasında ise kriterlerin ağırlıkları göz önünde bulundurularak bu haritaların birleştirilmesi ile sonuç haritası elde edilmiştir.

GES için uygunluk haritasının oluşturulmasında ilk yöntem klasik mantığa dayanmaktadır. Bu metotta her bir kritere göre uygunluk haritaları oluşturulurken uygunluklar, uygunsuz, az, orta ve yüksek olmak üzere dört ifade ile belirtilmiştir. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında ise AHS kullanılmıştır. Sonuç olarak kriterlerin ağırlıkları esas alınarak uygunluk haritaları birleştirilmiş ve çalışma alanı için GES uygunluk haritası elde edilmiştir. Elde edilen bu haritada uygunluk, uygunsuz (0), az (1), orta (2) ve yüksek (3) olmak üzere dört ifade ile belirtilmiştir.

İkinci yöntem ise bulanık mantığa dayanmaktadır. Bu metotta ise her bir kritere göre uygunluk haritaları oluşturulurken, uygunluklar 0 ile 1 arasındaki bulanık değerler ile ifade edilmiştir. Kriterlerin ağırlıklandırılmasında ise BAHS kullanılmıştır. İlk yaklaşımda olduğu gibi sonuç olarak kriterlerin ağırlıkları esas alınarak uygunluk haritaları birleştirilmiş ve çalışma alanı için GES uygunluk haritası elde edilmiştir. Elde edilen bu haritada uygunluk durumları, 0 ile 1 arasındaki bulanık değerler ile ifade edilmiştir.

Sonuç olarak bu iki yöntemin karşılaştırılmasının yapılabilmesi için bulanık mantıkla elde edilen 0 ile 1 arasındaki uygunluk değerleri; uygunsuz, az, orta ve yüksek olmak üzere dört kesik değere dönüştürülmüş ve iki yöntemin karşılaştırılması yapılmıştır (Şekil 2).

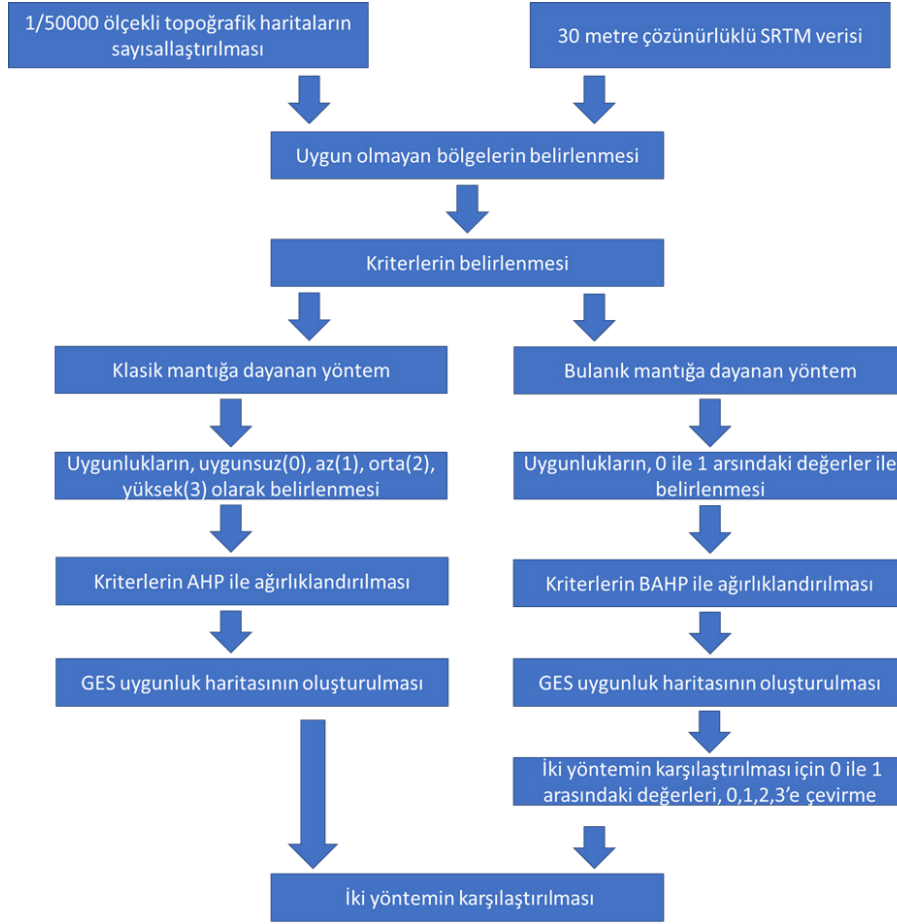
#### 3.1 Uygun Olmayan Bölgelerin Belirlenmesi

Bir bölgede GES kurulabilmesi için belirli koşulların sağlanması gerekmektedir. Bu koşullar çalışma amacına ve bölgesine göre değişiklik arz etmektedir. Bu çalışmada uygun olmayan bölgelerin belirlenmesi için, yapılan literatür araştırması (Asakereh vd., 2017; Al Gami & Awasthi, 2017; Noorollahi vd., 2016; Şenlik, 2017) sonucunda altı adet koşul kullanılmıştır.

Bu koşullar;

- Yerleşim yerlerine, yasak bölgelere ve koruma alanlarına 500 m'den yakın olmamak (Arazi kullanımı kategorisinde toplanmıştır.),
- Göllere 400 m'den yakın olmamak,
- Eğimi %11'in altında olmak,
- Akarsulara 400 m'den yakın olmamak,

- Demir yollarına 100 m'den yakın olmamak,
- Kara yollarına 100 m'den yakın olmamaktır.



Şekil 2: İş akış diyagramı

### 3.2 Kriterlerin Belirlenmesi

Kriterler literatür taraması sonucunda bölgenin özellikleri göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Bu kapsamda toplamda altı adet kriter belirlenmiştir. Bunlar eğim, arazi kullanımı, akarsulara uzaklık, göllere uzaklık, yollara uzaklık (kara ve demir yollarını ifade eder) ve enerji nakil hatlarına uzaklıktır.

#### 3.2.1 Eğim

GES'lerin yerlerinin belirlenmesinde en önemli faktörlerden birisi eğim kriteridir. Genel olarak %11 üzerindeki bölgeler uygunsuz olarak kabul edilir. %4 ve altı eğim ise uygun olarak görülmektedir. Fazla eğim güneş panellerinin birbirine gölge yapmasına neden olacağından verimlilik etkilenebilmektedir. Bunun yanında yüksek eğim, santralin kurulum maliyetini arttırmaktadır (Noorollahi, 2016).

#### 3.2.2 Arazi Kullanımı

Arazi kullanımı yerleşim yerlerini, yasak bölgeleri ve koruma alanlarını ifade eder. GES'lerin bu bölgelere belirli mesafede olmaları gerekmektedir. Çünkü yerleşim yerleri her geçen gün büyümektedir. Uzun vadede düşünüldüğünde ise GES'lerin bu bölgeler içinde kalma ihtimalleri vardır. Ayrıca, GES kurulması oradaki doğal yaşamı etkileyeceği için koruma alanlarından da belirli bir mesafe uzaklıkta olması gereklidir. Ayrıca, arazi kullanımı açısından GES için yer seçimi yapılacak alandaki doğal bitki örtüsü gölgelemeyi arttırmakta ve bu da verimliliği düşürmektedir. Bu bakımdan ağaç örtüsünün

bulunduğu alanlar ile doğal bitki örtüsünün engel oluşturabileceği makilik, çalılık, sazlık gibi alanlar yer seçiminde öncelikli olarak tercih edilmemekte, ayrıca bu alanların temizlenmesi ek maliyetlere neden olmaktadır (Şenlik, 2017). Bu nedenle genel olarak GES'lerin bu bölgelere 500 m'den yakın olmaması gerektiği kabul edilir.

### 3.2.3 Akarsulara Uzaklık

Mevsimsel olarak yaşanan değişimler (taşkınlar ve yılın belirli zamanlarında debilerin artması) ve uzun süreli akarsu yatağında yaşanan yer değişimleri akarsulara olan uzaklığı etkileyen önemli faktörlerdendir. Bu sebeplerden dolayı GES'lerin taşkınlardan etkilenmemesi ve santrale kolay ulaşımın sağlanması için GES'ler akarsulardan en az 400 m uzaklıkta olmalıdır.

### 3.2.4 Göllere Uzaklık

Yılın farklı zamanlarında, göllerin hacimlerinin değişiklik göstermesi sebebi ile göllerde yaşanacak taşkınların oluşturacağı olumsuz etkilere karşı alınacak güvenlik gerekçesi ve çevresel kirliliğin önlenmesi amaçlı GES'lerin göllerden en az 400 m uzaklıkta olması istenir.

### 3.2.5 Yollara Uzaklık

Kara ve demir yollarından geçen araçların çevreye bıraktığı atıklar güneş panellerini olumsuz etkilemektedir. Aynı zamanda GES'lerin bu bölgelere yakın olması güvenlik açısından da önemli sıkıntılar doğurmaktadır. Genel olarak literatürde, GES'lerin yollara 100 m'den yakın olmaması kabul görmüştür.

### 3.2.6 Enerji Nakil Hattına Uzaklık

Enerji Nakil Hatlarının (ENH) kurulum maliyeti düşünüldüğünde GES kurulumunda en önemli kriterlerden birinin ENH'lerden olan uzaklık olduğu anlaşılır. Genel olarak kurulacak GES'in enerji nakil hattına 6000 m'den (6 km) uzak olmaması istenir (Uyan, 2013; Eroğlu, 2018; Gül, Karakoç & Rehimbeyli, 2017).

## 3.3 Klasik Mantığa Dayanan Yöntem

İlk aşamada, belirtilen her bir kriter bakımından uygunluk haritaları oluşturulmuştur. Her bir kriter için ayrı ayrı uygunluk haritaları oluşturulurken Tablo 1'de gösterilen değerler kullanılmıştır. Tablo 1'deki değerler literatür taraması sonucunda belirlenmiştir (Asakereh vd., 2017; Al Gami & Awasthi, 2017; Noorollahi, 2016; Şenlik, 2017). Bu tabloda her bir pikselin, uygunluk bakımından dört (0, 1, 2, 3) kesik değer aldığı görülmektedir. İkinci aşamada ise kriterler AHS kullanılarak ağırlıklandırılmıştır.

**Tablo 1:** Kriterler için uygunluk seviyeleri

Kriter\Uygunluk	Uygunsuz (0)	Az (1)	Orta (2)	Yüksek (3)
Eğim (%)	> 11	11-8	8-4	< 4
Arazi Kullanımı (m)	< 500	500-1000	1000-1500	> 1500
Akarsulara Uzaklık (m)	< 400	400-800	800-1200	> 1200
Göllere Uzaklık (m)	< 400	400-800	800-1200	> 1200
Yollara Uzaklık (m)	< 100	100-200	200-300	> 300
Enerji Nakil Hatlarına Uzaklık (m)	> 6000	6000-4000	4000-2000	< 2000

### 3.3.1 Analitik Hiyerarşi Süreci

Günümüzde doğru karar verme sürecinde karar vericilere en ideal sonuçların sunulması oldukça önemlidir. Bu durum özellikle GES için uygun harita oluşturulması konusunda farklı kriterlerin ele alındığı kapsamda dikkatle ele alınmalıdır. İki alternatif arasında tek bir kritere göre karar vermek oldukça basit bir işlemdir. Bu iki alternatifi karşılaştırırken kriterler ne kadar artarsa, karar süreci de o kadar karmaşık hale gelmektedir. Ayrıca, bu karar aşamasına ikiden çok alternatif eklenirse, problem oldukça karmaşık hale dönüşmektedir. AHS bu durumda devreye girer ve karar vericiye kolaylık sağlar. AHS,

Thomas Saaty (Saaty & Vargas, 2012) tarafından geliştirilmiş olup, farklı problemlerin çözümünde birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır (Asakereh vd., 2017; Al Garni & Awasthi, 2017; Potić vd., 2016; Denizhan, Yalçiner & Berber, 2017; Uzar & Şener, 2019). AHS birden çok kriter ve alternatifin söz konusu olduğu durumda, tüm kriterleri bir arada değerlendirmek yerine, her bir kriteri kendi aralarında çiftler halinde değerlendirmeye dayanmaktadır. Başka bir ifadeyle, kriterler ikili karşılaştırmalar yapılarak kolaylıkla ağırlıklandırılır.

AHS yöntemi birden çok aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, Şekil 2’de gösterildiği gibi bir hiyerarşi modeli kurulmalıdır. Bu model, alternatifler, kriterler ve hedeften oluşur. Kriterler alt kriterlere de ayrılabilir. İkinci aşamada, her bir kriterin çift olarak karşılaştırması yapıp, ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur (Tablo 2). İkili karşılaştırma matrisinde kullanılan sayılar, kriterlerin üstünlüklerine göre verilir. AHS yöntemini geliştiren Thomas Saaty tarafından belirlenen bu sayılar Tablo 3’te gösterilmiştir (Saaty & Vargas, 2012). Ağırlıkları hesaplamak için ikili karşılaştırma matrisindeki her bir sütun değerleri toplanır, her bir hücre kendi sütun toplamına bölünür ve o hücrenin yeni değeri hesaplanır. Üçüncü aşamada ise satırlar toplanır ve bu değer kriter sayısına bölünerek her bir kriterin ağırlığı hesaplanır.

**Tablo 2:** AHS için ikili karşılaştırma matrisi

	Kriter A	Kriter B	Kriter C	Ağırlık (w)
Kriter A	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>	a <sub>13</sub>	w <sub>a</sub>
Kriter B	a <sub>21</sub>	a <sub>22</sub>	a <sub>23</sub>	w <sub>b</sub>
Kriter C	a <sub>31</sub>	a <sub>32</sub>	a <sub>33</sub>	w <sub>c</sub>

**Tablo 3:** AHS için kriterlerin önem derecesi

Önem	Tanım
1	Eşit Derece Önemli
3	Biraz Daha Fazla Önemli
5	Oldukça Önemli
7	Çok Daha Önemli
9	Kesinlikle Daha Önemli

Aynı zamanda ikili karşılaştırma matrisi oluşturulduğunda karar vericinin yargılarında tutarlı olup olmadığını belirlemek için tutarlılık oranının (Consistency Ratio, CR) hesaplanması gerekir. CR değerinin üst limitinin 0.10 olması istenir. CR değerini hesaplamak için öncelikle ikili karşılaştırma matrisinin (A) en büyük özvektörünün ( $\alpha_{max}$ ) hesaplanması gerekmektedir (Eşitlik 2).

$$D = [a_{ij}]_{n \times n} \times [w_i]_{n \times 1} = [d_i]_{n \times 1} \quad (1)$$

$$\alpha_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{w_i}}{n} \quad (2)$$

CR değerinin hesaplanması için rassallık indeksinin (Random Index, RI) de bilinmesi gerekir. RI değeri kriter sayısına göre farklılık göstermektedir (Tablo 4).

**Tablo 4:** Rassallık indeksi değerleri (Supçiller & Çapraz, 2011)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Verilen tüm değerler neticesinde Eşitlik 3 ile CR değeri hesaplanır ve bu değer 0.10’dan küçük bulunması durumunda karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğuna karar verilir.

$$CR = \frac{\alpha - n}{(n-1).RI} \quad (3)$$

Sonuç olarak AHS yöntemi ile elde edilen ağırlıklar göz önüne alınarak, her bir kriter için ayrı ayrı oluşturulmuş uygunluk haritaları kullanılarak, çalışma alanı için GES uygunluk haritası elde edilmiştir.

### 3.4 Bulanık Mantığa Dayanan Yöntem

Bu yöntemde uygunluk haritaları oluşturulması aşamasında, klasik mantığa dayanan ilk yöntemde olduğundan farklı olarak 4 farklı değer yerine 0 ile 1 arasındaki bulanık değerler kullanılmıştır. Böylece, arazi kullanımı açısından uygunluk haritası oluşturulurken, 500 m'den yakın alanlara uygunsuz oldukları için 0 değeri verilmiştir. Çalışma alanında bu kategoriye giren alanlara en uzak nokta 6945 m'de olduğu için bu nokta en uygun nokta olarak 1 değerini almış, diğer noktalar da uzaklıklarına göre 0 ile 1 arasındaki değerleri almışlardır. Eşitlik 4 yardımıyla bu hesaplama yapılmıştır.

$$\mu_{Arazi\ Kullanımı}(m) = \begin{cases} 0 & x \leq 500 \\ \frac{x}{6945} & x > 500 \end{cases} \quad (4)$$

Akarsular bakımından uygunluk haritası oluşturulurken, 400 m'den yakın alanlar uygunsuz oldukları için 0 değeri verilmiştir. Çalışma alanında akarsulara en uzak nokta 11 496 m'de olduğu için bu alan 1 değerini almıştır. Diğer alanların uygunlukları ise Eşitlik 5 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\mu_{Akarsular}(m) = \begin{cases} 0 & x \leq 400 \\ \frac{x}{11\ 496} & x > 400 \end{cases} \quad (5)$$

Göller bakımından uygunluk haritası oluşturulurken, 400 m'den yakın alanlar uygunsuz oldukları için 0 değeri verilmiştir. Çalışma alanında göllere en uzak nokta 11 307 m'de olduğu için bu alan 1 değerini almıştır. Diğer alanların uygunlukları ise Eşitlik 6 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\mu_{Göller}(m) = \begin{cases} 0 & x \leq 400 \\ \frac{x}{11\ 307} & x > 400 \end{cases} \quad (6)$$

Yollar bakımından uygunluk haritası oluşturulurken, 100 m'den yakın alanlar uygunsuz oldukları için 0 değeri verilmiştir. Çalışma alanında yollara en uzak nokta 5622 m'de olduğu için bu alan 1 değerini almıştır. Diğer alanların uygunlukları ise Eşitlik 7 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\mu_{Yollar}(m) = \begin{cases} 0 & x \leq 100 \\ \frac{x}{5622} & x > 100 \end{cases} \quad (7)$$

ENH bakımından uygunluk haritası oluşturulurken, 6000 m'den uzak alanlar uygunsuz oldukları için 0 değeri verilmiştir. Diğer alanların uygunlukları ise Eşitlik 8 yardımıyla hesaplanmıştır. Böylelikle enerji nakil hattına en yakın alan 1 değerini alacak, 6000 m'ye en yakın alan ise 0'a yakın oldukça küçük bir değer alacaktır.

$$\mu_{ENH}(m) = \begin{cases} 0 & x \geq 6000 \\ 1 - \left(\frac{x}{6000}\right) & x < 6000 \end{cases} \quad (8)$$

Eğim bakımından uygunluk haritası oluşturulurken, %11'in üzerinde eğime sahip alanlar uygunsuz oldukları için 0 değeri verilmiştir. Diğer alanların uygunlukları ise Eşitlik 9 yardımıyla hesaplanmıştır. Böylelikle eğimi 0 olan alanlar 1 değerini alacak, eğim değeri %11'e yaklaştıkça değer de 0'a yaklaşacaktır.



$$\mu_{Eğitim} = \begin{cases} 0 & x \geq 11 \\ 1 - \left(\frac{x}{11}\right) & x < 11 \end{cases} \quad (9)$$

### 3.4.1 Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci

Kriterlerin birbirlerine göre üstünlüklerinin kesinlik içermemesi durumunda AHS yerine BAHS yöntemi tercih edilmektedir. Bu durumda kriterlerin karşılaştırılmasında Tablo 3'teki gibi tek bir kesin değer ile ifade etmek yerine bulanık değerleri kullanmak çalışmanın tutarlılığını arttıracaktır.

Bu çalışmada, kriterlerin birbirine göre üstünlükleri karar vericilerin görüşlerine göre değişiklik arz etmektedir. Bu nedenle, AHS ile BAHS yöntemleri kullanılarak çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bulanık mantığın AHS'de kullanılmasında birçok değişik yöntem tercih edilmektedir. Bu yöntemlerden yaygın olarak kullanılanlardan biri de Buckley (1985) tarafından geliştirilen yöntemdir. Buckley (1985)'e göre:

1.Adım: Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Burada, AHS'den farklı olarak kriterlerin karşılaştırmasında üçgensel bulanık sayılar (ÜBS) diğer bir ifade ile "triangular fuzzy number" kullanılır (Tablo 5).

**Tablo 5:** BAHS için kriterlerin önem derecesi

ÜBS	Tanım
1, 1, 1	Eşit Derece Önemli
1, 3, 5	Biraz Daha Fazla Önemli
3, 5, 7	Oldukça Önemli
5, 7, 9	Çok Daha Önemli
7, 9, 11	Kesinlikle Daha Önemli

Birden çok, "k" kadar karar vericinin söz konusu olduğu durumda, her bir karar vericinin görüşlerine göre ayrı ayrı ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. Söz konusu "k." karar vericinin ikili karşılaştırma matrisi Eşitlik 10'de görülmektedir.

$$\tilde{A}^k = \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11}^k & \dots & \tilde{a}_{1n}^k \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1}^k & \dots & \tilde{a}_{nn}^k \end{bmatrix} \quad (10)$$

2.Adım: Her bir karar vericinin  $\tilde{a}_{ij}^k$  (k: karar vericinin ÜBS değeri) değeri kullanılarak Eşitlik 11 ile ortalama  $\tilde{a}_{ij}^k$  (ÜBS'lerin ortalaması) değeri hesaplanır.

$$\tilde{a}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^K \tilde{a}_{ij}^k}{K} \quad (11)$$

3.Adım: Ortalama değerlerden oluşan ikili karşılaştırma matrisi Eşitlik 12'de gösterilmiştir.

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11} & \dots & \tilde{a}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \dots & \tilde{a}_{nn} \end{bmatrix} \quad (12)$$

4.Adım: Her bir kriterin bulanık değerlerinin geometrik ortalaması Eşitlik 13 ile hesaplanır. Buradaki  $\tilde{r}_i$  (bulanık değerlerinin geometrik ortalaması) halen üçgensel bulanık sayıdır.

$$\tilde{r}_i = \left(\prod_{j=1}^n \tilde{a}_{ij}\right)^{1/n}, i = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

5.Adım: Her bir kriterin bulanık ağırlığı aşağıdaki üç alt adım izlenerek bulunur.

5.1.Adım: Her bir  $\tilde{r}_i$  değerinin vektör değeri toplamı bulunur. Böylece, her bir sütundaki değerler kendi içerisinde toplanır.

5.2.Adım: Vektör toplamlarının tersi alınır ve artan şekilde sıralanır.

5.3.Adım: Her bir  $\tilde{r}_i$  değeri, tersi alınan vektör değer ile çarpılır ve kriterlerin bulanık ağırlıkları bulunur.

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} \quad (14a)$$

$$\tilde{w}_i = (lw_i, mw_i, uw_i) \quad (14b)$$

6.Adım: Buradaki  $\tilde{w}_i$  (kriterlerin bulanık ağırlıkları) değeri ÜBS'dir. [Chou ve Chang \(2008\)](#) tarafından geliştirilen alanın merkezi yöntemi ile normal sayı haline getirilmelidir.

$$M_i = \frac{lw_i + mw_i + uw_i}{3} \quad (15)$$

7.Adım:  $M_i$  (kriterlerin ağırlıkları) bulanık sayı değildir, fakat Eşitlik 16 ile normalize edilmesi gerekir.

$$N_i = \frac{M_i}{\sum_i^n M_i} \quad (N_i: \text{kriterlerin normalize ağırlıkları}) \quad (16)$$

Yedinci adımla birlikte tüm kriterlerin normalize edilmiş ağırlıkları hesaplanmıştır. Daha sonra her bir kriterin ağırlığı, ilgili alternatif ile çarpılarak alternatifin puanı hesaplanır. Bu sonuçlara göre en yüksek puana sahip alternatif, karar verici için istenen seçenektir ([Ayhan, 2013](#)).

## 4. GES İçin Uygunluk Haritalarının Oluşturulması

Bu çalışmada ilk adımda her iki yöntemde de ortak olarak sonuçlanan uygun olmayan bölgelerin haritası oluşturulmuştur (Şekil 3). İkinci adımda ise ilk aşamada klasik mantığa dayanan yöntem ve ikinci adımda bulanık mantığa dayanan yöntem ile GES için uygunluk haritaları oluşturulmuştur.

### 4.1 Uygun Olmayan Bölgelerin Belirlenmesi

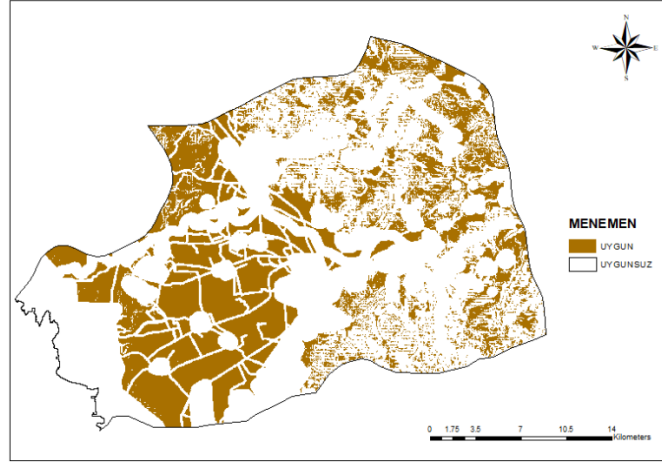
Tablo 1'de belirlenen kriterler dikkate alınarak öncelikle her bir kriter için ayrı ayrı tampon bölge analizi gerçekleştirilmiştir. Böylece, uygun olmayan alanlar belirlenmiş ve ikinci adım ile bu alanlar birleştirilmiştir. Bu birleştirme işleminde; bir alanın herhangi bir kriter bakımından uygunsuz olması durumunda, diğer kriterlere bakılmaksızın uygunsuz olarak kabul edilmiştir. Şekil 3'te uygun olmayan bölgelerin sonuç haritası verilmiştir.

Elde edilen sonuçlar neticesinde çalışma alanının %65.91'inin GES kurulumuna uygun olmadığı anlaşılmıştır. Uygun olmayan alanların yüz ölçümü 502.9 km<sup>2</sup> iken, 260.1 km<sup>2</sup> ise uygun alan olarak tespit edilmiştir. Daha sonraki adımda ise iki farklı yöntem ile uygun olarak sonuçlanan alanların uygunluk seviyelerinin belirlenmesi işlemine geçilmiştir.

### 4.2 Klasik Mantığa Dayanan Yöntem

Çalışmanın ilk aşamasında klasik mantığa dayanan yöntem kullanılarak Tablo 1'deki değerler dikkate alınarak her bir kriter bakımından ayrı ayrı uygunluk haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar ArcGIS 10.5 programı ile birçok mekânsal analiz; tampon bölge oluşturma, birleştirme, raster yapısına dönüşüm, değerlerin tersini alma, değerleri sıfırlama ve raster

hesaplayıcı vb. kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 4).



Şekil 3: Uygun olmayan alanların sonuç haritası

Her bir kriter bakımından ayrı ayrı uygunluk haritaları oluşturulmasından sonra kriterlerin AHS yöntemi kullanılarak ağırlıklandırılması işlemine geçilmiştir. Tablo 6'da ikili karşılaştırma matrisi ve yapılan matematiksel işlemler sonucu elde edilen ağırlıklar verilmiştir. Aynı zamanda ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılığını belirten CR değeri, 0.073 hesaplanmış ve 0.10 değerinden küçük çıkması sonucu modelin tutarlı olduğu anlaşılmıştır.

Tablo 6: AHS ikili karşılaştırma matrisi ve elde edilen ağırlıklar

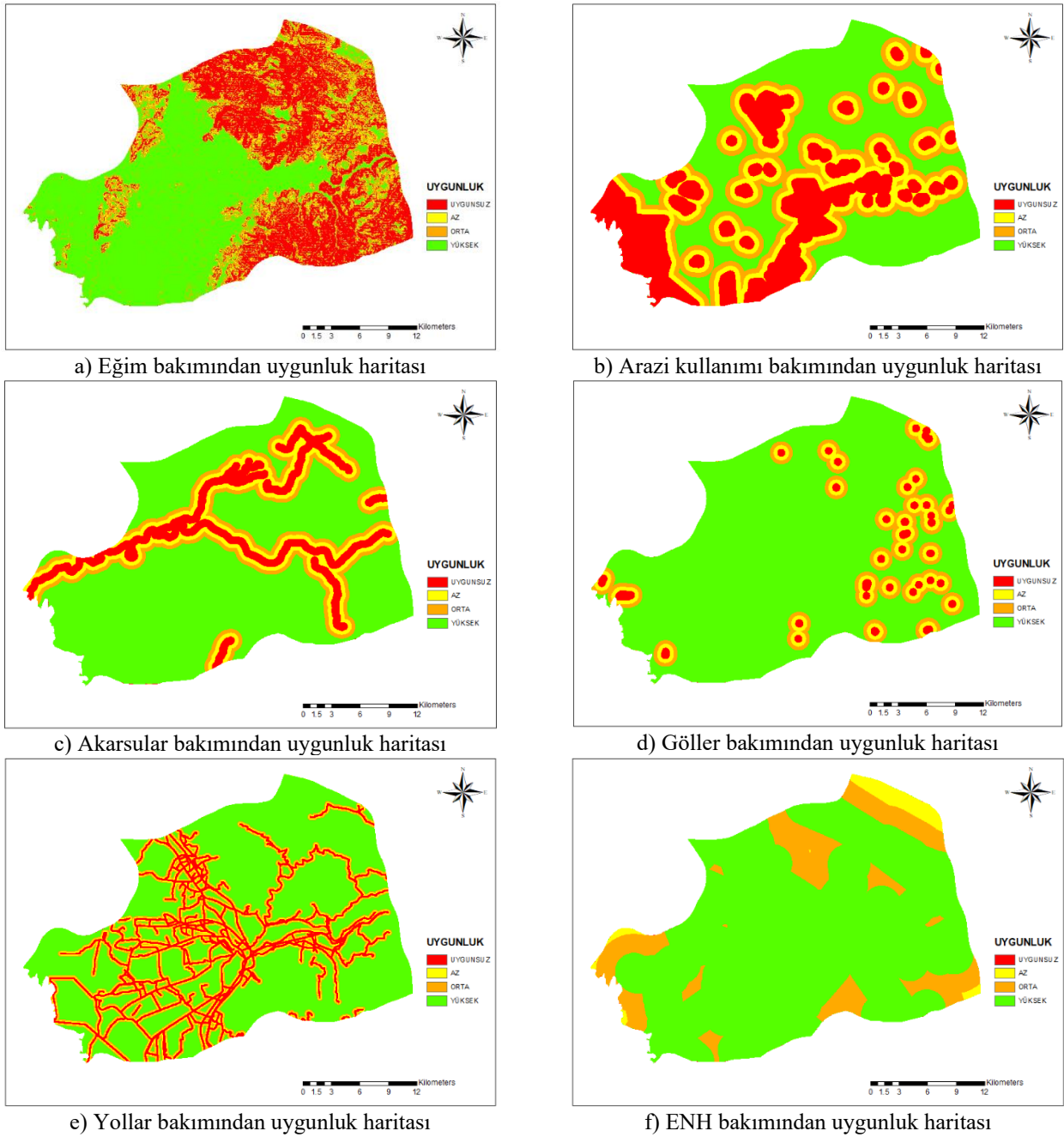
	ENH	Eğim	Arazi Kullanımı	Yollar	Akarsular	Göller	Ağırlıklar (%)
ENH	1	3	5	5	7	7	44.04
Eğim	1/3	1	3	3	5	5	22.84
Arazi Kullanımı	1/5	1/3	1	3	3	5	14.44
Yollar	1/5	1/3	1/3	1	3	3	9.30
Akarsular	1/7	1/5	1/3	1/3	1	3	5.78
Göller	1/7	1/5	1/5	1/3	1/3	1	3.60
RI=1.24, CR=0.073							

AHS ile yapılan ağırlıklandırma sonucunda %44.04 ile en yüksek ağırlığa ENH'nin sahip olduğu daha sonra bunu sırasıyla eğim, arazi kullanımı, yollar, akarsular ve göllerin izlediği hesaplanmıştır. Kriterlerin AHS ile hesaplanan ağırlıkları göz önüne alınarak Şekil 4'te bulunan haritalar birleştirilip, uygun olmayan alanlar bu haritadan çıkarılarak çalışma alanı için GES uygunluk haritası oluşturulmuştur (Şekil 5).

Klasik mantığa dayanan birinci yöntemin sonuçları neticesinde çalışma alanının %65.91'inin GES kurulumuna uygun, %0.38'inin az, %11.63'ünün orta, %22.08'inin ise yüksek uygunlukta olduğu hesaplanmıştır.

#### 4.3 Bulanık Mantığa Dayanan Yöntem

Öncelikle klasik mantığa dayanan yöntemde olduğu gibi her bir kriter bakımından ayrı ayrı uygunluk haritaları oluşturulmuştur. Bu aşamada klasik mantığa dayanan yöntemde kullanılan aynı mekânsal analizler kullanılmıştır. Fakat, bu uygunluk haritaları klasik mantıktakinden farklı olarak 0 ile 1 arasındaki sürekli değerlerden oluşmakla birlikte Bölüm 3.4 ile açıklanan eşitlikler kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 6).

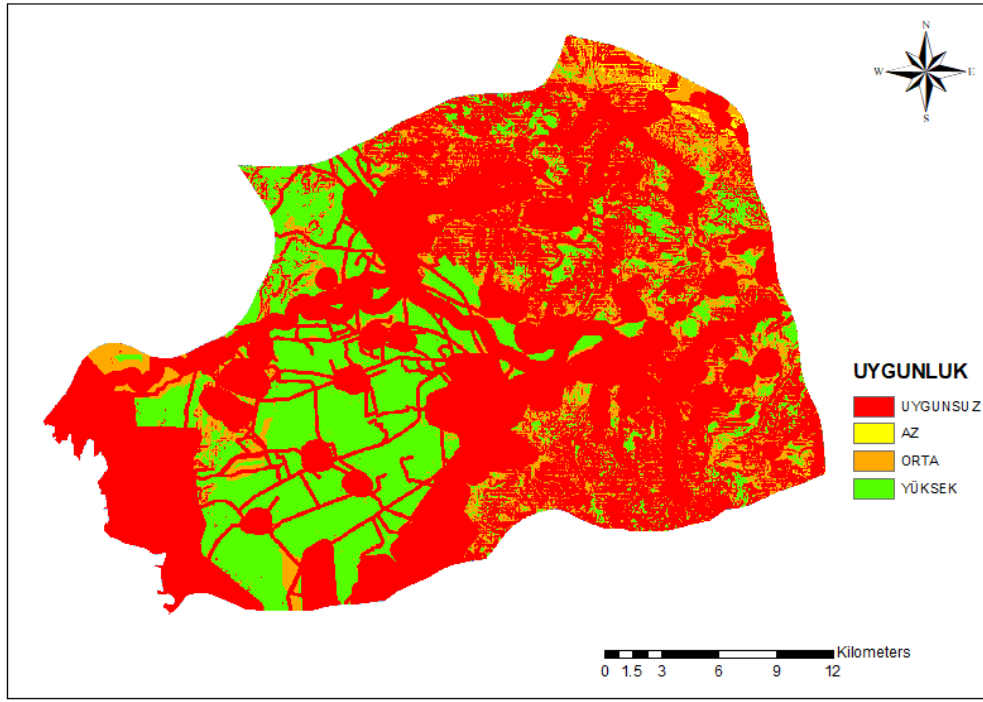


Şekil 4: Her bir kriter bakımından ayrı ayrı uygunluk haritaları

BAHS ile her bir kriter bakımından ayrı ayrı uygunluk haritaları oluşturulduktan sonra kriterlerin BAHS kullanılarak ağırlıklandırılmasına geçilmiştir. Tablo 7’de ikili karşılaştırma matrisi ve Tablo 8’de yapılan matematiksel işlemler sonucu elde edilen ağırlıklar verilmiştir.

Tablo 7: BAHS için ikili karşılaştırma matrisi

Kriter	ENH			Eğim			Arazi Kullanımı			Yollar			Akarsular			Göller		
ENH	1	1	1	1	3	5	3	5	7	3	5	7	5	7	9	5	7	9
Eğim	1/3	1/5	1/7	1	1	1	1	3	5	1	3	5	3	5	7	3	5	7
Arazi Kullanımı	1/3	1/5	1/7	1/3	1/5	1/7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Yollar	1/3	1/5	1/7	1/3	1/5	1/7	1/3	1/5	1/7	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Akarsular	1/3	1/5	1/7	1/3	1/5	1/7	1/3	1/5	1/7	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Göller	1/3	1/5	1/7	1/3	1/5	1/7	1/3	1/5	1/7	1	1	1	1	1	1	1	1	1



Şekil 5: Çalışma alanı için GES uygunluk haritası (1. yöntem)

Tablo 8: BAHS için kriterlerin ağırlıkları

Kriter	Ağırlık
ENH	45.24
Eğim	23.13
Arazi Kullanımı	14.64
Yollar	8.57
Akarsular	4.78
Göller	3.63

BAHS ile yapılan ağırlıklandırma sonucunda %45.24 ile en yüksek ağırlığa ENH'nin sahip olduğu daha sonra bunu sırasıyla eğim, arazi kullanımı, yollar, akarsular ve göllerin izlediği hesaplanmıştır. Kriterlerin BAHS ile hesaplanan ağırlıkları göz önüne alınarak Şekil 6'da bulunan haritalar birleştirilip uygunsuz alanlar bu haritadan çıkarılarak çalışma alanı için GES uygunluk haritası oluşturulmuştur (Şekil 7).

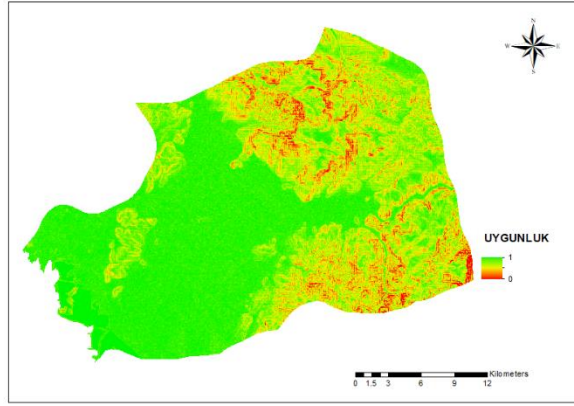
Elde edilen bu sonuç haritası neticesinde çalışma alanında bulunan alanların uygunluğu 0 ile 0.86 arasındaki sürekli değerler ile ifade edilmiştir. Birinci yöntemde ise uygunluklar uygunsuz, az, orta ve yüksek olmak üzere dört kesik değer ile ifade edilmiştir. İki haritanın karşılaştırılması amacıyla Şekil 7'de bulunan 0 ile 0.86 arasındaki değerler dört kesik değere eşit aralıklarla bölünmüştür (Şekil 8).

Yapılan bu işlem sonucunda çalışma alanının %65.91'i GES kurulumuna uygunsuz, %4.91'i az, %13.52'si orta, %15.61'i ise yüksek uygunlukta olduğu hesaplanmıştır.

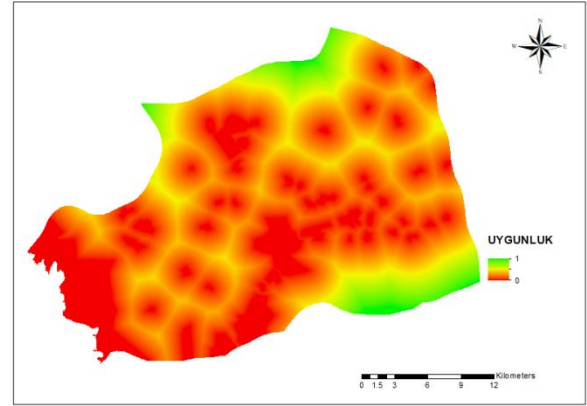
#### 4.4 Klasik ve Bulanık Mantığa Dayanan Yöntemlerin Analiz Sonuçları

Menemen bölgesi için klasik ve bulanık mantığa dayanan yöntemlerin analiz sonuçları incelenmiştir. Elde edilen ağırlıklandırma sonuçlarında ise çok büyük bir fark ortaya çıkmamıştır. Tablo 9'da verilen ağırlıklar incelendiğinde farkların 0.03 ila 1.20 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Fakat BAHS'de yüksek önem derecesine sahip kriter ağırlığı artarken, diğer kriterlere ait ağırlıkların ise azaldığı tespit edilmiştir. Buradan BAHS'nin iyi olanı daha yukarı çekerken, kötü olanı da daha

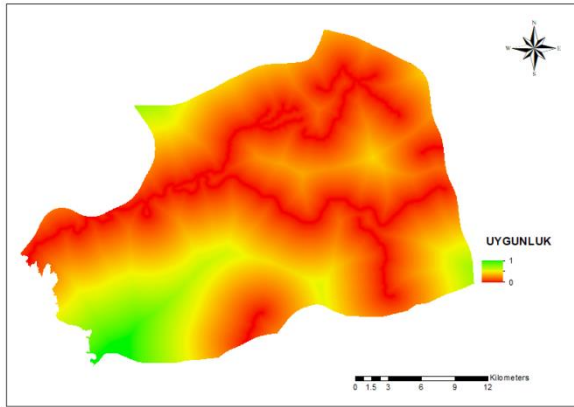
aşağı iterek sonucu belirginleştirdiği ortaya çıkarılabilir. Bu sonuç AHS ve BAHS karşılaştırması bakımından, Denizhan vd. (2017) tarafından, AHS ve BAHS kullanılarak yeşil tedarikçi seçimi için yapılan çalışmanın sonucunda da elde edilen çalışma sonucu ile aynı bulguların tespit edildiğini göstermektedir.



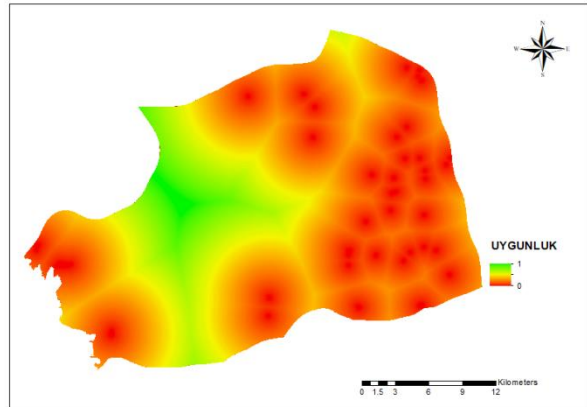
a) Eğim bakımından uygunluk haritası



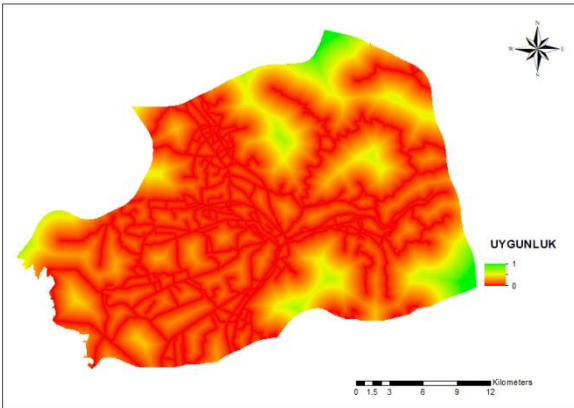
b) Arazi kullanımı bakımından uygunluk haritası



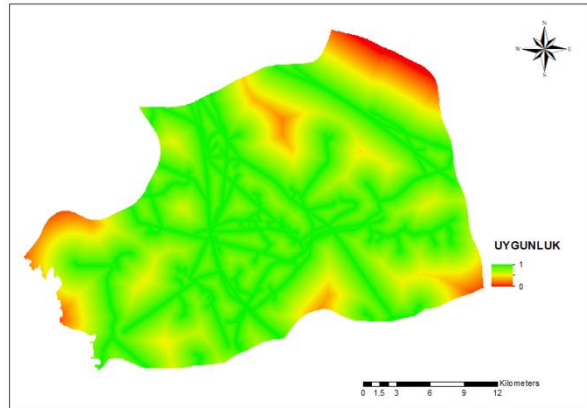
c) Akarsular bakımından uygunluk haritası



d) Göller bakımından uygunluk haritası



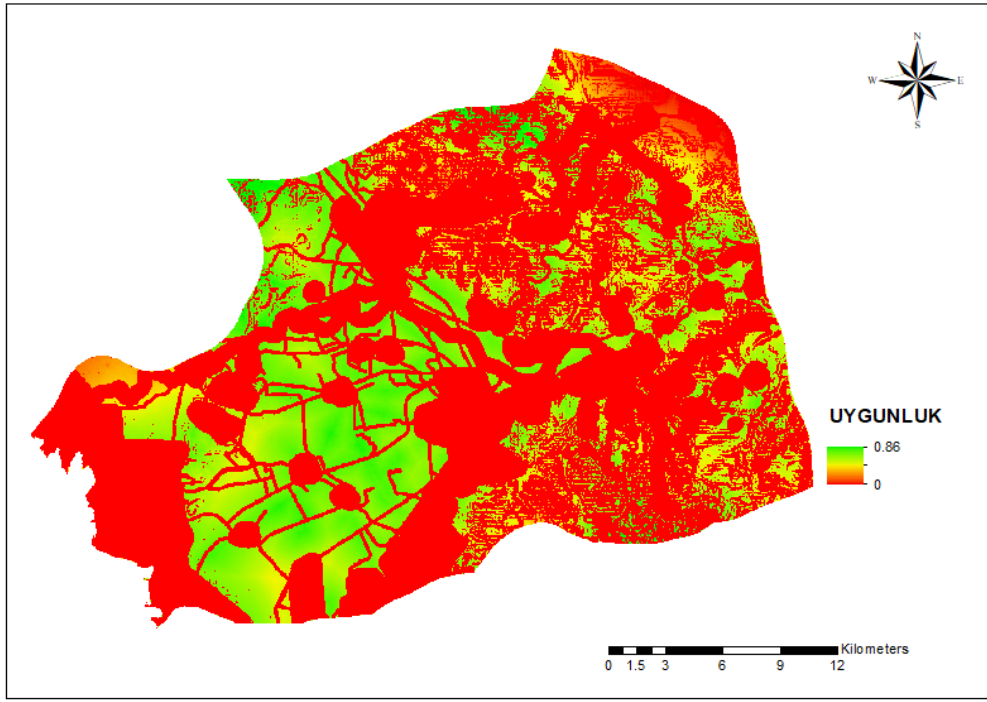
e) Yollar bakımından uygunluk haritası



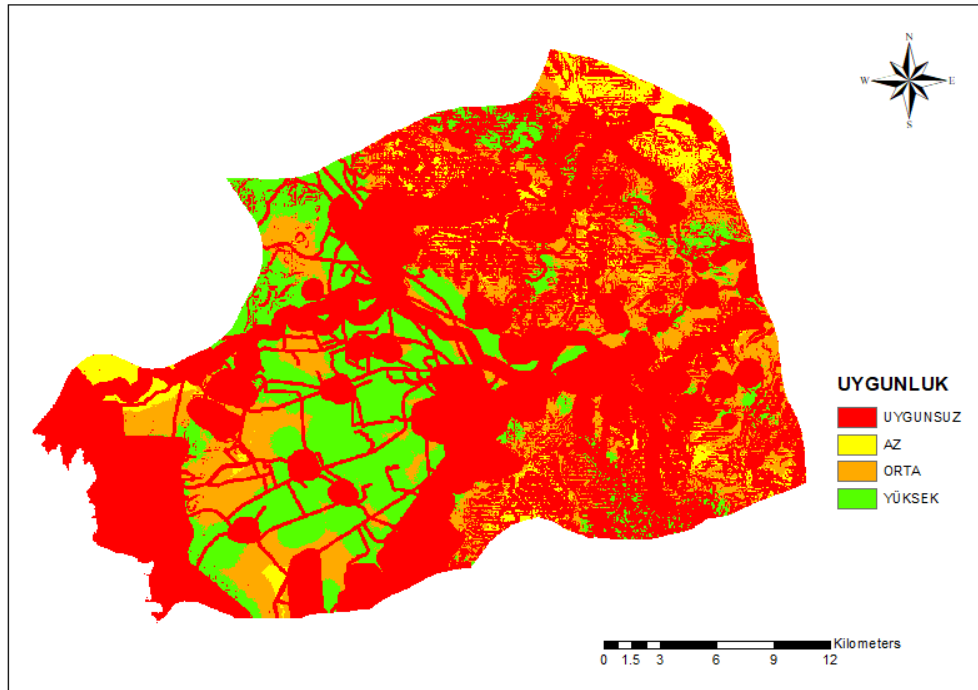
f) ENH bakımından uygunluk haritası

**Şekil 6:** BAHS ile elde edilen her bir kriter bakımından ayrı ayrı uygunluk haritaları

Ağırlıklandırmada iki yöntem arasındaki farkın az çıkmasının sebebi ise, AHS ile BAHS yöntemleri kullanılarak kriterlerin birbirlerine göre üstünlüklerini ifade ederken her iki yöntemde de aynı sözel ifadelerin kullanılmasıdır. Başka bir ifade ile ENH ile eğim karşılaştırılırken her iki yöntemde de “ENH’nin, eğime göre biraz daha fazla önemli” olduğu kabul edilmiş ve AHS’de 3 değeri kullanılırken BAHS’de 1-3-5 değeri kullanılmıştır. Bunun yanında kriter sayısının az olması ve alt kriterlerin bulunmaması da bir başka etken olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 7: Çalışma alanı için GES uygunluk haritası (2. yöntem)



Şekil 8: Çalışma alanı için 4 değer ile GES uygunluk haritası

Tablo 9: AHS ve BAHS için elde edilen ağırlıklar

Kriter	AHS Ağırlıklar (%)	BAHS Ağırlıklar (%)
ENH	44.04	45.24
Eğim	22.84	23.13
Arazi Kullanımı	14.44	14.64
Yollar	9.30	8.57
Akarsular	5.78	4.78
Göller	3.60	3.63

Yapılan analizler sonucunda bulanık mantık yönteminin uygulanmasında sadece ağırlıklandırma aşamasında bulanık mantığın kullanılmasının yeterli olmadığı görülmüştür. Bu kapsamda, alternatiflerin de bulanıklaştırılması gerektiği tespit edilmiştir. Her iki yöntemin de ikinci adımı olan uygunluk haritalarının oluşturulmasında, klasik mantığa dayanan ilk yöntemde, uygunlukların ifadesinde dört kesik değer kullanılırken; bulanık mantığa dayanan ikinci yöntemde, 0 ile 1 arasındaki sürekli değerler kullanılarak alternatifler de ağırlıklandırılmıştır. Bunun sonucunda Tablo 10'da yöntemler ve uygunluk değerleri elde edilmiştir. Kullanılan bu iki yöntemin uygunluk analiz sonuçlarında az, orta ve yüksek uygunluk için sırasıyla 4.58, 1.89 ve 6.47 farklılık değerleri ortaya çıkmıştır.

**Tablo 10: Uygunluklar**

Seviye / Yöntem	Klasik Yöntem	Bulanık Yöntem
Uygun Olmayan	65.91	65.91
Az Uygun	0.38	4.96
Orta Uygun	11.63	13.52
Yüksek Uygun	22.08	15.61

GES'lerin yer seçimi için uygunluk haritasının oluşturulması mekânsal karar problemi olarak ele alınmıştır. Bu sebep ile çok sayıda alternatif olması, bazı ölçütlerin kalitatif bazılarının ise kantitatif olması ve birden fazla sayıda karar vericinin bu işleme dahil olması sonuçları etkilemektedir. Bu aşamada CBS'nin rolü ise verilerin anlaşılabilir bir formda entegrasyonunu ve görselleştirilmesini sağlayarak karar verme sürecinde yardımcı olmasıdır. Bu çalışmada GES yer seçimi için CBS tabanlı mekânsal karar destek sisteminde sorgulama, tampon analizi, çakıştırma analizi ve komşuluk analizi gibi temel analitik fonksiyonlar kullanılmıştır. Literatürde yaygın kullanılan AHS ve BAHS yöntemlerinin bu uygulamadaki sonuçları analiz edildiğinde; ikili karşılaştırma aşamasında birbirlerine göre üstünlüklerini ifade ederken her iki yöntemde de aynı sözel ifadelerin kullanılmasında ağırlıkların birbirine çok yakın değerler aldığı ve sıralamaların değişmediği tespit edilmiştir. Fakat, alternatiflerinde bulanıklaştırılmasında kesik değerler yerine sürekli değerler kullanılması ile iki yöntem arasında fark ortaya çıkmış ve en uygun değer daha iyi bir şekilde ifade edilmiştir. Yapılan çalışma ile Özyılmaz Küçükyağcı ve Ocakçı (2019) tarafından yapılan çalışma karşılaştırıldığında, bulanık mantık yönteminin kullanıldığı kentsel alanlara ilişkin 11 makalenin incelendiği çalışmada da bulanık mantığın kullanılması ile daha hassas, doğru ve somut sonuçlar elde edilmesi ile aynı bulguların elde edildiği gözlemlenmiştir.

## 5. Sonuçlar

GES için uygunluk haritasını belirlenmesine yönelik yapılan bu çalışmada kullanılan her iki yöntemde de çalışma alanı olan Menemen bölgesinin büyük bir potansiyel taşıdığı görülmüştür. Her iki yöntem de iki ana adımdan oluşmaktadır. İlk adım kriterleri ağırlıklandırmak ve ikinci adım ise uygunluk haritalarını oluşturmaktır. Kriterleri ağırlıklandırma aşamasında her iki yöntemde de ikili karşılaştırmalar yapmak karar vericiye oldukça kolaylık sağlamıştır. Uygunluk haritalarını oluşturma aşamasında ilk olarak her iki yöntemde de ortak olarak sonuçlanan uygun olmayan bölgelerin haritası oluşturulmuştur. İkinci adımda ise ilk aşamada klasik mantığa dayanan yöntem ve ikinci adımda bulanık mantığa dayanan yöntem ile GES için uygunluk haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen analiz sonuçları neticesinde Menemen bölgesine ait GES'lerin kurulumu için, klasik mantığa dayanan birinci durumda %65.91'inin uygunsuz, %0.38'inin az, %11.63'ünün orta, %22.08'inin ise yüksek uygunlukta olduğu tespit edilmiştir. Bulanık mantığa dayanan ikinci durumda ise %65.91'inin uygunsuz, %4.96'sinin az, %13.52'sinin orta, %15.61'inin ise yüksek uygunlukta olduğu tespit edilmiştir.

Uygun olmayan alanların belirlenmesinde aynı kriterler ve yöntem kullanıldığı için her iki yöntemde yüzdeler aynıdır. Diğer uygunluk seviyelerinde ise bulanık mantıkta daha homojen ve gerçeğe yakın sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Bunu bir alan ile örneklendirmek gerekirse: akarsular bakımından uygunluk haritası oluşturulurken akarsuya uzaklığı biri 799 m diğeri



800 m olan iki alanı ele alalım. Klasik mantıkta 799 m’de bulunan alan 1 değeri alırken; 800 m’deki alan 2 değeri alacaktır. Fakat bulanık mantıkta 799 m’deki alan 0.06950 değeri alırken; 800 m’deki alan 0.06959 değeri alacaktır. Bu değerlerden anlaşılacağı üzere klasik mantığa dayanan ilk yöntemdeki kesin değerler yerine bulanık mantığa dayanan ikinci yöntemdeki sürekli değerler çalışmanın tutarlılığını arttıracak ve gerçeği daha iyi şekilde yansıtmayı sağlayacaktır. Özellikle GES’ler için uygunluk haritalarının oluşturulmasında etkili olan sosyal, ekonomik ve çevresel faktörlerin dikkate alınmasında ortaya çıkan minimum ve maksimum farkların oldukça önemli olduğu gözlemlenmiştir.

AHS yönteminde karar verici tarafından bir ölçütün bir diğer ölçüte göre ne kadar önemli olduğuna ikili karşılaştırma ile karar verilmesi sürecinde, sözel belirsizliği daha iyi ifade etmek için BAHS tercih edilmelidir. Özellikle ikili karşılaştırmaların fazla olması, karar vericide bulanıklık oluşması ve işlemlerin çok uzun zaman alması gibi durumlarda BAHS yönteminin tercih edilmesi önerilmektedir. Çevresel, sosyal ve ekonomik kriter ve alt kriterlerdeki sözel ifadelerin matematiksel ifadesi için bulanık ilişki ile entegre edilmesi daha doğru sonuçların elde edilmesinde önemlidir. Buna karşın, AHS yöntemi, iyi tanımlanmış ve tahvil edilmiş kesin ifadelerin olduğu, kriterler ve alternatiflerin fazla olmadığı durumlarda mekânsal karar verme problemlerinde kullanılarak doğru sonuçlar elde edilecektir. AHS yönteminin yeterli olacağı durumlarda, BAHS yönteminin kullanılması ile zaman sürecinin fazla olacağı, matematiksel ifadelerin fazlalığı ile bulanık değerlerin sınırlarının doğru tespit edilememesi gibi önemli adımların, sonuçları olumsuz etkileyeceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Aksi halde, BAHS yöntemi doğru sonuç vermeyecektir. Sonuçta, mekânsal karar verme problemlerinde öncelikle amaç, kriterler ve alternatif alt kriterlerin sayısı, sözel verilerin bulanık matematiksel ifadeler ile temsilinin gerekliliği gibi önemli adımlar belirginleştirilerek AHS ve BAHS yöntemlerinin kullanımı tercih edilmelidir.

## Teşekkür



Harita Genel Müdürlüğüne, sağladığı 1/50 000 ölçekli URLA K-17-c ve İZMİR K-18-d topoğrafik haritalar için teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Al Garni, H. Z., & Awasthi, A. (2017). Solar PV power plant site selection using a GIS-AHP based approach with application in Saudi Arabia. *Applied energy*, 206, 1225-1240.
- Ayhan, M. B. (2013). A fuzzy AHP approach for supplier selection problem: A case study in a Gear motor company. *International Journal of Managing Value and Supply Chains*, 4(3), 11-23.
- Asakereh, A., Soleymani, M., & Sheikhdavoodi, M. J. (2017). A GIS-based Fuzzy-AHP method for the evaluation of solar farms locations: Case study in Khuzestan province, Iran. *Solar Energy*, 155, 342-353.
- Buckley, J. J. (1985). Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy sets and systems*, 17(3), 233-247.
- Chou, S. W., & Chang, Y. C. (2008). The implementation factors that influence the ERP (enterprise resource planning) benefits. *Decision support systems*, 46(1), 149-157.
- Denizhan, B., Yalçın, A. Y., & Berber, Ş. (2017). Analitik hiyerarşi proses ve bulanık analitik hiyerarşi proses yöntemleri kullanılarak yeşil tedarikçi seçimi uygulaması. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(1), 63-78.
- Eroğlu, H. (2018). Güneş Enerji Santralleri İçin Uygunluk Haritasının Elde Edilmesi: Bir Uygulama. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(4), 97-106.
- Gül, A., Karakoç, A., & Rehimbeyli, S. (2017). Mekansal Planlama Alan Kullanım Kararlarında Güneş Enerji Santrallerinin Yer Seçimi Kriterleri. *5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 29-30 September 2017 (ISITES2017 Baku-Azerbaijan)*.
- Merrouni, A. A., Elalaoui, F. E., Mezrhah, A., Mezrhah, A., & Ghennioui, A. (2018). Large scale PV sites selection by combining GIS and

- Analytical Hierarchy Process. Case study: Eastern Morocco. *Renewable energy*, 119, 863-873.
- Noorollahi, E., Fadaei, D., Akbarpour Shirazi, M., & Ghodsipour, S. (2016). Land suitability analysis for solar farms exploitation using GIS and fuzzy analytic hierarchy process (FAHP)—a case study of Iran. *Energies*, 9(8), 643.
- Özyılmaz Küçükyağcı, P., & Ocakçı, M. (2019). Bulanık Mantık Yönteminin Kentsel Alan Çalışmalarında Kullanımı. *Kent Akademisi*, 12(2), 299-308.
- Potić, I., Golić, R., & Joksimović, T. (2016). Analysis of insolation potential of Knjaževac Municipality (Serbia) using multi-criteria approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 235-245.
- Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2012). *Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process* (Vol. 175). Springer Science & Business Media.
- Supçiller, A., & Çapraz, O. (2011). Ahp-topsis yöntemine dayali tedarikçi seçimi uygulaması. *Ekonometri ve İstatistik e-Dergisi*, (13), 1-22.
- Şenlik, İ. (2017). Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi, *Elektrik Mühendisliği Dergisi*, 462, 94- 98.
- Uyan, M. (2013). GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapınar region, Konya/Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 11-17.
- Uzar, M., & Şener, Z. (2019). Suitable map analysis for wind energy projects using remote sensing and GIS: a case study in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(7), 459.
- Uzar, M., & Asılhan, E. F. (2019) İnternet tabanlı harita üretiminde karar destek sistemleri ve coğrafi bilgi sistemi destekli alternatif yaklaşım: müsabaka yöntemi. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 6(1), 47-60.
- URL-1: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Güneş Enerji Potansiyel Atlası, <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/pages/35.aspx>, (Erişim Tarihi: 5 Ağustos 2019).
- URL-2: Enerji Atlası, İzmir Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası, <http://www.enerjiatlası.com/gunes-enerjisi-haritasi/izmir>, (Erişim Tarihi: 5 Ağustos 2019).

## Taşınmaz değer haritalarının coğrafi bilgi sistemleri ile üretilmesi: Çanakkale örneği

Müge Özgüven<sup>1</sup> , Ramazan Cüneyt Erenoğlu<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Terzioğlu Kampüsü, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, Türkiye.

**Öz:** Değer haritaları, taşınmaz değerlemede etkin olarak kullanılmaktadır. Çanakkale ili, Merkez ilçesi, Esenler Mahallesi sınırları dahilinde bulunan yapısız, arsa vasıflı 87 adet parsel tespit edilmiştir. Öncelikli olarak arsa değerine etki eden 15 adet faktör belirlenmiştir. Belirlenen faktörleri kapsayan, analitik hiyerarşi sürecine (AHS) göre hazırlanan anket çalışmasına, 15 gayrimenkul değerlendirme uzmanı katılmıştır. Tutarlılık oranı, sınır değer içerisinde bulunan 6 adet anket değerlendirmeye alınmıştır. AHS'ye göre gerçekleştirilen değerlendirme sonucunda faktörlerin ağırlıkları belirlenmiştir. Anket çalışması sonucunda belirlenen faktörlerin ağırlıkları; %16.7 toplam inşaat alanı, %15.0 kamu hizmetlerinden yararlanma, %13.4 imar durumunda ada kullanımı, %9.0 depremsellik, %8.9 zemin durumu, %8.5 eğim, %5.9 parselin ada içindeki konumu, %4.7 parsel şekli, %4.2 bakı, %3.3 manzara, %2.6 ana caddeye olan uzaklık, %2.5 merkeze olan uzaklık, %1.9 eğitim alanına uzaklık, %1.7 yeşil alana uzaklık ve %1.6 sağlık alanına olan uzaklık şeklinde belirlenmiştir. Çalışma alanını kapsayan her bir faktöre ait haritalar üretilmiştir. Belirlenen ağırlık oranları göz önünde bulundurularak, çalışma alanında yer alan yapısız parsellere ait değer haritası oluşturulmuştur.

**Anahtar Sözcükler:** Taşınmaz değerlendirme, Değer haritası, Coğrafi bilgi sistemleri, Analitik hiyerarşi süreci, Nominal değerlendirme, Yapısız parsel

### Production of real estate value maps with geographical information systems: The case of Çanakkale

**Abstract:** Value maps are used as active in real estate valuation. 87 structureless parcels of land qualified within the borders of Esenler Quarter of the Central district of Çanakkale province were identified. Firstly, fifteen factors affecting the land value were determined. Fifteen real estate appraisers participated in the survey which was prepared according to the analytical hierarchy process (AHP). Six questionnaires, whose consistency ratios are in the limit, were evaluated. As a result of the evaluation performed according to AHP, weights of factors were determined. The weights of the factors as a result of the survey; 16.7% total construction area, 15.0% utilization of public services, 13.4% island use in development, 9.0% earthquake condition, 8.9% soil condition, 8.5% slope, 5.9% parcel position within the island, % 4.7 parcel shape, 4.2% aspect, 3.3% view, 2.6% distance to main street, 2.5% distance to center, 1.9% distance to educational area, 1.7% distance to greenery 1.6% distance to the health area. Maps of each factor covering the study area were produced. The value map of the unstructured parcels in the study area was created.

**Keywords:** Real estate valuation, Value map, Geographic information systems, Analytic hierarchy process, Nominal valuation, Unstructured parcels

\* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Tel: +90 286 218 0018

Geliş Tarihi/Received: 30.07.2019  
Kabul Tarihi/Accepted: 30.01.2020



## 1. Giriş

Taşınmaz değerlendirme ile vergilendirme ve kamulaştırma işlemlerinde rayiç bedel tespitinin yapılması, bankacılıkta ipotek ve teminat değerlerinin belirlenmesi, şirketlerin duran varlıklarının tespit edilmesi, piyasada el değiştirme bedelinin belirlenmesi, muhammen bedelinin takdir edilmesi, mülkiyet haklarının ayrıntılı araştırılması ve raporlanması, taşınmazların intikali ile değerinin belirlenmesi gibi birçok işlem gerçekleştirilebilmektedir (Çakır, 2013). Son 15 yıllık süreçte ülkemizde taşınmaz değerlendirme alanı gelişim göstermiştir. Taşınmaz değerlendirme uygulama esaslarının, değerlendirme yöntemlerinin ve taşınmazların değerine etki eden faktörlerin standartlaşması ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Taşınmaz değerlemenin giderek önem arz ettiği öngörüsü ile taşınmaz değerlendirme sisteminin oluşturulması gerekmektedir. Oluşturulan sistem ile birlikte daha hızlı, daha güvenilir ve daha kontrollü değer takdir işlemleri gerçekleştirilebilecektir. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS), konumsal ve öznelik verilerinin toplandığı, saklandığı ve görselleştirildiği, aynı zamanda sorgulama ve analiz işlemlerinin de yapılabildiği bir sistemdir (Yomralıoğlu, 2015). Taşınmaz değerlendirme ile CBS'nin ortak kullanılması ile değer haritaları oluşturulabilmektedir. Değer haritaları ile konumsal analizler, taşınmazlar ile ilgili sorgulamalar, uygun yer analizi, bölgelere ait birim fiyatların tespiti, yatırım yapılacak bölgelerin seçilmesi gibi işlemler kolayca gerçekleştirilebilmektedir. Geleneksel değerlendirme yöntemlerinin yetersiz kaldığı bölgelerde toplu veri setleri ile toplu değerlendirme işlemleri yapılmak istendiğinde, taşınmazların daha hızlı ve daha güvenilir şekilde değerlemesinin yapılması değer haritaları ile gerçekleştirilebilmektedir. CBS ile birlikte taşınmaz değerlemeye ait konuma dayalı güncellenebilen, nitelikli ve doğru veri tabanı oluşturulabilmektedir.

Değer haritalarını konu alan birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Nişancı (2005), piksel tabanlı nominal değer haritası oluşturmuştur. Nominal tabanlı taşınmaz değerlendirme model tasarımı ile kentsel değer haritaları ile ilgili çalışma yapmıştır. Bahar (2007), taşınmaz değerlemesinde CBS'nin kullanım olanaklarını araştırmıştır. Taşınmaz değerlendirme ile ilgili veri tabanı sistemlerinin oluşturulması ve çoklu karar verme yöntemleri ile değerlendirme yapılabilmesi konuları üzerine çalışma gerçekleştirmiştir. Özfidan (2008), Mapinfo Pro 7.0 yazılımı ile Yenişehir bölgesinde taşınmaz değerlendirme tasarımı ve uygulaması gerçekleştirmiştir. Deveci ve Yılmaz (2009), Afyon ili, Merkez ilçesinde nominal değerlendirme yöntemi kullanarak CBS destekli taşınmaz mal değerlendirme gerçekleştirmiştir. Torun (2009), taşınmazın değerine etki eden sosyal ve çevresel faktörleri çoklu karar verme analizi ile incelemiştir. Ankara ili, Yenimahalle ilçesinde CBS tabanlı taşınmaz değer haritası üretmiştir. Timur (2009), İstanbul ili, Şişli ilçesinde CBS ile raster tabanlı değer haritası üretmiştir. Değerleme yöntemi olarak nominal değerlendirme yöntemi kullanmıştır. Ünlü (2010), Eskişehir ili, Tepebaşı ilçesinde 26 mahalle için karşılaştırmalı değer haritası üretmiştir.

Yılmaz (2010), AHS ile değerlendirme modeli geliştirmiş ve konut amaçlı kullanılan taşınmazlara uygulamıştır. Döner (2010), taşınmaz değerlendirme alanında mobil tabanlı CBS uygulaması üzerine çalışma gerçekleştirmiştir. Çakır (2013), arsa vasıflı taşınmazların değerine etki eden faktörlerin belirlenmesi için anket çalışması yapmıştır. Faktörlerin ağırlıklarının belirlenmesini ise varyans analizi ile gerçekleştirmiştir. Derinpınar (2014), bulanık mantık ve nominal değerlendirme işlemleri ile belirli bir bölgede yer alan arsaların değer haritasını üretmiştir. Yener (2017), değer haritası kavramı, değer haritası yardımıyla değer tespiti, değer haritalarının oluşturulması, harita üzerinde yer alan herhangi bir taşınmazın değerinin belirlenmesi konuları üzerine çalışma gerçekleştirmiştir. Mete (2019), CBS ile İstanbul ili nominal taşınmaz değer haritasının oluşturulması çalışmasını gerçekleştirmiştir.

Yacim ve Boshoff (2008), yapay sinir ağları algoritmalarını küme değerlemesinde kullanarak değerlemede kullanılan yöntemleri genişletmişlerdir. Stylianidis, Roustanis ve Karanikolas (2009), mekânsal bilgilerin toplanması, betimlenmesi, taşınmaz değerlendirme ve arazi yönetimini kapsayan coğrafi bilgi tasarımı olan 'GEOVAL' sistemi üzerine çalışma

yapmışlardır. Zeng ve Zhou (2001), kural tabanlı bir sistemi, bulanık küme teorisi ve CBS'yi bir araya getirerek prototip taşınmaz değerlendirme sistemi geliştirmişlerdir. Taşınmaz sektöründe alıcılar ile satıcılar arasında mülk yönetiminde kullanılabilecek asistan uygulama REGIS sistemini oluşturmuşlardır.

Literatür araştırması sonucunda gerçekleştirilen çalışmada AHS kullanılarak Çanakkale ili, Merkez ilçesi, Esenler Mahallesi'nde yer alan yapısız parsellere ait değer haritasının, CBS ile üretilmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada, arsaların değerine etki eden faktörlerin ve önem derecelerinin belirlenmesi, güncellenebilen, bölgeyle ilgili analizleri kolaylaştıracak, taşınmazın değeri ve rayiç bedel tespitinde hata payını azaltacak veri tabanının oluşturulması, gelişim gösteren, piyasada talep gören, ticari fonksiyonlu gelişen, yatırım amaçlı kullanılabilecek taşınmazların tespit edilmesi hedeflenmiştir.

## 2. Yöntem

Çalışma kapsamında Çanakkale ili, Merkez ilçesi, Esenler Mahallesi'nde yer alan yapısız parsellerin değer haritasının oluşturulması amaçlanmıştır. Taşınmaz değer haritalarının oluşturulmasında temel aşama taşınmazların değerine etki eden faktörlerin ve bu faktörlerin ağırlıklarının belirlenmesidir. Çalışmanın işlem adımları Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1: Çalışmanın işlem adımları

### 2.1 Arsa Vasıflı Taşınmazların Değerine Etki Eden Faktörler

Bulunduğu bölgede hazırlanan imar planı kapsamında düzenlenen, asgari düzeyde alt yapısı sağlanmış arazi parçası olarak tanımlanan arsaların değeri; sosyo-ekonomik, fiziksel ve yasal durumlara göre farklılık göstermektedir. Taşınmazların karşılaştırılmasında değere etki eden faktörlerin ağırlıkları göz önünde bulundurularak gerekli şerefiye düzeltmeleri ile değer takdiri işlemi gerçekleştirilmektedir. Taşınmazlar için kesin değer tespiti söz konusu değildir. Taşınmazın değerini etkileyen faktörler, bölgeye ve kişilere göre farklılık gösterebilmektedir. Faktörler ayrı ayrı değerlendirilerek birim alan üzerinden taşınmazın değer tespiti gerçekleştirilebilir (Yomralıoğlu, Nişancı & Uzun, 2007).

Arsa vasıflı taşınmazların değerine etki eden faktörler, bölgenin talepleri ve özellikleri göz önünde bulundurularak; kamu hizmetlerinden yararlanma, parsel şekli, deprensellik, zemin durumu, toplam inşaat alanı, parselin ada içindeki konumu, manzara, bakı, eğim, imar durumunda ada kullanımı, merkeze olan uzaklık, ana caddeye olan uzaklık, eğitim alanına uzaklık, yeşil alana uzaklık ve sağlık alanına uzaklık başlıkları altında toplanabilir. Bu başlıklara ait kısa bilgiler aşağıda sırasıyla verilmiştir.

**Kamu Hizmetlerinden Yararlanma:** Parselin, bulunduğu bölgede bulunan mevcut kamu hizmetlerinden yararlanma durumunu kapsamaktadır. Bölgede bulunan hizmetler elektrik, yol, kanalizasyon, doğalgaz ve su olarak sıralanmaktadır.

**Parsel Şekli:** Parselde bulunan kırık köşe sayıları parselin şeklini belirlemektedir. Parselin şekli, inşaat ve inşaat maliyetlerine yansdığından arsa değerini etkileyen önemli faktörlerdendir (Yomralıoğlu, 1997).

**Depremsellik:** Parsellere ait deprem potansiyeli olarak tanımlanmaktadır. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından oluşturulan Türkiye Deprem Tehlike Haritası ve İnteraktif Web Uygulaması'na göre en büyük yer ivmesi dikkate alınarak parsellerin depremselliği derecelendirilebilmektedir. Parselin yer ivmesi derecesi ile arsa değeri ters orantılıdır.

**Zemin Durumu:** Parsellerin zemin sınıfı, heyelan ve sıvılaşma riski gibi özellikleri zemin durumu başlığı altında incelenmektedir. Parsellerin zemin durumu, depremsellik ile birlikte arsa değerini etkileyen en önemli faktörlerdendir. Zemin durumu hem inşaat maliyetini hem de parselin tercih edilebilirliğini etkilemektedir.

**Toplam İnşaat Alanı:** Parselin imar durumu göz önünde bulundurularak parselin net alanı ile imar durumunda belirtilen kat alanı kat sayısı (emsal) ile çarpılmasıyla toplam inşaat alanı hesaplanmaktadır. Parsel üzerine inşa edilecek yapının toplam alanı, inşaat aşamasında göz önünde bulundurulmuş en önemli özellik olması sebebiyle toplam inşaat alanı parselin değerini etkilemektedir.

**Parselin Ada İçindeki Konumu:** Ada içerisinde yer alan parselin ara veya köşe parsel olması parselin tercih edilebilirliğini etkilemektedir. Köşe parsel, ara parsel göre daha tercih edilebilir durumdadır.

**Manzara:** Parsellerin orman veya deniz manzarasının bulunması arsa değerine etki eden faktörlerdendir.

**Bakı:** Bakı, parselin değerine etki eden fiziki faktörlerden biridir. Bakı, parselin konumu sonucunda Güneş ışınlarını alışı yönü olarak açıklanmaktadır. Kuzey yarım kürede, güney cephe diğer cephelere kıyasla daha avantajlı durumdadır.

**Eğim:** Parsellerin topoğrafik yapısı, parsel üzerine yapılacak inşaatın maliyetini ve toplam inşaat alanını etkilemektedir. Eğimi az olan parsel daha tercih edilebilir durumdadır.

**İmar Durumunda Ada Kullanımı:** Parselin bölge için hazırlanmış imar planında yer aldığı lejant, parselin değeri açısından önem arz etmektedir. Konut, ticaret, turizm ve sanayi alanları, belediye hizmet alanı, gelişme konut alanları, tarım alanı tercih edilebilirlik açısından farklılık göstermektedir.

**Merkeze, Ana Caddeye, Eğitim, Sağlık ve Yeşil Alanlarına olan Uzaklık:** Bu faktörler parselin bulunduğu bölgeye göre farklılık göstermektedir. Parselin bölgede yer alan ana caddelere, eğitim, sağlık ve yeşil alanlarına olan mesafesi ve bölge için tanımlanan merkeze olan mesafesi arsanın değerine etki eden faktörlerdendir. Parselin belirtilen alanlara mesafesinin az olması avantajlı kabul edilmektedir. Arsanın değeri ile belirtilen alanlara uzaklığı ters orantılıdır (Yomralıoğlu, 1997).

## 2.2 Analitik Hiyerarşi Süreci

Bir problemin çözümü için karar sürecinde, problemin çözümüne karar verilmesi ile ilgili birçok ölçüt bulunduğu belirtilen durumlar Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) problemi olarak incelenebilir (Esogbue, Theologidu & Guo, 1992; Timor, 2011; Tsai, Leu, Liu, Lin & Shaw, 2010). ÇÖKV yöntemleri, karar verilmesi gereken problemle ilgili tüm faktörleri değerlendiren, karar aşamasında süreçle ilgili birden çok kişiyi kapsayan analitik yöntemlerdir (Görener, 2014). ÇÖKV, niteliğine ve amacına göre Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) ve Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV) olarak iki gruba

ayrılmıştır. ÇNKV’de problemle ilgili ölçütlerin niteliklerine göre sıralaması yapılmaktadır. ÇNKV yöntem olarak başlıca yedi tekniği kullanılmaktadır. Bu teknikler AHS, PROMETHEE, ELECTRE, MAUT, TOPSİS, UTADİS ve analitik ağ süreci (Analytic Network Process, ANP)’dir (Ciritci & Türk, 2019; Lai, 1995; Leung, Muraoka, Nakamoto & Pooley, 1998; Saaty, 1980).

Çalışmada arsa vasıflı taşınmazların değerine etki eden faktörlerin ağırlıklarının belirlenmesinde AHS kullanılmıştır. AHS’de, ölçütler arasında önem derecelerine göre bir hiyerarşi yapısı oluşturulmaktadır. AHS’de çözüm aşamaları bulunmaktadır. Bu aşamalar sırasıyla; hedeflerin belirlenmesi ve listelenmesi, hedeflere ulaşabilmek için gerekli ölçütlerin belirlenmesi ve listelenmesi, ölçütler göz önünde bulundurularak problemle ilgili karar alternatiflerinin oluşturulması ve son olarak hiyerarşik modelin oluşturulmasıdır (Ciritci & Türk, 2019; Lai, 1995; Leung vd., 1998; Timor, 2011). AHS’de hiyerarşik modeli oluşturulduktan sonra gerçekleştirilecek üç aşamalı işlem adımı aşağıdaki gibidir:

- Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması: Belirlenen faktörlerin listelenmesi ve sonrasında ikili şekilde her bir faktörün önem derecelerinin puanlanması gerekmektedir. Karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra normalize edilmiş matrisin hesaplanması gerekmektedir (Alonso & Lamata, 2006).
- Öncelik Matrisinin Oluşturulması: Elde edilen normalize edilmiş matris, ortalama alınarak öncelik vektörü oluşturulur. Öncelik vektörü ile karşılaştırma matrisi sonucunda tüm öncelikler matrisi elde edilir (Timor, 2011).
- Uyum Oranının Hesaplanması: Tüm öncelikler matrisinin, öncelikler vektörüne bölündükten sonra elde edilen değerlerinin ortalaması alınır. Elde edilen ortalama ile uyum indeksi (Consistency Index, CI) aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır (Alonso & Lamata, 2006):

$$CI = (\lambda_{maks} - n) / (n - 1) \quad (1)$$

CI hesaplandıktan sonra rastgele değer indeksi seçilir. Sonrasında CI’nın, rastgele değer indeksine oranıyla uyum oranı hesaplanır. Burada geçen  $\lambda_{maks}$  büyüklüğü özdeğeri,  $n$  büyüklüğü ise karşılaştırılan alternatiflerin sayısı olup iyi bir tutarlılık ölçütüdür (Alonso & Lamata, 2006). Uyum oranının 0.10’dan yüksek ya da düşük çıkması durumuna göre karşılaştırmanın tutarlı olup olmadığına ulaşılır (Akgün vd., 2014). Uyum oranının, sınır değerden düşük çıkması durumunda yapılan karşılaştırmalar kabul edilebilir (Timor, 2011).

AHS’nin birçok avantajı bulunmaktadır. Belirlenen ölçütler, ikili karşılaştırmalar yapılarak değerlendirildikleri için çok sayıda ölçütün matrise eklenmesinde herhangi bir sıkıntı bulunmamaktadır. Yöntem çok fazla sayıda ölçüt ve alternatifin olduğu problemlerde esnek modelleme avantajı ile çözüm üretmektedir (Timor, 2011; Turan, 2014). Buna karşın karar vericilerin yönlendirdiği bir yöntem olduğu için sonuçları test etmenin analitik bir yolunun bulunmaması, yeni bir ölçütün probleme dahil edilmesiyle önem sırasının değişmesi ve ölçütlerin göreceli olması sebebiyle mutlak ölçüklerin verilememesi AHS’nin dezavantajları arasındadır (Alonso & Lamata, 2006; Timor, 2011).

### 2.3 Analitik Hiyerarşi Sürecinde Ağırlıklandırma: Anket Çalışması

Taşınmaz değer haritalarının oluşturulmasında temel aşama taşınmazların değerine etki eden faktörlerin ve bu faktörlerin ağırlıklarının belirlenmesidir. Çalışma kapsamında arsa vasıflı taşınmazların değer haritasının oluşturulması amaçlanmıştır. Literatür araştırması göz önünde bulundurularak arsa vasıflı taşınmazların değerine etki eden faktörler belirlenmiştir (Ciritci & Türk, 2019; Çakır, 2013). Bu doğrultuda belirlenen 15 faktör ile AHS’ye göre anket formu oluşturulmuştur. İnternet ortamında oluşturulan anket formu 15 gayrimenkul değerlendirme uzmanı tarafından cevaplanmıştır.

Katılımcıların eğitim durumunu, mesleki yetkinliğini ve mesleki tecrübe süresini öğrenmek amacıyla çoktan seçmeli sorular hazırlanmıştır. Katılımcılardan 9 kişi lisans, 6 kişi ise yüksek lisans mezunudur. Katılımcılardan 7 kişi, çözüm ortaklığı şeklinde çalışan gayrimenkul değerlendirme uzmanı, 3 kişi sorumlu gayrimenkul değerlendirme uzmanı, 2 kişi denetmen, 1 kişi ise kadrolu olarak çalışan gayrimenkul değerlendirme uzmanıdır. 2 kişi ise diğer seçeneğini işaretlemiştir. Katılımcıların mesleki tecrübe süresi, 0-3 yıl, 3-5 yıl, 5-10 yıl ve 10+ yıl olmak üzere 4 seçenek şeklinde sınıflandırılmıştır. Katılımcılardan 7 kişi 5-10 yıl, 4 kişi 3-5 yıl, 3 kişi 0-3 yıl, 1 kişi ise 10+ yıl seçeneğini işaretlemiştir. AHS'ye göre hazırlanan anketlerin değerlendirilmesi elektronik tablo yazılımı (Excel) ile gerçekleştirilmiştir. Excel ortamında düzenlenen hesaplamada anketlerin her birinin tutarlı olup olmadığının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Anketlerde verilen cevaplar göz önünde bulundurularak 15 faktörün karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur (Tablo 1). Karşılaştırma matrislerinin uyum oranları hesaplanmıştır. AHS'de tutarlılık oranı tablosuna göre faktör sayısı göz önünde bulundurularak tutarlılık oranı 1.59 olarak hesaplanmıştır. Uyum oranları ile tutarlılık oranı karşılaştırılarak anketlerin tutarlı olup olmadığı tespit edilmiştir.

**Tablo 1: Karşılaştırma matrisi**

	Kamu Hizmetlerinden Yararlanma	Parsel Şekli	Depremsellik	Zemin Durumu	Toplam İnşaat Alanı	Parselin Ada İçindeki Konumu	Manzara	Bakı	Eğitim	İmar Durumunda Ada Kullanımı	Merkeze Olan Uzaklık	Ana Caddeye Olan Uzaklık	Eğitim Alanına Olan Uzaklık	Yeşil Alana Uzaklık	Sağlık Alanına Olan Uzaklık
Kamu Hizmetlerinden Yararlanma	1.0000	3.4878	3.8730	2.6386	0.7937	3.9416	4.2976	4.0442	2.6960	1.8171	4.1074	4.3946	5.0265	5.0265	5.0265
Parsel Şekli	0.2867	1.0000	0.3467	0.3089	0.2073	0.5000	2.1822	1.4837	0.3709	0.2615	2.4980	2.4980	3.8236	3.8236	3.8236
Depremsellik	0.3371	2.4980	1.0000	1.0491	0.3150	2.8173	3.8883	3.8883	1.2247	0.3467	3.8236	3.8236	5.4106	5.4106	5.4106
Zemin Durumu	0.3783	3.2377	0.9532	1.0000	0.2924	2.8173	3.8883	3.4641	1.0000	0.3150	3.8236	3.8236	5.2915	5.2915	5.2915
Toplam İnşaat Alanı	1.2599	4.6857	3.1748	3.4200	1.0000	3.5954	4.5455	4.6857	3.2250	1.8171	4.8076	4.2831	6.0000	6.0000	6.0000
Parselin Ada İçindeki Konumu	0.2537	2.0000	0.3550	0.3550	0.2791	1.0000	2.0801	1.4837	0.4454	0.2330	3.5328	3.5328	4.7301	4.7301	4.7301
Manzara	0.2335	0.4575	0.2580	0.2580	0.2193	0.4799	1.0000	0.4673	0.2178	0.1877	1.7818	1.7818	3.0262	3.0262	3.0262
Bakı	0.2473	0.6740	0.2580	0.2896	0.2127	0.6740	2.1398	1.0000	0.3023	0.2615	2.1822	2.1822	3.5495	3.5495	3.5495
Eğitim	0.3709	2.6960	0.8151	1.0000	0.3101	2.2449	4.5919	3.3019	1.0000	0.3467	3.8236	3.8236	4.9328	4.9328	4.9328
İmar Durumunda Ada Kullanımı	0.5503	3.8236	2.8845	3.1748	0.5494	4.2919	5.3454	3.8236	2.8845	1.0000	3.8467	3.7063	4.8203	4.8203	4.8203
Merkeze Olan Uzaklık	0.2426	0.3996	0.2615	0.2615	0.2073	0.2840	0.5612	0.4575	0.2615	0.2608	1.0000	0.7418	1.9064	1.9064	1.9064
Ana Caddeye Olan Uzaklık	0.2268	0.3996	0.2615	0.2615	0.2327	0.2840	0.5612	0.4575	0.2615	0.2707	1.3480	1.0000	1.8171	1.8171	1.8171
Eğitim Alanına Olan Uzaklık	0.2003	0.2615	0.1860	0.1902	0.1664	0.2128	0.3305	0.2817	0.2020	0.2088	0.5246	0.5503	1.0000	1.5874	1.6984
Yeşil Alana Uzaklık	0.2003	0.2615	0.1860	0.1902	0.1664	0.2128	0.3305	0.2817	0.2020	0.2088	0.5246	0.5503	0.6300	1.0000	1.2599
Sağlık Alanına Olan Uzaklık	0.2003	0.2615	0.1860	0.1902	0.1664	0.2128	0.3305	0.2817	0.2020	0.2088	0.5246	0.4486	0.5888	0.7937	1.0000



15 anketten, 6 anketin tutarlı olduğu tespit edilmiştir. 6 ankette yer alan karşılaştırma matrislerinin geometrik ortalaması alınarak karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Matrisin her elemanı, sütunların toplamına bölünerek normalize edilmiş matris hesaplanmıştır (Tablo 2).

**Tablo 2:** Normalize edilmiş matris

	Kamu Hizmetlerinden Yararlanma	Parsel Şekli	Depremsellik	Zemin Durumu	Toplam İnşaat Alanı	Parselin Ada İçindeki Konumu	Manzara	Bakı	Eğim	İmar Durumunda Ada Kullanımı	Merkeze Olan Uzaklık	Ana Caddeye Olan Uzaklık	Eğitim Alanına Olan Uzaklık	Yeşil Alana Uzaklık	Sağlık Alanına Olan Uzaklık
Kamu Hizmetlerinden Yararlanma	0.1670	0.1334	0.2582	0.1809	0.1551	0.1672	0.1191	0.1375	0.1860	0.2346	0.1077	0.1183	0.0956	0.0936	0.0926
Parsel Şekli	0.0479	0.0382	0.0231	0.0212	0.0405	0.0212	0.0605	0.0505	0.0256	0.0338	0.0655	0.0673	0.0728	0.0712	0.0704
Depremsellik	0.0563	0.0955	0.0667	0.0719	0.0615	0.1195	0.1078	0.1322	0.0845	0.0448	0.1002	0.1029	0.1030	0.1007	0.0997
Zemin Durumu	0.0632	0.1238	0.0635	0.0686	0.0571	0.1195	0.1078	0.1178	0.0690	0.0407	0.1002	0.1029	0.1007	0.0985	0.0975
Toplam İnşaat Alanı	0.2104	0.1792	0.2117	0.2344	0.1954	0.1525	0.1260	0.1594	0.2225	0.2346	0.1260	0.1153	0.1142	0.1117	0.1105
Parselin Ada İçindeki Konumu	0.0424	0.0765	0.0237	0.0243	0.0545	0.0424	0.0577	0.0505	0.0307	0.0301	0.0926	0.0951	0.0900	0.0881	0.0871
Manzara	0.0390	0.0175	0.0172	0.0177	0.0428	0.0204	0.0277	0.0159	0.0150	0.0242	0.0467	0.0480	0.0576	0.0563	0.0557
Bakı	0.0413	0.0258	0.0172	0.0199	0.0416	0.0286	0.0593	0.0340	0.0209	0.0338	0.0572	0.0588	0.0675	0.0661	0.0654
Eğim	0.0619	0.1031	0.0543	0.0686	0.0606	0.0952	0.1273	0.1123	0.0690	0.0448	0.1002	0.1029	0.0939	0.0918	0.0909
İmar Durumunda Ada Kullanımı	0.0919	0.1463	0.1923	0.2176	0.1073	0.1821	0.1482	0.1300	0.1990	0.1291	0.1008	0.0998	0.0917	0.0897	0.0888
Merkeze Olan Uzaklık	0.0405	0.0153	0.0174	0.0179	0.0405	0.0120	0.0156	0.0156	0.0180	0.0337	0.0262	0.0200	0.0363	0.0355	0.0351
Ana Caddeye Olan Uzaklık	0.0379	0.0153	0.0174	0.0179	0.0455	0.0120	0.0156	0.0156	0.0180	0.0350	0.0353	0.0269	0.0346	0.0338	0.0335
Eğitim Alanına Olan Uzaklık	0.0335	0.0100	0.0124	0.0130	0.0325	0.0090	0.0092	0.0096	0.0139	0.0270	0.0138	0.0148	0.0190	0.0296	0.0313
Yeşil Alana Uzaklık	0.0335	0.0100	0.0124	0.0130	0.0325	0.0090	0.0092	0.0096	0.0139	0.0270	0.0138	0.0148	0.0120	0.0186	0.0232
Sağlık Alanına Olan Uzaklık	0.0335	0.0100	0.0124	0.0130	0.0325	0.0090	0.0092	0.0096	0.0139	0.0270	0.0138	0.0121	0.0112	0.0148	0.0184

Her faktörün satır değerleri toplanarak öncelik vektörü hesaplanmıştır (Tablo 3).

Sonraki aşamada öncelik vektörünün her satırı, karşılaştırma matrisinde karşılık gelen satırdaki değerler ile çarpılarak ‘Tüm Öncelikler Matrisi’ oluşturulmuştur. Tüm öncelikler matrisi, öncelikler vektörüne ayrı ayrı bölünerek oluşturulan matrisin ortalaması alınır. Bu sayede CI hesaplanmıştır.

CI’nın, rastgele değer indeksine oranıyla tutarlılık oranı hesaplanmıştır (Tablo 4). Anket çalışmasının tutarlılık oranı, 0.05 olarak hesaplanmıştır. AHS’ye göre tutarlılık oranının 0.10’dan büyük olduğu durumda yeniden değerlendirme yapılması

gerekmektedir. Hesaplanan tutarlılık oranı, sınır değerden küçük olduğu için anket çalışması tutarlı kabul edilmiştir. Sonuç olarak arsa değerine etki eden faktörlerin ağırlıklarının belirlenmesi aşaması sona ermiştir.

**Tablo 3: Öncelik vektörü**

Faktör	Ağırlık Oranı (%)
Kamu Hizmetlerinden Yararlanma	15.00
Parsel Şekli	4.70
Depremsellik	9.00
Zemin Durumu	8.90
Toplam İnşaat Alanı	16.70
Parselin Ada İçindeki Konumu	5.90
Manzara	3.30
Bakı	4.20
Eğim	8.50
İmar Durumunda Ada Kullanımı	13.40
Merkeze Olan Uzaklık	2.50
Ana Caddeye Olan Uzaklık	2.60
Eğitim Alanına Olan Uzaklık	1.90
Yeşil Alana Uzaklık	1.70
Sağlık Alanına Olan Uzaklık	1.60

**Tablo 4: Rastgele değer indeksi tablosu**

Karar Alternatif Sayısı	Rastgele Değer İndeksi
1	0.00
2	0.00
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41
9	1.45
10	1.49
11	1.51
12	1.48
13	1.56
14	1.57
15	1.59

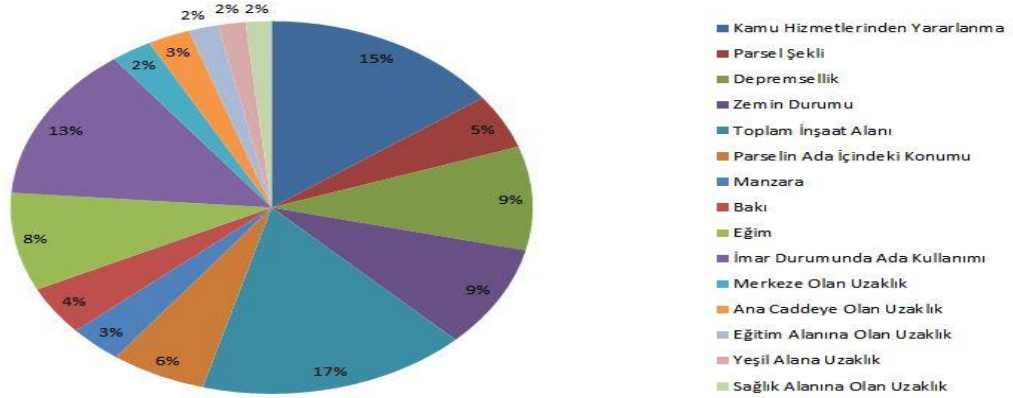
Anket çalışması sonucunda belirlenen faktörlerin ağırlıkları; %16.7 toplam inşaat alanı, %15.0 kamu hizmetlerinden yararlanma, %13.4 imar durumunda ada kullanımı, %9.0 depremsellik, %8.9 zemin durumu, %8.5 eğim, %5.9 parselin ada içindeki konumu, %4.7 parsel şekli, %4.2 bakı, %3.3 manzara, %2.6 ana caddeye olan uzaklık, %2.5 merkeze olan uzaklık, %1.9 eğitim alanına uzaklık, %1.7 yeşil alana uzaklık ve %1.6 sağlık alanına uzaklık şeklindedir. Arsa değerine etki eden faktörlerin oransal dağılımı Şekil 2'de verilmektedir.

### 3. Uygulama

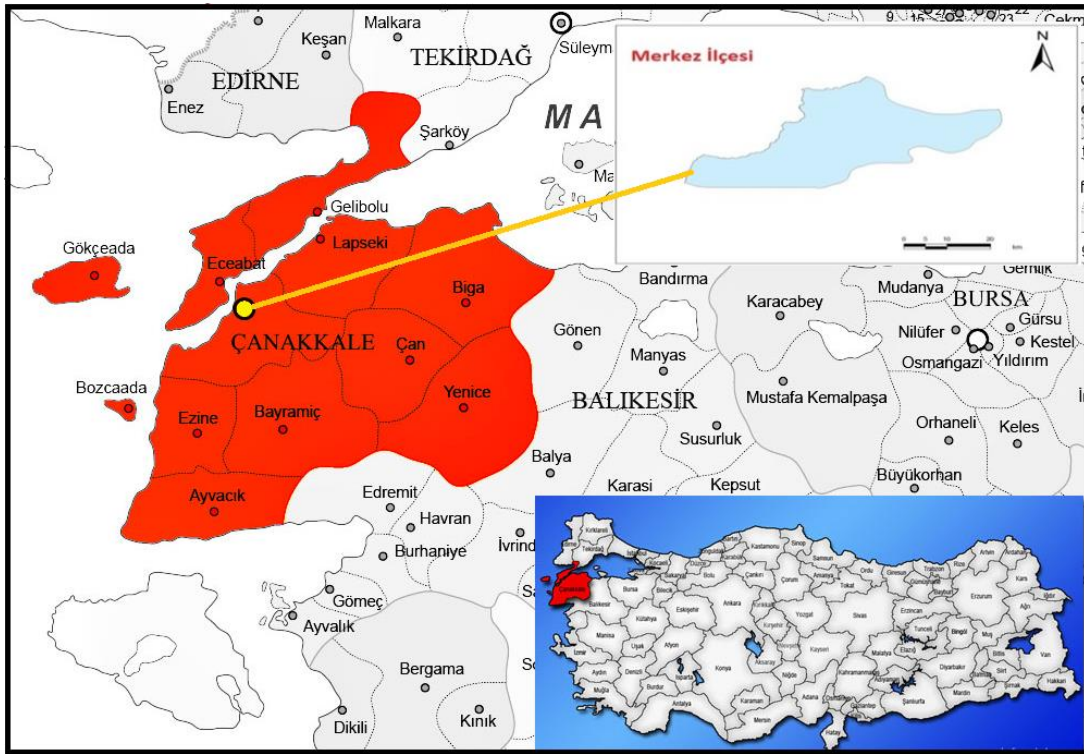
#### 3.1 Çalışma Alanı

Çalışma, Çanakkale ili, Merkez ilçesi, Esenler Mahallesi sınırları dahilinde gerçekleştirilmiştir. Esenler Mahallesi, 26° 24' - 26° 26' doğu meridyenleri ile 40° 9' - 40°10' kuzey paralelleri arasında konumlanmıştır. Esenler Mahallesi, Merkez ilçenin gelişmekte olan, planlı ve tercih edilen bir bölgesidir. Çalışma alanı, Merkez ilçenin topoğrafik açıdan eğimi az olan

bölgesidir (Şekil 3). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü bilgilerine göre Esenler Mahallesi'nde heyelan riski bulunmamaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre, Esenler Mahallesi'nin nüfusu 2007 yılında 15 629 iken 2018 yılında 28 394'tür. Verilere göre Esenler Mahallesi'nin nüfusu 2013 yılından sonra sürekli artış göstermiştir.



Şekil 2: Arsa değerine etki eden faktörler



Şekil 3: Çalışma alanı

1915 Çanakkale Köprüsü'nün proje aşaması ile başlayan ve nitelikli inşaatına başlanması ile devam eden süreçte Çanakkale ili taşınmaz değerlendirme alanında giderek önem kazanmıştır. Bölgeyle ilgili değer analizlerine ihtiyaç artmıştır. Bu ihtiyaçtan yola çıkılarak Çanakkale ilinin en hızlı gelişim gösteren bölgesi seçilerek değer haritası oluşturulması amaçlanmıştır (Şekil 4). Ayrıca Karacaören Köyü'nün belirli bir kısmının 1/1000 ölçekli uygulama imar planına dahil edilmesiyle birlikte bölge değer kazanmıştır. Bölgede yer alan caddelerin ticari faaliyet kazanması ile birlikte bölge gelişim göstermiştir. Bölgede yapılaşma koşullarının değişmesi ile konut alanında on kata kadar yapı yapılabilmesi ile yapısız arsalar değer kazanmıştır. Çanakkale ilini kapsayan konut projelerinin bu bölgede artış gösterdiği tespit edilmiştir. Özellikle Ahmet Piriştina Caddesi'ne yakın bir konumda 2017 yılından itibaren 15 adet sitenin inşaatına başlanmıştır. Ancak, inşaat sektöründe yaşanan durgunluk

ile birlikte bölgenin kazandığı ivme yavaşlamıştır. 2018-2019 yıllarında konut projeleri tamamlanmıştır. Karacaören Caddesi'ne yakın konumda bulunan bölgede toplamda 5 adet nitelikli site ise proje aşamasındadır.

### 3.2 Araştırma Bulguları

Çalışma alanı olarak belirlenen Esenler Mahallesi'nde yer alan arsaların değer haritası oluşturulması işleminde ilk olarak bölgede yer alan yapısız, arsa vasıflı parseller belirlenmiştir. Öncelikli olarak Google Earth programı kullanılarak yapısız parseller belirlenmiştir. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) Parsel Sorgulama Uygulaması'nda belirlenen alanların, ada/parsel bilgilerine ulaşılmıştır. Sahada belirlenen parsellerin yerinde tespit işlemi yapılarak parsellerin güncel durumları belirlenmiştir. Sonuç olarak bölgede 87 adet yapısız parsel tespit edilmiştir.

NetCad 5.1 GIS programında bölgenin kadastral altlığı oluşturulmuştur. 2019 yılına ait TKGM Parsel Sorgulama Uygulaması'nda parsellere ait 'Geo Json' verileri indirilerek NetCad 5.1 GIS programında yer alan makro uygulaması ile kadastral verilerde eksik olan parseller düzenlenmiştir. Bölgeyle ilgili yeşil alanlar, eğitim alanları, parsellerin şekli, depremsellik, zemin durumu gibi faktörlerin konumsal ve öznitelik verileri toplanmıştır. ArcGIS 10.5 yazılımında mesafe analizi işlemleri gerçekleştirilerek eğitim, sağlık, merkez, yeşil alan ve ana caddelere olan mesafe faktörleri ile ilgili veriler elde edilmiştir.

Belirlenen yapısız parsellerin öznitelik tablosu oluşturma işlemi Excel programında gerçekleştirilmiştir. Çanakkale Belediyesi Kent Rehberi'nden yararlanarak parsellerin 1/1000 ölçekli uygulama imar planı kapsamında lejantları ve yapılaşma koşulları verilerine ulaşılmıştır. Toplam inşaat alanı ve imar durumunda ada kullanımı faktörleri uygulama imar planına göre öznitelik tablosuna eklenmiştir (Şekil 5). Depremsellik faktöründe Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından hazırlanan Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif WEB Uygulaması'nda yer alan PGA45 verisi referans alınmıştır. Zemin durumunda, bölgede bulunan zemin sınıfları, heyelan risk alanları ve sınılaşma durumları göz önünde bulundurulmuştur. Esenler Mahallesi'nde mevcut durumda bulunan kamu hizmetleri tespit edilmiştir. Tespit edilen kamu hizmetleri doğalgaz, kanalizasyon, elektrik, yol ve sudur. Belirlenen parsellerin hepsi, kamu hizmetlerinin tamamından yararlanmaktadır. Kamu hizmetlerinden yararlanma faktöründe öznitelik tablosuna eş değer veri girişi yapılmıştır. Parsel şekli faktöründe, parsellerin kırık köşe sayıları öznitelik tablosunda veri olarak tanımlanmıştır. Parsellerin konumlu olduğu ada içerisinde köşe veya ara parsel olup olmadığı tespit edilmiştir. Esenler Mahallesi'nde, denize yakın konumda bulunan parsellerde bulunan çok katlı apartmanların üst katlarında kısmi deniz manzarası bulunmaktadır. Bölgede belirlenen yapısız parsellerin deniz manzarası bulunmamaktadır. Manzara durumu faktörü göz önünde bulundurulduğunda öznitelik tablosuna eş değer veri girişi yapılmıştır. Öznitelik tablosu belirtilen faktörler göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. NetCad 5.1 GIS ortamında düzenlenen projede yer alan parseller; yapılı parseller, yapısız parseller ve kamu alanı olarak sınıflandırılmıştır. ArcGIS 10.5 programında oluşturulan öznitelik tablosu ile konumsal veri eşleştirilmiştir.

İmar durumunda ada kullanımı, parsellerin 1/1000 ölçekli uygulama planına göre yer aldıkları lejanta göre sınıflandırılmıştır. Kamu alanlarına '0' puan değeri, konut alanlarına '50' puan değeri ve ticaret alanlarına '100' puan değeri verilerek yeniden sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Depremsellik faktörü için ise Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından oluşturulan Türkiye Deprem Tehlike Haritası ve İnteraktif Web Uygulaması'na göre parsellere ait yer ivmeleri sorgulanmıştır. PGA45 değerleri 0.305-0.309 değerleri arasında değişiklik göstermektedir. Belirlenen aralık 2. derece olarak sınıflandırılmaktadır. Bu sebeple parsellere ait depremsellik faktörü eşit şekilde puanlandırılmıştır.

Zemin durumu, çalışma alanının jeolojik durumu, zemin sınıfı, sınılaşma durumu ve heyelan riski alt başlığında incelenmiştir. Bölgeye ait sınılaşma tehlikesi ve heyelan riski bulunmamaktadır (Çavuş, 2014). Esenler Mahallesi, bölgeye ait jeoloji haritasına göre bölgenin tamamı homojen şekilde Çarmakdere Üyesi pekleşmiş alt kesim (Tçç1) ile Çarmakdere Üyesi

pekleşmemiş üst kesimden (Tçç2) oluşmaktadır (Şekil 6). Çanakkale şehir yerleşimi dahilinde risk alanları analiz çalışmasında Çanakkale ili, Merkez ilçesinde 4 ayrı risk bölgesi tanımlanmıştır. Çalışma alanı, zemin durumu göz önünde bulundurulduğunda en az riskli bölgede yer almaktadır (Bekler, 2015). Zemin durumu faktörü de eşit şekilde puanlandırılmıştır.



Şekil 4: Yapılı, yapısız ve kamu alanında yer alan parseller

Eğim faktörü için çalışma alanına ait sayısal yükseklik modeli kullanılarak ArcGIS 10.5 programında eğim haritası oluşturulmuştur. Eğim durumları, 0-40 ile sınıflandırılmıştır. Yeniden sınıflandırma işlemi yapılarak 4 ayrı sınıf oluşturulmuştur. Eğim oranları ile puan değerleri ters orantılı olacak şekilde puanlama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Bakı faktörü için çalışma alanına ait sayısal yükseklik modeli kullanılarak ArcGIS 10.5 programında bakı haritası elde edilmiştir. Parseller; kuzey, kuzeydoğu-kuzeybatı, güney, güneybatı-güneydoğu ve doğu-batı yönleri olarak sınıflandırılmıştır. Güney yönüne en yüksek değer verilecek şekilde kuzey yönüne doğru puanlama işlemi gerçekleştirilmiştir. CBS yazılımında elde edilen sayısal yükseklik modeli, bakı ve eğim haritaları sırasıyla Şekil 7'de verilmektedir.

Parselin ada içerisindeki konumu değerlendirilirken köşe parsel ya da ara parsel olma durumlarına göre yeniden sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Köşe parseller için '100' değeri, ara parseller için '0' değeri verilerek puanlama işlemi yapılmıştır.

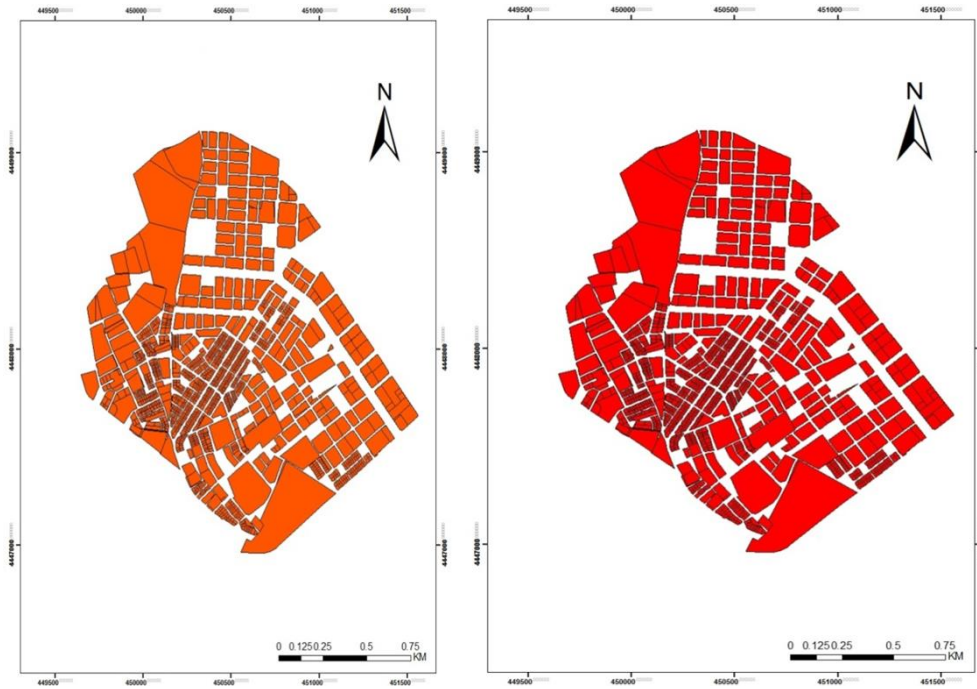


Şekil 5: Toplam inşaat alanı

Kamu hizmetlerinden yararlanma faktörü değerlendirilirken doğalgaz, elektrik, yol, kanalizasyon hizmetlerinden yararlanma durumları göz önünde bulundurulmuştur. Bölgede yer alan tüm parseller, kamu hizmetlerinin tamamından yararlanmaktadır. Parseller, eş değer şekilde sınıflandırılmıştır. Proje kapsamına yeni parsellerin eklenmesi durumunda puanlama hesabı Eşitlik 2 ile yapılabilir. Puanlandırma yararlanılan hizmet için '100' puan, yararlanılmayan hizmet için '0' puan şeklinde yapılmıştır (Yomralıoğlu, 1997). Eşitlikte geçen  $Vu_{\text{Kamu Hiz.}}$  değeri, mevcut kamu hizmetlerinin değere etkisini göstermektedir.

$$Vu_{\text{Kamu Hiz.}} = [TP] / KH \quad (2)$$

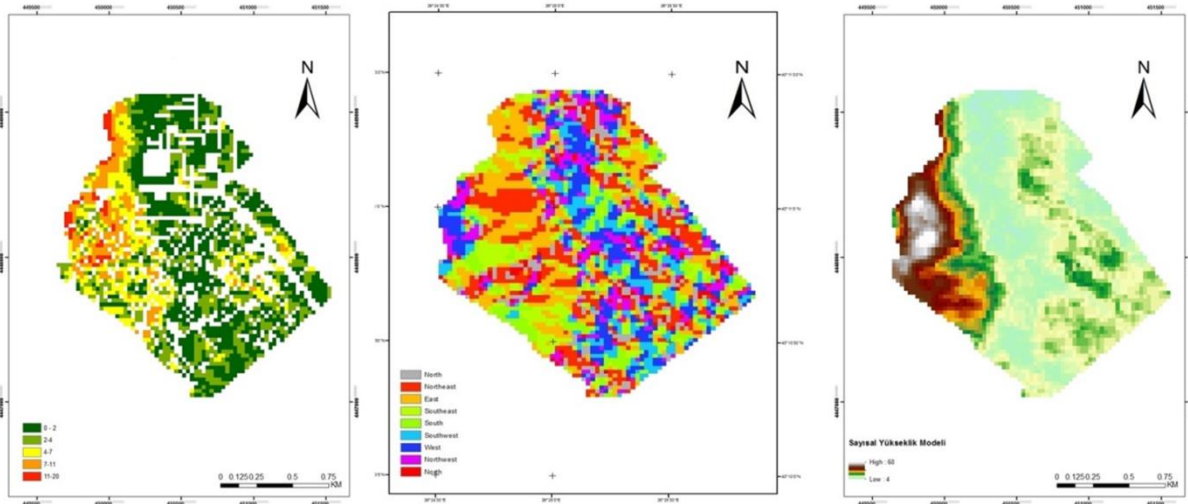
KH: Kamu Hizmetleri Sayısı, TP: Toplam Puan



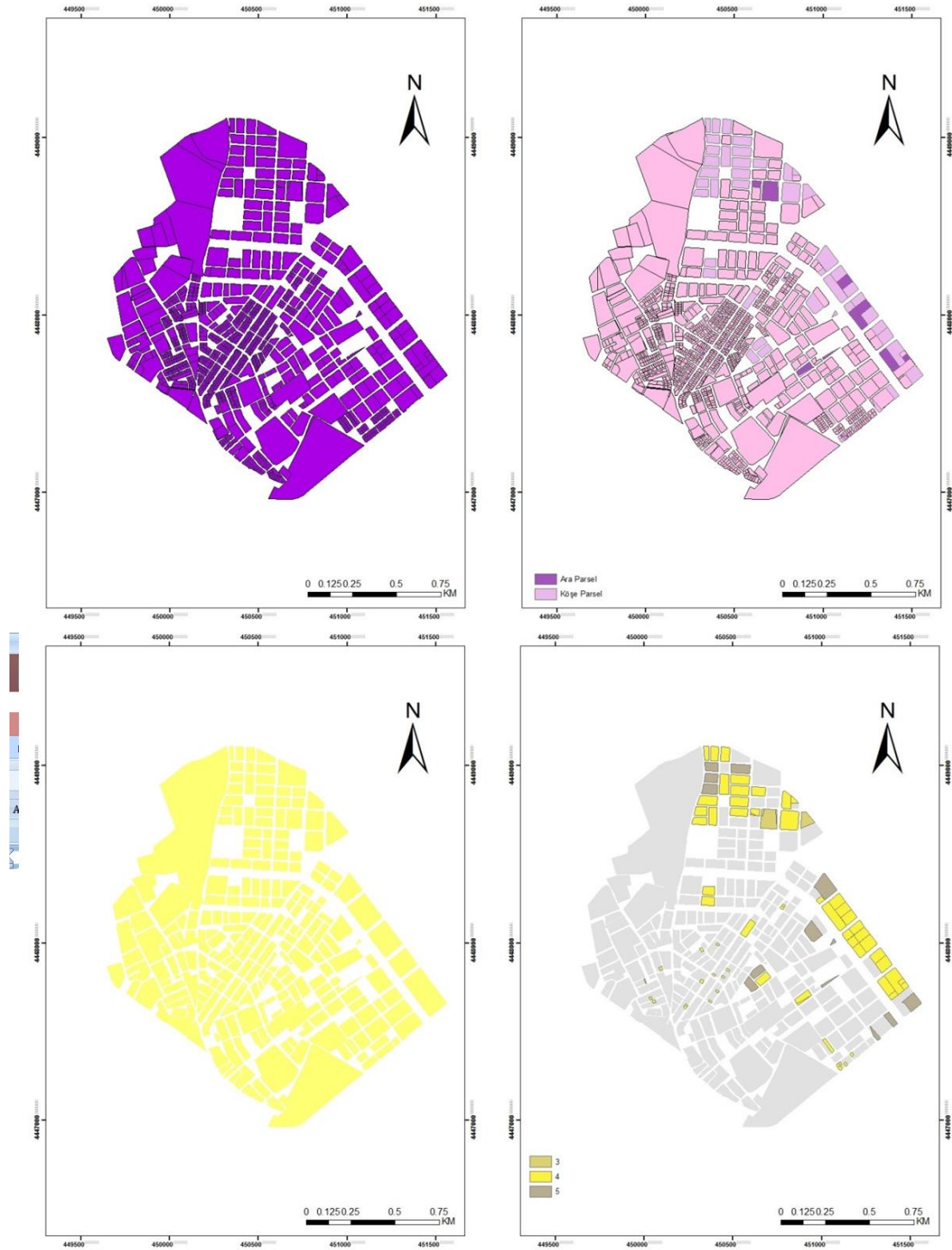
Şekil 6: Zemin durumu ve depremsellik haritaları

Esenler Mahallesi'nin batı cephesinde yer alan parsellerde deniz manzarası bulunmaktadır. Çalışma kapsamında bulunan parsellerin denize uzak konumda olması sebebiyle açık deniz manzarası bulunmamaktadır. Tüm parseller için eş değer puanlama işlemi gerçekleştirilmiştir.

Parsellerin köşe sayıları göz önünde bulundurularak 3, 4 ve 5 olarak öznitelik tablosuna veri girişi yapılmıştır. Tüm şartların aynı olması durumunda 4 köşesi bulunan parselin, inşaat ve proje maliyetlerinin daha az olması sebebiyle tercih edilebilirliği daha fazladır. Kamu hizmetlerinden yararlanma, parsel şekli, manzara durumu ve parselin ada içerisindeki konumuna ait haritalar Şekil 8'de verilmektedir.



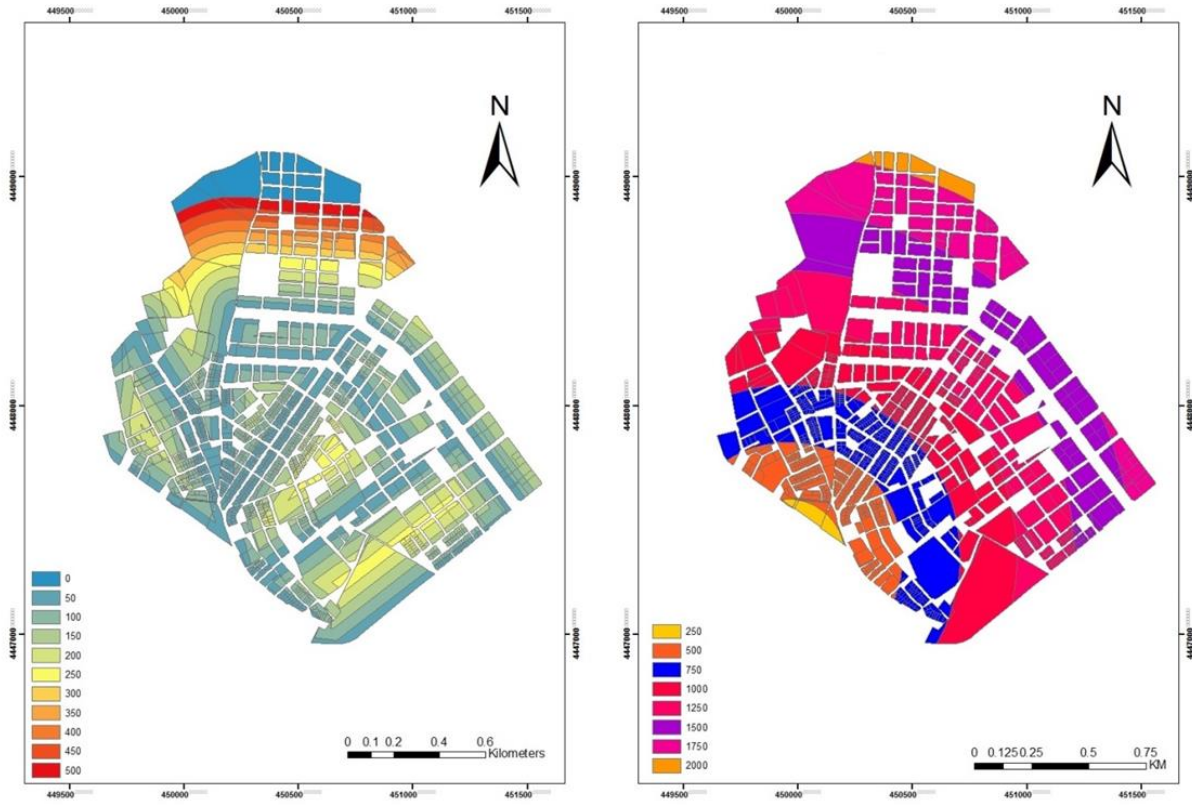
Şekil 7: Sayısal yükseklik modeli, bakı ve eğim haritaları



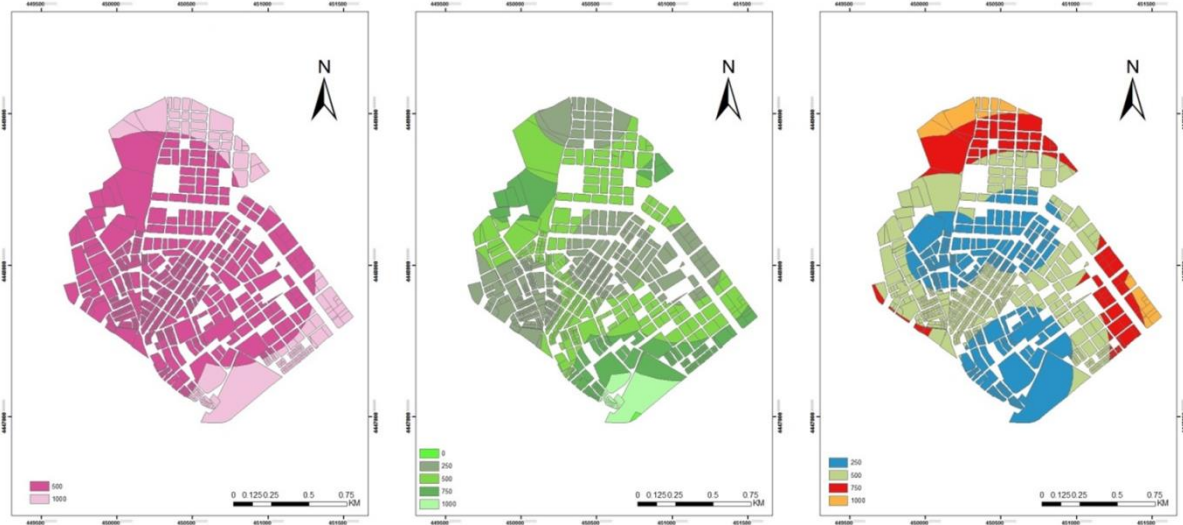
**Şekil 8:** Kamu hizmetlerinden yararlanma, parsel şekli, manzara durumu ve parselin ada içerisindeki konumuna ait haritalar

Ana caddeye uzaklık faktöründe bölgede yer alan caddelere olan uzaklıklar 0-500 metre aralığı referans alınarak mekânsal analiz işlemi gerçekleştirilmiştir. Söz konusu parametreler için elde edilen uzaklık haritaları Şekil 9'da verilmektedir. Çanakkale İskelesi merkez olarak kabul edilmiştir. Merkeze olan uzaklık ile ters orantılı olacak şekilde puanlama işlemi gerçekleştirilerek parseller 5 sınıfa ayrılmıştır. Yine ayrıca eğitim, sağlık ve yeşil alanların da parametre olarak kullanılarak elde edildiği haritalar Şekil 10'da verilmektedir.



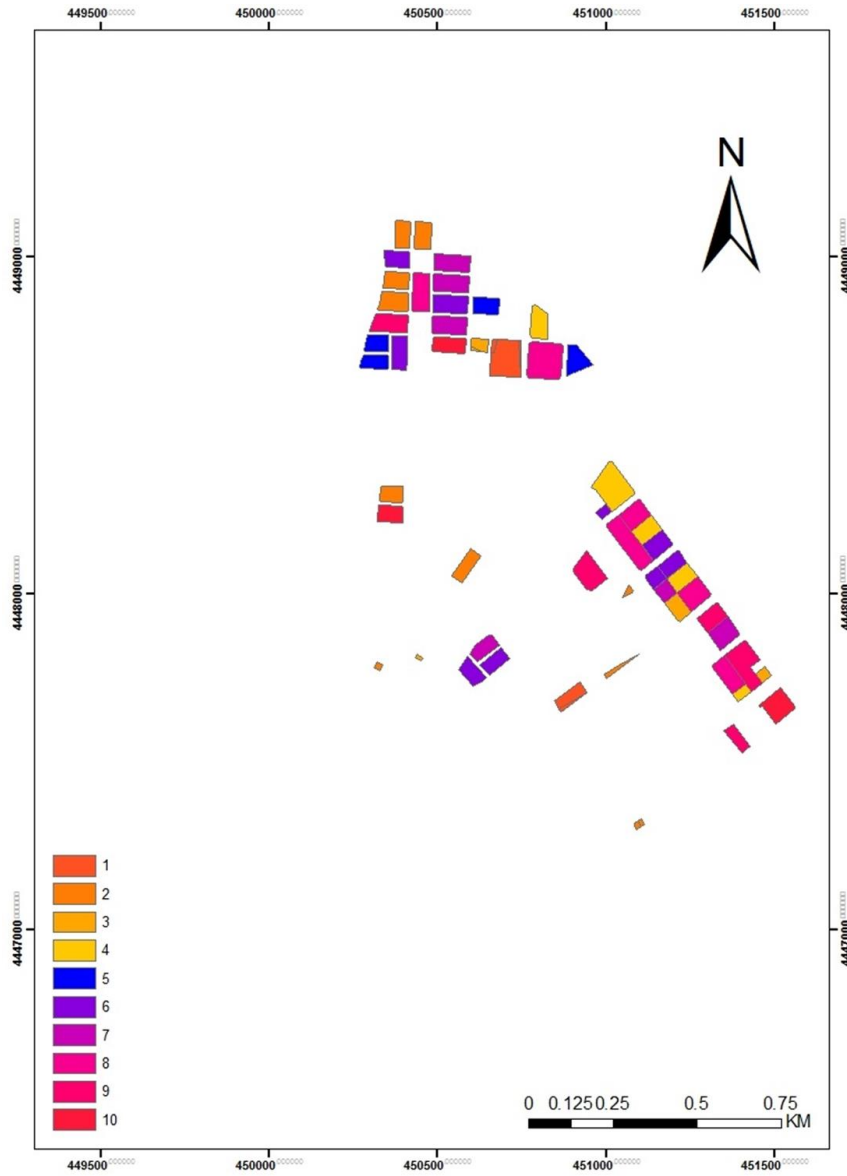


Şekil 9: Ana caddeye ve merkeze uzaklık haritaları



Şekil 10: Eğitim, sağlık ve yeşil alanlara olan uzaklık haritaları

Son olarak arsa değerine etki eden faktörlerin ağırlıkları göz önünde bulundurularak, tüm faktörlere ait haritalar ile ağırlıklı toplam aracı kullanılarak işlem gerçekleştirilmiştir. Arsa değerine etki eden faktörlerin ağırlıkları ve puanlama yöntemi ile parsel atan puanlar göz önünde bulundurularak parselin değerine ulaşılmıştır. Elde edilen sonuç raster verisi, alan verisine dönüştürülmüştür. Sonrasında benzer özelliklere ait veriler bir araya getirilmiştir. Sonuç olarak bölgedeki yapısız parsellere ait değer haritası üretilmiştir. Parseller sonuç puanlarına göre 10 sınıfa ayrılmıştır. Yeniden sınıflandırma işlemi 10. sınıf en yüksek puanlı parsel olacak şekilde yapılmıştır. Belirtildiği gibi bu noktaya kadar çalışılan tüm parametrelerin ele alınarak çalışma alanında yer alan yapısız parsellere ait değer haritası ArcGIS 10.5 programında elde edilmiştir ve 10 farklı sınıfta Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11: Çalışma alanında yer alan yapısız parsellere ait değer haritaları

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Taşınmaz değerlendirme; bankacılık alanında finansman ve kredilendirme işlemleri, intikal davaları, vergilendirme ve sigortacılık işlemleri, kamulaştırma işlemleri, yatırım amaçlı işlemler gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Belirtilen bu alanlarda kullanılan taşınmaz değerlemede en önemli amaç taşınmazın gerçek değerine ulaşabilmektir. Bu sebeple taşınmaz değerlendirme için bir sistem oluşturulması önem arz etmektedir.

Ülkemizde taşınmaz değerlendirme alanında taşınmazın değerine etki eden faktörlerle ilgili belirli bir standart oluşturulamamıştır. Bu sebeple taşınmazın değeri; değerlendirme uzmanlarına, değerlendirme şirketlerine ve banka standartlarına göre değişiklik göstermektedir.

Çalışma kapsamında çalışma alanı olarak seçilen Esenler Mahallesi'nde yer alan 87 adet arsayı kapsayan değer haritasının üretilmesi amaçlanmıştır. İlk aşama olarak arsa vasıflı taşınmazların değerini etkileyen faktörler belirlenmiştir. Belirlenen faktörlerin ağırlıklarının hesaplanması için AHS'ye göre anket formu oluşturulmuş ve bu form gayrimenkul değerlendirme uzmanları tarafından cevaplanmıştır.

Anket çalışması sonucunda belirlenen faktörlerin ağırlıkları; %16.7 toplam inşaat alanı, %15.0 kamu hizmetlerinden yararlanma, %13.4 imar durumunda ada kullanımı, %9.0 deprensellik, %8.9 zemin durumu, %8.5 eğim, %5.9 parselin ada içindeki konumu, %4.7 parsel şekli, %4.2 bakı, %3.3 manzara, %2.6 ana caddeye olan uzaklık, %2.5 merkeze olan uzaklık, %1.9 eğitim alanına uzaklık, %1.7 yeşil alana uzaklık ve %1.6 sağlık alanına olan uzaklık şeklinde bulunmuştur. Bu faktörler haritalanmış ve ağırlık oranları dikkate alınarak Çanakkale ili, Merkez ilçesi, Esenler Mahallesi'nde yer alan yapısız parsellerin değer haritası üretilmiştir. Taşınmaz değerlemenin CBS ile ortak bir şekilde kullanılması objektif ve spekülasyon olmayan gerçek değere daha hızlı ve daha güvenilir bir şekilde ulaşılmasını sağlamaktadır. Taşınmazların değerine etki eden faktörler ve faktör ağırlıklarının standartlaşması değerlendirme uzmanlarının objektif bir şekilde değerlendirme yapmasını sağlar.

Ülke genelinde CBS ile birlikte değer haritaları üretilerek taşınmaz değerlendirme sisteminin oluşturulması önem arz etmektedir. Taşınmaz değerlendirme sistemi ile birlikte veri tabanı oluşturulabilecektir. Oluşturulan veri tabanı ile geçmiş yıllara ait sorgulamalar yapılabilecektir. Bölgelere ait gelişmeler analiz edilebilecektir. Taşınmaz değerlendirme çalışmalarında zaman ve emek kaybının önüne geçilebilecektir. Güncellenebilir bir taşınmaz değerlendirme sistemi ile birlikte bölgelere ait değişiklikler belirlenerek, değer artışına veya azalmasına neden olabilecek yerel faktörler göz önünde bulundurulabilecektir. Örneğin imalatı sürmekte olan 1915 Çanakkale Köprüsü Çanakkale'nin birçok bölgesinde taşınmaz değer artışına neden olan yerel bir faktör olarak gösterilebilir. Taşınmaz değerlendirme sistemi ile birlikte alım-satım yoğunluğunun yıllara dönük analizi gerçekleştirilebilecek ve yatırım amaçlı işlemlerde yapılacak olan değerlendirmede kolaylık sağlanabilecektir.

CBS tabanlı taşınmaz değerlendirme sistemi ile birlikte tüm resmî kurumlara ait verilerin bir araya getirilmesi ve kolay ulaşılabilmesi sağlanabilecektir. Güncel olarak taşınmazların satış değerleri sisteme eklenebilecek ve veri tabanı oluşturulabilecektir. Sistem ile birlikte gayrimenkul değerlendirme uzmanları verilere daha kolay ulaşabilecektir. Kullanılan değerlendirme yöntemine göre sonuçlar farklılık göstermekle birlikte daha hızlı ve daha güvenilir bir şekilde değer takdir yapılabilir. Ayrıca değer haritaları ile birlikte mekânsal analizler gerçekleştirilebilecektir.

## Teşekkür

Makale değerlendirme sürecinde çalışmanın bilimsel yönden geliştirilmesine çok değerli, faydalı öneri ve yorumlarıyla katkı sağlayan üç hakeme ve ayrıca yardımları ve yapıcı yorumları için derginin sorumlu editörüne teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Akgün, A.A., Alkay, E., Kerimoğlu, E., Koramaz, T.K., Kundak, S., Okumuş, G. & Özçevik, Ö. (2014). *Şehir Planlamada Analiz ve Değerlendirme Teknikleri* (s. 132-147). Literatür Yayıncılık.
- Alonso, J. A., & Lamata, M. T. (2006). Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach. *International journal of uncertainty, fuzziness and knowledge-based systems*, 14(04), 445-459.
- Bahar, M.E. (2007). *Taşınmaz Değerlemesinde CBS'nin Kullanım Olanakları* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Bekler, T. (2015). Alüvyon zemin tepkisinin jeofizik ve geoteknik yöntemlerle incelenmesi ve yerleşime uygunluk: Çanakkale şehri örneği. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, 14-16.
- Ciritci, D., & Türk, T. (2019). Alternatif katı atık depolama alanlarının analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri ile otomatik olarak belirlenmesi: Sivas ili örneği. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 6(1), 61-74.
- Çakır, P., & Sesli, F.A. (2013). Arsa vasıflı taşınmazların değerine etki eden faktörlerin ve bu faktörlerin önem sıralarının belirlenmesi. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5(3), 1-16.
- Çavuş, C. Z. (2014). *Çanakkale Boğazı Doğusunda Arazi Kullanımı Uygunluğunun Yerleşme İçin Değerlendirilmesi* (Doktora Tezi).

- Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, Türkiye.
- Derinpinar M.A. (2014). *Bulanık Mantık ile Coğrafi Bilgi Teknolojileri Kullanarak Taşınmaz Değerlemesi: Sarıyer-İstanbul Örneği* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Deveci, E., & Yılmaz, İ. (2009). Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Taşınmaz Mal Değerlemesi: Afyonkarahisar İl Merkezi Örneği. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1(1), 33-47.
- Döner, S. (2010). *CBS Destekli Taşınmaz Mal Değer Haritalarının Oluşturulması* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Esogbue, A. O., Theologidu, M., & Guo, K. (1992). On the application of fuzzy sets theory to the optimal flood control problem arising in water resources systems. *Fuzzy Sets and Systems*, 48(2), 155-172.
- Görener, A. (2014). Depolama Faaliyetleri İçin Lojistik Servis Sağlayıcı Seçiminde Önemli Değerlendirme Kriterlerinin Belirlenmesi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 10(22), 173-191.
- Lai, S. (1995). Preference-based Interpretation of AHP. *International Journal of Management Science*, 23(4): 453-462.
- Leung, P., Muraoka, J., Nakamoto, S. T., & Pooley, S. (1998). Evaluating fisheries management options in Hawaii using analytic hierarchy process (AHP). *Fisheries Research*, 36(2-3), 171-183.
- Mete, M. (2019). *Coğrafi Bilgi Sistemleri ile İstanbul İli Nominal Taşınmaz Değer Haritasının Oluşturulması* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Nişancı, R. (2005). *Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Nominal Değerleme Yöntemine Dayalı Piksel Tabanlı Kentsel Taşınmaz Değer Haritalarının Üretilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye.
- Özfidan, F. (2008). *Taşınmaz Değerlemesi Bilgi Sistemi Tasarımı ve Uygulaması: Yenişehir Örneği* (Yüksek Lisans Tezi). Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, Türkiye.
- Saaty, T. (1980). The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting. *Resource Allocation*. New York: McGraw-Hill.
- Stylianidis, E., Roustanis, T., & Karanikolas, N. (2009). A Geographical Information System for real estate (GEOVAL). In *Location Based Services and TeleCartography II* (s. 317-329). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Timor, M. (2011). *Analitik Hiyerarşi Prosesi* (s. 301). İstanbul.
- Timur, S. (2009). *Coğrafi Bilgi Sistemleri Destekli Taşınmaz Değer Haritalarının Oluşturulması: İstanbul İli, Şişli İlçesi Örneği* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Torun, M.K. (2009). *Taşınmaz Değer Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Üretilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Turan, G. (2014). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*. Bursa.
- Tsai, W. H., Leu, J. D., Liu, J. Y., Lin, S. J., & Shaw, M. J. (2010). A MCDM approach for sourcing strategy mix decision in IT projects. *Expert Systems with Applications*, 37(5), 3870-3886.
- Ünlü, S. (2010). *Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımı ile Taşınmaz Değer Haritalarının Oluşturulması ve Eskişehir Örneği* (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- Yacim, J. A., & Boshoff, D. G. B. (2018). Impact of artificial neural networks training algorithms on accurate prediction of property values. *Journal of Real Estate Research*, 40(3), 375-418.
- Yener, S. (2017). *Gayrimenkul Değerlemesinde Değer Haritalarının Oluşturulması ve Haritalar Yardımıyla Gayrimenkul Değerinin Tespit Edilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Yılmaz, A. (2011). *Çok Ölçütlü Karar Destek Sistemleri ile Taşınmaz Değerleme ve Oran Çalışması* (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Yomralıoğlu, T. (1997). Eşdeğer İlkesine Dayalı Arsa ve Arazi Düzenlemesi Modeli. *JEFOD Kentsel Alan Düzenlemelerinde İmar Planı Uygulama Teknikleri*, 139-152.
- Yomralıoğlu, T., Nişancı, R., & Uzun, B. (2007). Raster Tabanlı Nominal Değerleme Yöntemine Dayalı Arsa-Arazi Düzenlemesi Uygulaması, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*.
- Yomralıoğlu, T. (2015). *Coğrafi Bilgi Sistemleri* (6. Baskı, s. 479). İstanbul.
- Zeng, T. Q., & Zhou, Q. (2001). Optimal spatial decision making using GIS: a prototype of a real estate geographical information system (REGIS). *International Journal of Geographical Information Science*, 15(4), 307-321.

## Arazi ve arsa düzenlemelerinin geri dönüşüm işlemlerinde yargı kararlarına dayalı öneriler

Sinem Hacıosmanoğlu<sup>1\*</sup> , Hülya Demir<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Ataşehir Belediyesi, Ataşehir, İstanbul, Türkiye.

<sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Davutpaşa Kampüsü, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Esenler, İstanbul, Türkiye.

**Öz:** İmar planının hayata geçirilmesi aşamasında yapılan hukuki ve teknik hatalar ile eksiklikler, arazi ve arsa düzenleme (AAD) çalışmalarının idari yargıda açılan davalar sonucunda iptal edilmesine sebep olmaktadır. Öyle ki, ilgisi tarafından açılan davalar sonucunda yıllar geçtikten sonra bile yürütmeyi durdurma ve iptal kararları verilebilmektedir. AAD'yi yapan idareler ile düzenleme sonuçlarının kontrol ve tescil edildiği kadastro ve tapu müdürlükleri, AAD'nin iptali ardından yapılacak işlemler konusunda tereddütler yaşamaktadır. Bu nedenle iptal sonrası yapılacak geri dönüş işleminin doğru bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için yol göstericinin olması oldukça önemlidir. Bu makalede, idari yargı kararı ile AAD'nin iptali sonucu oluşan yeni durumda, uygulayıcıların hukuka uygun bir biçimde geri dönüşüm yapabilmeleri için yol göstermek amaçlanmıştır. Bunun için öncelikle, AAD'nin iptal nedenleri; (1) yetki ve şekil eksikliği, (2) sebep, konu, maksat yönleriyle ele alınmıştır. Daha sonra, sebep, konu, maksat yönleriyle iptal edilen AAD'nin geri dönüşümü sırasında yapılacak işlemler; (1) genel işlemler ve (2) AAD sonrasında bölgede ya da parsellerde, mülkiyet ve/veya zemindeki fiili durum yönünden bir değişiklik yaratan işlemler olarak sınıflandırılarak her biri kendi içinde; (a) idari, (b) teknik, (c) hukuki işlem olup olmamalarına göre gruplandırılarak yargı kararları ışığında incelenmiştir. Sonuç olarak AAD'nin geri dönüşümü işlemlerinde yargı kararlarına dayalı emsal olabilecek durumlar çıkarılmış ve iş süreçleri tanımlanmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Arsa ve arazi düzenlemesi, Arsa ve arazi düzenlemesi iptali, Kök parsel, Kök parsel dönüş, Geri dönüşüm, İmar uygulamalarının geri dönüşümü

### Suggestions on the reversing process of the land readjustment based on judicial decisions

**Abstract:** Legal and technical errors and deficiencies made during the implementation of the development plan may lead to the cancellation of the land readjustment (LR) as a result of the lawsuits filed in the administrative judiciary. So much so that, as a result of the lawsuits filed by the related person, even many years have passed, stay of execution and cancellation decisions can be adopted. Following the cancellation of the LR, corporations/administrations, which prepared the LR project, and the directorates of land registry and cadastre, who are responsible for checking and registering the readjustment results, have hesitations about the actions to be taken. Therefore, it is important to have course of action in order to reverse the process correctly. In this paper, it is aimed to guide the practitioners to perform the reversing process in compliance with the law in the new situation which has occurred as a result of the cancellation of the LR by the administrative justice decision. To this end, first of all, the reasons for the cancellation of LR were discussed in terms of (1) lack of authority and form; (2) reason, subject and purpose. Then, the procedures to be followed during the reversing process of the LR cancelled in terms of reason, subject, purpose were categorized under (1) general procedures and (2) procedures that create a change in the territory or parcels regarding property and/or de facto situation on the soil after the LR, and each were grouped according to whether they were (a) administrative, (b) technical, or (c) legal proceedings and examined in the light of judicial decisions. As a result, precedent cases were determined based on judicial decisions in the reversing process of the LR, and work processes were defined.

**Keywords:** Land readjustment, Cancellation of land readjustment, Root parcel, Reversing to root parcel, Reversing, Reversing of development applications

\* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Tel: +90 216 570 5000/1155

Geliş Tarihi/Received: 13.11.2019

Kabul Tarihi/Accepted: 17.02.2020



## 1. Giriş

Arazi ve arsa düzenleme (AAD) işlemlerinin iptali istemleri, idari yargıda iki aşamada incelenmektedir. İlk olarak, açılan dava için ön koşulların incelenmesi yapılır. Ön koşullar bakımından eksiği bulunmayan davada, bu kez işlemin esasına (özüne) ilişkin incelemeye geçilir. Bu aşamada, AAD işlemlerinin, hukuka aykırılık nedenleri ve hangi açılardan idari işlemin iptal edileceği incelenir. Dava açma ehliyetine sahip davacılar tarafından idari yargılama usulüne uygun şekilde açılan davalarda, AAD işlemi ve dayanağı imar planı esas yönünden incelenebilmektedir.

2577 Sayılı İdari Yargılama Usulü Kanunu'nun "*İdari dava türleri ve idari yargı yetkisinin sınırı*" başlıklı 2'nci maddesinin a bendi uyarınca, idari yargıda yetki, şekil, sebep, konu ve amaç yönlerinden yasanın öngördüğü koşulları taşımadığı saptanan işlem, sakat demektir. AAD işleminin yetki yönünden incelenmesi, kanunların ve uygulama yönetmeliklerinin AAD işlemi yapma yetkisi verdiği idareler ve idarelerin yetki sahaları ile ilgilidir. Şekil yönünden inceleme, bölgede uygulanacak AAD yönteminin belirlenmesi, düzenleme sınırının geçirilmesi, düzenleme ortaklık payı (DOP) oranının belirlenmesi gibi AAD işleminin teknik yönü ile ilgilidir. Sebep yönünden hukuka uygun olması, işlemde AAD ile ilgili hukuk kurallarının öngördüğü şartların bulunmasını gerektirir. AAD işleminin konusu, imar hududu içinde bulunan binalı veya binasız arsa ve arazileri maliklerinin veya diğer hak sahiplerinin onayı aranmaksızın, birbirleri ile, yol fazlaları ile, kamu kurumlarına veya belediyelere ait bulunan yerlerle birleştirmek, bunları yeniden imar planına uygun ada veya parsellere ayırmak, müstakil, hisseli veya kat mülkiyeti esaslarına göre hak sahiplerine dağıtmak ve re'sen tescil işlemlerini yapmaktır. AAD işleminin bu hususlara aykırı şekilde yapılması ya da uygulama/ıslah imar planında öngörülen kullanım amacına uygun olarak yapılmaması, AAD işleminin konu bakımından yanlışlığına sebep olmaktadır. AAD işleminin amacı, tüm idari işlemlerde olduğu gibi kamu yararının sağlanmasıdır. Eğer AAD, siyasi çıkar, kişisel çıkar veya nefret, kin gibi nedenlerle yapılırsa, amaç unsuru yönünden hukuka aykırı hale gelmektedir (Kalabalık, 2014).

Bir bireysel idari işlem olan AAD'nin idari yargıda iptal edilmesi için, tescilin dayanağı olan encümen kararlarının iptal edilmesi gerekmektedir (Köktürk, 2009). AAD işleminin idari yargıda iptal edilmesiyle; AAD işlemi ile oluşan tüm kayıtlar, hukukî dayanaktan ve sebepten yoksun kalmaktadır. Türk Medeni Kanunu'nun "İyi niyetli olmayan üçüncü kişilere karşı" tescilin sonuçlarının açıklandığı 1024'üncü maddesinin 2'nci fıkrasına göre, "Bağlayıcı olmayan bir hukuki işleme dayanan veya hukuki sebepten yoksun bulunan tescil yolsuzdur." AAD işleminin idari yargıda iptali ile birlikte, tapu kütüğündeki kayıt/kayıtlar Türk Medeni Kanunu'nun 1024'üncü maddesine göre "yolsuz tescil" durumuna düşerek geçersiz hale gelir.

Anayasanın 138'nci maddesinin son fıkrasında "...Yasama ve Yürütme Organları ile idare mahkeme kararlarına uymak zorundadır; bu organlar ve idare, mahkeme kararlarını hiç bir suretle değiştiremez ve bunların yerine getirilmesini geciktiremez..." hükmedilmiş; 2577 sayılı İdari Yargılama Usulü Kanunu'nun "*Kararların Sonuçları*" başlıklı 28'nci maddesinin 1'inci fıkrasındaki "...Danıştay, bölge idare mahkemeleri, idare ve vergi mahkemelerinin esasa ve yürütmenin durdurulmasına ilişkin kararlarının icaplarına göre idare, gecikmeksizin işlem tesis etmeye veya eylemde bulunmaya mecburdur. Bu süre hiçbir şekilde kararın idareye tebliğinden başlayarak otuz günü geçemez..." kuralı ile anayasanın 2'nci maddesindeki "*Hukuk Devleti*" ilkesine ve 138'nci maddesine uygun bir düzenleme yapılmıştır. Bu durumda işlemi yapan idare, makul bir süre içerisinde hatalı işlemini düzeltmeli veya geri almalı, yerine hukuka uyarlı işlem tesis etmelidir.

AAD, yetki ve şekil eksikliği yönünden hukuka aykırı bulunarak iptal edildiyse; idarece aynı yolla bir idari karar alınarak bu eksik giderilebilmektedir. Ancak AAD, sebep, konu ve maksat yönlerinden iptal edilmişse; bu durumda işlemin tamamen yok sayılması ve yapıldığı tarihten başlayarak makul bir süre içerisinde ortadan kaldırılması gerekmektedir. AAD'nin tamamı iptal edildiğinde, düzenleme öncesine dönülmesi zeminde fiili yapılaşma henüz oluşmamışsa kolay olmaktadır. Yapılaşmanın

olduğu bölgelerde ise geri dönüş teknik olarak mümkün olmakta, ancak geri dönüş ile birlikte yeni bir AAD yapılmaması halinde uygulama açısından zorluklar yaşanmaktadır. Münferit olarak; tek bir parsel için iptal kararı verildiğinde ise; bu parselin diğerlerinden ayrı tutularak düzenleme öncesine döndürülmesi teknik olarak olanaksızdır. Ancak, yargının iptal kararına kadar geçen süre içinde tapu sicilinde, kat mülkiyeti tesisleri, çeşitli irtifak hakkı tesisleri, malik değişimleri, ipotek tesisleri, bağış, terk gibi taşınmazın hukuki durumu ile maliklerin hisse durumunu değiştiren işlemler olabilmektedir. Yıllar sonra gelen iptal kararının uygulanması aşamasında, bu gibi değişimlerle ilgili olarak mevzuatta herhangi bir düzenleme bulunmadığından, değişimlerin geri dönüşüm cetvellerine nasıl aktarılacağı, dolayısıyla yeni dağıtım cetvellerinin nasıl oluşturulacağı konularında tereddütler oluşabilmektedir.

Danıştay ve Yargıtay dairelerince verilen kararlar, mevzuatta açıkça belirtilmeyen hususlarda emsal ya da içtihat olarak değerlendirilmektedir. AAD'nin hukuka uyarlık taşımadığının tespit edilmesi sonucu yapılacak işlemler konusunda da, Danıştay ve Yargıtay nazarında genel bir düşünce ve içtihat oluşmuş bulunmaktadır. Bu bağlamda makalede, emsal niteliğindeki yargı kararları dikkate alınarak geri dönüşüm işlemindeki önemli hususlara ve karşılaşılan sorunlara çözüm önerileri getirmek amaçlanmıştır.

## 2. Yöntem

İlk aşamada, AAD'nin iptal nedenleri; (1) yetki ve şekil eksikliği, (2) sebep, konu, maksat yönleriyle ele alınmıştır. İkinci aşamada, iptal edilen AAD'nin geri dönüşümü sırasında yapılacak işlemler; (1) genel işlemler ve (2) AAD sonrasında bölgede ya da parsellerde, mülkiyet ve/veya zemindeki fiili durum yönünden bir değişiklik yaratan işlemler olarak sınıflandırılarak her biri kendi içinde; (a) idari, (b) teknik, (c) hukuki işlem olup olmamalarına göre aşağıdaki biçimde gruplandırılmıştır:

### (1) Genel işlemler

#### (a) İdari işlemler

1. Mahkeme kararının tebliğinden itibaren 30 gün içinde iptal kararının uygulanması
2. AAD'nin iptal kararının idarece yerine getirilmesi mecburiyeti
3. İdarenin onay kurulu kararının 2981 sayılı Kanun'un 10'uncu maddesinin (b) bendine göre alınmış olması durumunda geri dönüşüm
4. AAD işlemi parsel bazında sebep, konu ve maksat yönlerinden iptal edilmişse yapılması gerekenler
5. İmar planı iptallerinde AAD'nin de iptal olup olmayacağı
6. İdarelerin geri dönüşüm işleminden sonra yeni bir AAD yapma mecburiyeti olup olmadığı

#### (b) Teknik işlemler

1. Geri dönüşüm işlemi yapmadan, mevcut imar parselleri üzerinden yeni bir uygulama yapılıp yapılamayacağı
2. Bağışların ve rızai terklerin geri dönüşümü
3. Kamusal ortaklık payına (KOP) giden kısmın geri dönüşümü
4. Geri dönüşüm hesapları ile kadastral parseldeki yüz ölçümün uyuşmaması durumunda geri dönüşüm

## (c) Hukuki işlemler

1. İkinci AAD işlemi yapılması koşulları
2. İdarece iptal kararının gereği yapılmazsa ilgisince yapılacak işlem
3. İptal kararı gereğince tapu müdürlüğünce işlemin düzeltilip düzeltilemeyeceği

(2) AAD sonrasında bölgede ya da parsellerde, mülkiyet ve/veya zemindeki fiili durum yönünden bir değişiklik yaratan işlemler:

## (a) Teknik işlemler

1. İptal edilen AAD ile oluşan parsellerin el değiştirerek üçüncü kişilerin mülkiyetine geçmesi durumunda geri dönüşüm (Malik değişikliği/hak değişikliği durumunda geri dönüşüm)
2. İptal edilen AAD ile oluşan parsellerin el değiştirerek üçüncü kişilerin mülkiyetine geçmesi durumunda DOP'a giden kısımların geri dönüşümü
3. İptal edilen AAD ile oluşan parsellerde kat mülkiyeti/kat irtifakı tesis edilmiş ise geri dönüşüm
4. İptal edilen AAD kapsamında oluşan bir imar parseli ile bu AAD sahası sınırları dışında kalan bir parselin tevhide işlemlerinde geri dönüşüm
5. İmar parseli satılmışsa KOP'a giden kısmın geri dönüşümü
6. Malikler arası ipoteklerin tapu sicilinden terkin edildiği durumda geri dönüşüm
7. Malikler arası ipoteklerin tapu sicilinden terkin edilmediği durumda geri dönüşüm

Sınıflandırması yapılan işlemler, İdare Mahkemesi, Danıştay, Yargıtay ve Anayasa Mahkemesi tarafından alınan çözüme yönelik, emsal nitelikli kırkın üzerinde karar (Tablo 1) dikkate alınarak incelenmiş ve bunlara uygun olarak geri dönüşüm işlemlerinde neler yapılabileceği çıkarılmıştır (Akış, 2014; Koçak & Beyaz, 2015; URL-1-10).

### 3. Anahtar Kavramlar

#### 3.1 Yolsuz Tescil

Tapu kütüğündeki tescil ve devren kazanımların, herkese karşı ileri sürülebilmesi ve hak kazandırıcı görevini görebilmesi için o işlem ve dayanağı hukuka uygun olmalıdır. Tapu kütüğünde resmi şekilde düzenlenmeyen işlemler geçersizdir. Çünkü, yapılan tescilin, kendisinden beklenen sonucu meydana getirebilmesi; diğer bir ifade ile geçerliliğini sürdürebilmesi için öncelikle dayandığı bir hukukî sebebin bulunması ve bu sebebin de geçerli olması gerekir. Hiçbir hukukî dayanağı bulunmayan veya mevcut hukukî sebebi geçerli olmayan tesciller yolsuzdur. Bu durum, Türk Medeni Kanunu'nun 1024'üncü maddesinin 2'nci fıkrası ile açıklanmıştır: *“Bağlayıcı olmayan bir hukuki işleme dayanan veya hukuki sebepten yoksun bulunan tescil yolsuzdur.”* Yargıtay 1'inci Hukuk Dairesi'nin 2014/1517 Esas, 2014/4385 Karar sayılı, 26.02.2014 tarihli kararında, *“Bilindiği üzere, tapu kaydının illeti ve sebebi sayılan idari işlemin iptal edilmesi halinde, bu suretle oluşan kayıtların yolsuz tescil durumuna düşeceği, öte yandan idari işlemi iptal eden İdari Yargı kararının niteliği itibarıyla önceki kayıtları kendiliğinden ihyâ etmeyeceği kuşkusuzdur.”* şeklinde ifade edilmiştir. Bir işlemin dayanağının ve sebebinin hukuka uygun olması, o işlemin yaşam kaynağıdır. Dayanağı ve sebebi hukuka uygun olmayan işlemler, tescil edilse bile sağlıklı ve geçerli hukuki bir sonuç doğurmaz. Yargıda açılacak dava ile tapu kaydındaki tescilin iptali istenebilir. Yargı kararı ile, dayanağı ve sebebi hukuka aykırı tespit edilerek iptal edilen işlemin varlığı ve yaşam kaynağı ortadan kaldırılmaktadır. Buna



göre oluşturulan AAD ile oluşan imar tescilleri sebepten ve illiyetten yoksun hale gelir ve geçmişı de kapsayacak şekilde yolsuz tescile dönüşür.

İmar Kanunu'nun "*Parselasyon planlarının hazırlanması ve tescili*" başlıklı 19'uncu maddesinin 1'inci fıkrasındaki, "*İmar planlarına göre parselasyon planları yapılıp, belediye ve mücavir alan içinde belediye encümeni, dışında ise il idare kurulunun onayından sonra yürürlüğe girer.*" hükmü ile, AAD işleminin tapu müdürlüğüne tescilinin dayanağı ve sebebi, ilgili idarenin alacağı karar olarak belirtilmiştir. AAD'de tapu kaydının dayanağı olan sebep, "*belediye*" veya "*valilik*" tarafından alınan karardır. Bu sebeple, AAD işleminin idari yargıda iptal edilmesi için, tescilin dayanağı olan encümen kararlarının iptal edilmesi gerekmektedir. Encümen kararının yargı kararı ile iptal edilmesiyle, tapu kütüğüne tescil edilen düzenleme sonuçlarının yanlış bir idari tasarruftan ileri geldiği ve hukuksal dayanaktan yoksun olduğu ortaya çıkar. Böylelikle, tapu kütüğündeki kayıt/kayıtlar, Türk Medeni Kanunu'nun 1024'üncü maddesine göre "*yolsuz tescil*" durumuna düşerek geçersiz hale gelmektedir.

Yargıtay 1'inci Hukuk Dairesi'nin 1994/1514 Esas, 1994/1963 Karar sayılı ve 18.02.1994 tarihli kararında, "*İmar Kanunu'na göre; belediyeler tarafından gerçekleştirilen parselasyon (şuyulandırma) işlemleri, idari teknik nitelik taşıyan işlemlerdendir. Bu türdeki işlemlere karşı idari yargı yerinde dava açılır ve işlemin iptali sağlanırsa, buna göre oluşturulan imar tescilleri sebepten ve illiyetten yoksun hale gelir ve geçmişı de kapsayacak şekilde yolsuz tescile dönüşür. Böyle bir durumun ortaya çıkması ile de kadastral mülkiyet ihyası (eski haline getirilmesi) ve kadastral mülkiyete dayanılarak adli yargı yerinde el atmanın önlenmesi davalarının açılabilmesi olanağı doğar.*" denilmek suretiyle el atmanın önlenmesi davası açılabilceği (Akış, 2014); Yargıtay Hukuk Genel Kurulu'nun 1995/1-109 Esas, 1995/397 Karar sayılı, 19.04.1995 tarihli kararında, "*...imar tapusuna esas alınan idari kararın, İdare Mahkemesinde ilgililer aleyhine açılacak bir dava ile iptal edilmesi, İdare Mahkemesi kararının kesinleşmesinden sonra genel mahkemede tapunun iptal ve tescili için dava açması zorunludur. Aksi halde, mülkiyet hakkının yetkisiz mercilerle alınan tek yanlı idari kararlarla ortadan kaldırılması veya zedelenmesi gibi taşınmaz mülkiyetinin genel kurallarına aykırı bir sonuç doğmuş, tapu sicili tutulmasının amacı ve önemi göz ardı edilmiş olur.*" denilmek suretiyle tapunun iptal ve tescil davası açılabilceği yüksek mahkeme kararlarında açıklanmıştır.

### 3.2 Kazanılmış Hak

AAD işlemlerinin mahkeme tarafından iptali sonrası, kazanılmış haklar gözetilerek geri dönüşüm işlemleri yapılmalıdır. Böylelikle ilgililerinin mülkiyet hakkı ihlal edilmeyecek ve geri dönüşüm çalışması konusunda idareye açılacak muhtemel iptal veya yürütmeyi durdurma istemli davaların önüne geçilecektir.

Anayasa Mahkemesi'nin 1972/51 Esas, 1973/4 Karar sayılı, 25.01.1973 tarihli kararında, "*Kazanılmış hak kavramı, daha çok özel mülkiyet hakkı alanı içinde etki yapan bir hukuk kuralıdır.*" denilmek suretiyle, kazanılmış hakkın daha çok bir eşyaya (bütünleyici parça ve eklentisi ile) sahip bireylerin hak ve menfaatlerini korumak üzere geliştirilmiş olduğu vurgulanmıştır. Akı (1993), kazanılmış hakkı; "*önceden yürürlükte bulunan hükümlere göre bir kişi yararına olan bir hakkın sonradan çıkartılan hükümlerle çiğnenememesi*" şeklinde tanımlamaktadır.

Tablo 1: AAD işlemlerinin idari yargı tarafından iptali sonrası çözüme yönelik yargı kararları

Sınıfı	Türü	İşlem	İlgili Yargı Kararları
Genel	İdari	Mahkeme kararının tebliğinden itibaren 30 gün içinde iptal kararının uygulanması	Danıştay 6'ncı Dairesi'nin 1998/4313 Esas, 1999/4953 Karar sayılı, 19.10.1999 tarihli kararı; Danıştay 8'inci Daire'sinin 1981/1955 Esas, 1982/1293 Karar sayılı, 01.11.1982 tarihli kararı.
		AAD'nin iptal kararının idarece yerine getirilmesi mecburiyeti	Danıştay 1'inci Dairesi'nin 1999/82 Esas, 1999/98 Karar sayılı, 02.06.1999 tarihli kararı; Danıştay 1'inci Dairesi'nin 1999/15 Esas, 1999/23 Karar sayılı, 05.02.1999 tarihli kararı; Danıştay 1'inci Dairesi'nin 1984/221 Esas, 1984/218 Karar sayılı, 05.10.1984 tarihli kararı; Danıştay 6'ncı Dairesi'nin 1995/7076 Esas, 1996/4029 Karar sayılı, 09.10.1996 tarihli kararı; Danıştay 6'ncı Dairesi'nin 1992/334 Esas, 1992/348 Karar sayılı, 12.11.1992 tarihli kararı; Yargıtay 1'inci Hukuk Dairesi'nin 2004/11454 Esas, 2004/12516 Karar sayılı, 04.11.2004 tarihli kararı.
		İdarenin onay kurulu kararının 2981 sayılı Kanun'un 10'uncu maddesinin (b) bendine göre alınmış olması durumunda geri dönüşüm	Danıştay 6'ncı Dairesi'nin, 1998/724 Esas, 1999/563 Karar sayılı, 04.02.1999 tarihli kararı.
		AAD işlemi parsel bazında sebep, konu ve maksat yönlerinden iptal edilmişse yapılması gerekenler	Danıştay 6'ncı Dairesi'nin, 2004/1082 Esas, 2006/953 Karar, 08.03.2006 tarihli kararı; Yargıtay 1'inci Hukuk Dairesi'nin 2014/1517 Esas, 2014/4385 Karar sayılı, 26.02.2014 tarihli kararı; Danıştay 6. Dairesi'nin 1998/4313 Esas, 1999/4953 Karar sayılı, 19.10.1999 tarihli kararı.
		İmar planı iptallerinde AAD'nin de iptal olup olmayacağı	Danıştay 6'ncı Dairesi'nin 1997/6950 Esas, 1998/5903 Karar sayılı, 30.09.1998 tarihli kararı; 2003/1709 Esas, 2004/26 Karar sayılı, 12.01.2004 tarihli kararı; 2002/2844 Esas, 2003/5224 Karar sayılı, 28.10.2003 tarihli kararı ve 1999/3994 Esas, 2000/5332 Karar sayılı, 24.10.2000 tarihli kararı.
		İdarelerin geri dönüşüm işleminden sonra yeni bir AAD yapma mecburiyeti olup olmadığı	Danıştay 6'ncı Dairesi'nin 1994/4947 Esas, 1995/1985 Karar sayılı, 27.12.1995 tarihli kararı.
Teknik	Teknik	Geri dönüşüm işlemi yapmadan, mevcut imar parselleri üzerinden yeni bir uygulama yapıp yapılamayacağı	Danıştay 6'ncı Dairesi'nin 2002/2368 Esas, 2003/5127 Karar sayılı, 24.10.2003 tarihli kararı; Yargıtay 1'inci Hukuk Dairesi'nin 2005/14270 Esas, 2006/2701 Karar, 17.03.2006 tarihli ve 2004/2524 Esas, 2004/3027 Karar, 17.03.2004 tarihli kararı.
		Bağışların ve rızai terklerin geri dönüşümü	Anayasa Mahkemesi'nin 12.01.2012 tarihli ve 2011/23 Esas, 2012/3 Karar sayılı kararı; Anayasa Mahkemesi Başkanlığı'nın 2014/11994 Başvuru numaralı başvuru için 9/3/2017 tarihli kararı; Anayasa Mahkemesi Başkanlığı'nın 2014/10857 Başvuru numaralı başvuru için 11/1/2017 Karar Tarihli, 24/2/2017 tarih ve 29989 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan kararı.
		İkinci AAD işlemi yapılması koşulları	Danıştay 6'ncı Dairesi'nin 2006/991 Esas, 2008/968 Karar sayılı, 15.02.2008 tarihli kararı; Danıştay 6'ncı Dairesinin 1999/1215 Esas, 2000/1847 Karar sayılı, 04.04.2000 tarihli kararı.
Hukuki	Hukuki	İdarece iptal kararının gereği yapılmazsa ilgisince yapılacak işlem	Danıştay 6'ncı Dairesi'nin 2008/8952 Esas, 2009/406 Karar sayılı, 19.01.2009 tarihli kararı; Danıştay 6'ncı Dairesi'nin 1995/7076 Esas, 1996/4029 Karar sayılı, 09.10.1996 tarihli kararı; Yargıtay 1'inci Hukuk Dairesi'nin 29.04.1993 tarihli ve 1993/866 Esas, 1993/5535 Karar sayılı kararı; Yargıtay 1'inci Hukuk Dairesi'nin 1997/4601 Esas, 1997/5035 Karar sayılı, 14.04.1997 tarihli kararı; Yargıtay 1'inci Hukuk Dairesi'nin 1994/1514 Esas, 1994/1963 Karar sayılı, 18.02.1994 tarihli kararı; Yargıtay Hukuk Genel Kurulu'nun 1995/1-109 Esas, 1995/397 Karar sayılı, 19.04.1995 tarihli kararı.
		İptal kararı gereğince tapu müdürlüğünce işlemin düzeltilip düzeltilmeyeceği	Yargıtay 1'inci Hukuk Dairesi'nin 2014/1517 Esas, 2014/4385 Karar sayılı, 26.02.2014 tarihli kararı.
		İptal edilen AAD ile oluşan parsellerin el değiştirilerek üçüncü kişilerin mülkiyetine geçmesi durumu (Malik değişikliği/hak değişikliği durumunda geri dönüşüm)	Yargıtay 1'inci Hukuk Dairesi'nin 2006/3554 Esas, 2006/4865 Karar sayılı 27.04.2006 tarihli kararı; Danıştay 10'uncu Dairesinin 22.04.2013 tarihli, 2012/6474 Esas, 2013/3575 Karar sayılı kararı.
AAD sonrasında bölgede ya da parsellerde, mülkiyet ve/veya zemindeki fiili durum yönünden bir değişiklik yaratan	Teknik	İptal edilen AAD ile oluşan parsellerin el değiştirilerek üçüncü kişilerin mülkiyetine geçmesi durumunda düzenleme ortaklık payına giden kısımların durumu	İstanbul 4'üncü İdare Mahkemesi'nin 2018/704 sayılı 12.06.2018 tarihli kararı.
		İptal edilen AAD ile oluşan parsellerde kat mülkiyeti/kat irtifakı tesis edilmesi durumu	Danıştay 6'ncı Dairesi'nin 2004/968 Esas, 2004/5379 Karar sayılı, 04.11.2004 tarihli kararı; Danıştay 6'ncı Dairesi'nin 2003/3434 Esas, 2004/6885 Karar sayılı, 22.12.2004 tarihli kararı; Danıştay 6'ncı Dairesi'nin 2002/4645 Esas, 2004/685 Karar sayılı, 11.02.2004 tarihli kararı; Danıştay 6'ncı Dairesi'nin 2003/2547 Esas, 2004/6226 Karar sayılı 07.12.2004 tarihli kararı; 2010/9076 Esas, 2011/469 Karar sayılı, 07.03.2011 tarihli kararı; 2003/3435 Esas, 2004/6378 Karar sayılı, 08.12.2004 tarihli kararı
		İptal Edilen AAD kapsamında oluşan bir imar parseli ile bu AAD sahası sınırları dışında kalan bir parselin tevhid durumu	Danıştay 6'ncı Dairesi'nin, 2002/2368 Esas, 2003/5127 Karar sayılı, 24.10.2003 tarihli kararı; Danıştay 6'ncı Dairesi'nin, 2004/1082 Esas, 2006/953 Karar sayılı, 08.03.2006 tarihli kararı.

Danıştay, kazanılmış hakkın var olup olmadığını saptarken, genel hukuk kurallarının kişilerin haklarına uygulanıp uygulanmadığını araştırmaktadır. Danıştay İçtihatları Birleştirme Kurulu'nun 1989/1-2 Esas, 1989/2 Karar sayılı, 14.06.1989 tarihli kararında, “*kural tasarruflarla kabul edilen hukuksal olay ve esaslar kişisel durumlara dönüşmedikçe, kazanılmış hakların varlığından söz edilemez.*” denilmektedir. Buna göre, bir hakkın bir kişi tarafından kazanıldığının kabul edilebilmesi için, geçerli hukuk kuralı kişi hakkında uygulanmış olmalıdır. Kazanılmış hak, Danıştay 8'inci Dairesi' nin 1974/4918 Esas, 1976/376 Karar sayılı, 03.02.1976 tarihli kararında, “*hukuka uygun olarak alınan bir işlem sonucu elde edilen bir hak*” olarak; Danıştay 1'inci Dairesi' nin 1992/224 Esas, 1992/238 Karar sayılı, 13.07.1992 tarihli kararında, “*eski kanun yürürlükte iken kesin bir surette kazanılan, yani hukukça korunmakta bulunan ve bir iddia haline gelen haklar*” şeklinde tanımlamıştır.

Yargıtay 9'uncu Hukuk Dairesi' nin 1982/8329 Esas, 1982/9353 Karar sayılı, 26.11.1982 tarihli kararına göre kazanılmış hak, “*yasalara uygun olarak gerçekleşen hak*” olarak tanımlanmaktadır. Bu kapsamda, haksız ve hukuka aykırı uygulamalar kazanılmış hak yaratmamaktadır.

İdari işlemde doğan bir hakkın, kazanılmış hak olarak kabul edilip korunabilmesi için öncelikle üç koşul birlikte gerçekleşmelidir: (1) hakkın bireysel idari işlemde doğmuş olması; (2) bireysel idari işlemin tesis edildiği anda geçerli hukuk kurallarına aykırı olmaması; (3) hakkın kişi açısından kesinleşmiş olmasıdır. Bu koşulların her üçünün birlikte gerçekleşmesi halinde, hakkın geçmişe ilişkin boyutunun her zaman korunacağı; iki koşulun gerçekleşmesi halinde, hakkın geleceğe ilişkin boyutunun prensip olarak korunmakla birlikte, korunmayacağı istisnai durumların da olabileceği; hakkın geleceğe ilişkin kullanımı aynı zamanda kamu düzenini bozucu veya kamu hizmetini aksatıcı ve hatta kamu hizmetinin daha iyi yürütülmesini engelleyici sonuç doğuracaksa, bu hakkın geleceğe ilişkin boyutunun (etkisinin) korunamayacağı, bu halde idarenin, yapacağı kaldırma veya değiştirme işlemi ile söz konusu hakkın geleceğe ilişkin etkisine son vermek zorunda olduğu belirtilmiştir (Ulusoy, 2004).

Tütüncü (2015)'e göre, kanunlar bir hakkın doğum koşullarını ya da doğmuş bir hakkın sonuçlarını değiştirdiği zaman kazanılmış hak kavramına başvurma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Haksız ve hukuka aykırı uygulamalar kazanılmış hak yaratmamaktadır. Bireysel idari işlemin tesis edildiği andaki geçerli hukuk kurallarına aykırılığı tespit edilerek yargı kararı ile iptal edilen bir AAD, kazanılmış hak yaratmayacağından, söz konusu işlemler hukuka uyarlı hale getirilmek amacıyla geriye yürütülebilmektedir.

Geri alma işlemi ile kazanılmış hakların korunması arasında sıkı bir ilişki vardır. Danıştay 8'inci Daire'sinin 1981/1955 Esas, 1982/1293 Karar sayılı, 01.11.1982 tarihli kararında, “*İdari işlemlerin hukuka aykırı bulunmaları halinde yapıldıkları tarihten geçerli olmak üzere geri alınmaları mümkün ise de; bu takdirde, işlemin yapıldığı tarihte yürürlükte olan yasalara uygun biçimde kazanılmış hakların korunması zorunlu olduğu gibi, geri alma işleminin makul bir süre içinde, hak ve nesafet kurallarını zedelemeyecek bir şekilde yapılması da gereklidir.*” denilmiştir (Sever, 2006).

#### 4. AAD'nin İptal Nedenleri

AAD işlemlerinin iptali istemleri, idari yargıda iki aşamada incelenmektedir. İlk olarak, yargı yerince açılan dava için ön koşullar incelemesi yapılmaktadır. Ön koşullar bakımından eksikliği bulunmayan davada, bu kez, işlemin özüne (esasına) ilişkin inceleme yapılmaktadır. Bu aşamada, AAD işlemlerinin, hukuka aykırılık nedenleri ve hangi açılardan idari işlemin iptal edileceği incelenmektedir. Bu kapsamda, AAD işlemi ve dayanağı imar planı esas yönünden incelenebilmektedir. İşlemin esasına ilişkin incelemede, idari yargıda yetki, şekil, sebep, konu ve amaç yönlerinden yasanın öngördüğü koşulları taşımadığı saptanan işlem iptal edilmektedir.

AAD işlemi, hangi gerekçeler ile iptal edildi ise, idarenin mahkeme kararını uygularken bu gerekçeler dikkate alınmalıdır. Bu durum, Danıştay 1'inci Dairesi'nin 1999/15 Esas, 1999/23 Karar sayılı, 05.02.1999 tarihli Kararında, "...*ilgili yargı kararları istikrar kazanmış ise, her olayın özgün koşulları da dikkate alınmak suretiyle maddi ve hukuki olgularda farklılık olmaması halinde, emsal alınması gerekli nitelik taşırlar. ...Anayasanın 138 inci ve 2577 sayılı İdari Yargılama Usulü Kanununun 28 inci maddeleri uyarınca, karar gereklerine göre idare, işlem tesis etmeye mecbur olduğundan, istişari kararların niteliği gereği, yargı yerlerinde görülmekte olan ya da karara bağlanmış bulunan dava konularıyla ilgili olarak istişari görüş bildirilmesine olanak bulunmadığı gibi, yargı yerlerince verilen bir kararın uygulanmasında düşülen duraksamanın giderilmesi amacıyla belirsiz ve açık olmayan yönlerini ya da birbirine aykırı hüküm fıkralarını ortadan kaldırmak görev ve yetkisi, 2577 sayılı Kanunun 29 uncu maddesinde yer alan "Açıklama" hükümleri çerçevesinde kararı veren yargı yerine ait bulunmaktadır. ... Açıklanan nedenlerle... dava konusu benzeri olayların özgün koşulları da dikkate alınmak suretiyle idarece yargı kararları doğrultusunda işlem tesisi gerekeceği... sonucuna ulaşılarak dosyanın Danıştay Başkanlığına sunulmasına karar verildiği" hüküm altına alınmıştır. Dolayısıyla, idari yargının her bir kararını kendi özelinde değerlendirmek ve sonuçlandırmak gerekmektedir (Köktürk, 2007).*

#### 4.1 Yetki ve Şekil Yönleriyle

Encümen kararındaki belirsiz ifadeler, parsellerin yanlış ya da eksik yazılması, gerekli onayların bulunmaması, işlemin malikine tebliğ edilmemesi gibi hususlar, AAD işlemindeki yetki ve şekil eksikliği olarak değerlendirilmektedir. İdareler, yetki ve şekil yönünden hatalı AAD işlemlerini, yeni bir encümen kararı olarak düzeltebilir.

Danıştay 6'ncı Dairesi'nin 1993/3010 Esas, 1994/2444 Karar sayılı, 13.06.1994 tarihli "...*davacı parselinin yazılmamış olması nedeniyle ortaya çıkan şekil noksanlığının daha sonra alınan encümen kararı ile giderilmiş olması ve uygulamada da 3194 sayılı İmar Kanunu'nun 18'inci maddesine uygun olarak işlemlere başlanması karşısında, anılan madde uygulamasının hukuki dayanaktan yoksun olduğunun kabulüne hukuken imkan bulunmamaktadır. ...Bu durumda İdarelerin hatalı işlemlerini düzeltebileceği ilkesi ile yerinde yaptırılan keşif ve bilirkişi incelemesi sonucu düzenlenen rapordaki bulgular da gözetilerek yeniden bir karar verilmesi gerekmektedir.*" kararında, yapılan parselasyon işleminde şekil eksikliği olması durumunda idarelerin hatalı işlemleri düzeltebileceği ilkesine yer verilmiştir.

Ayrıca, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Tasarruf İşlemleri Dairesi Başkanlığı'nın (TİDB) 18.08.2000 tarihli ve 3429 sayılı talimatındaki; "...*18'inci madde uygulaması yapılan alanda, Yasaya aykırı olarak plân düzenleyen idarece bir maddi hata yapılmışsa, bu hatanın düzeltilmesi için plân değişikliğine gerek bulunmamaktadır. Belediyelerce, maddi hata yapıldığının belirtilmesi halinde, alınacak encümen kararına istinaden Tapu ve Kadastroca gerekli düzeltme yapılabilir.*" hükmü ile maddi hataların encümen kararına binaen düzeltebileceği belirtilmiştir (URL-10).

#### 4.2 Sebep, Konu ve Maksat Yönleriyle

AAD'nin tamamının sebep, konu ve maksat yönlerinden iptal edilmesi, iptal kararının DOP alanlarını, geometrik biçim ve alan değişikliklerini içermesidir. İdari yargının hukuken verdiği iptal kararının gereği teknik olarak yerine getirilirken, iptal işleminden etkilenen parsellerin tümünde AAD işleminden önceki hukuki duruma (kadastral duruma), kök tapulara dönülmesi için çalışmalar yapılmaya başlanmalıdır. Hukuki dayanağı kalmayan ve bu sebeple yolsuz tescile dönüşen imar parsellerinin tapu kaydının iptali ile, AAD işlemi öncesi kadastral parsel/parSELLERE dönülmelidir.

Danıştay 6'ncı Dairesi'nin, 2004/1082 Esas, 2006/953 Karar, 08.03.2006 tarihli kararında, "...*Parselasyon işleminin yargı kararıyla iptal edilmesi üzerine kök parselere dönülerek yargı kararının dikkate alınması suretiyle yeni parselasyon işleminin yapılması*"; aynı Daire'nin 2004/8073 Esas, 2007/1098 Karar sayılı, 23.02.2007 tarihli kararında, "*Parselasyon işleminin yargı kararı ile iptali sonucunda iptal kararının gereğinin yerine getirilmesinin ilk koşulunun, ilgilisi açısından parselasyon*

öncesi hukuki duruma yeniden gelinmesininsağlanması olduğu, bu itibarla davalı idarece ileri sürülen hususların iptal gerekçeleri çerçevesinde irdelenmesi ve yargı kararının uygulanıp uygulanmadığı hakkında bir karar verilmesi gerektiği” karara bağlanmıştır.

Yargıtay 1’inci Hukuk Dairesinin 2014/1517 Esas, 2014/4385 Karar sayılı, 26.02.2014 tarihli “...imar parseli imar işleminin iptal edilmesi sebebiyle ortadan kalktığına göre öncelikle geri dönüşüm veya yeni bir imar uygulaması işleminin tamamlanıp tamamlanmadığının araştırılması, kadastral parsele geri dönüşüm veya yeni bir imar uygulaması işlemi tamamlanmış ise tecavüzün hangi kadastral veya imar parseli içerisinde kaldığı ve tecavüze konu bölümle ilgili davacının bir mülkiyet hakkı olup olmadığının belirlenmesi; geri dönüşüm veya yeni bir imar uygulaması işlemi tamamlanmamış ise sonucunun beklenmesi ve ondan sonra bir karar verilmesi gerekirken, hukuki dayanağı kalmayan imar kaydı üzerinden yazılı biçimde hüküm kurulması doğru değildir.” kararı ile 26.02.2014 tarihli ve 2004/488 Esas, 2004/1294 Karar sayılı, 18.02.2004 tarihli “...Davaya konu edilen tapu kaydını oluşturan işlemin kesinleşen idari yargı kararıyla ortadan kaldırılması halinde, tapu kaydı kendiliğinden hükümsüz hale gelmez. Kesinleşen bu idari karar, ilgisine kadastral sicilin ihyası (kadastral duruma dönüşmesi) için talep ve dava hakkı verir. Bu durumda hukuki dayanağı kalmayan ve bu sebeple yolsuz tescil niteliğini taşıyan imar parsellerinin tapudaki kaydının iptali ile imar öncesi kadastral parsele dönüştürülmesi” kararına göre hukuki dayanağı kalmayan ve bu sebeple yolsuz tescile dönüşen imar parsellerinin tapu kaydının iptali ile AAD işlemi öncesi kadastral parsele/parsellere dönülmelidir.

## 5. Geri Dönüşüm İşlemleri

Sebeplere konu ve maksat yönlerinden iptal edilen, hukuki dayanağı kalmayan, bu sebeple yolsuz tescile dönüşen imar parsellerinde geri dönüşüm işlemleri gerçekleştirilmelidir. İdari yargı tarafından iptal edilen AAD işleminin hiç yapılmaması kabul edilmesi; yasa, yönetmelik, Danıştay ve Yargıtay içtihatlarının ve idare hukukunun bir gereğidir.

Bu konuda, son yapılan değişikliklerle 3194 sayılı İmar Kanunu ve Arazi ve Arsa Düzenlemeleri Hakkında Yönetmelik’e yeni hükümler getirilmiştir. 3194 sayılı İmar Kanunu’nun Arazi ve Arsa Düzenleme Esasları başlıklı Üçüncü Bölümü’nde belirtilen 18. maddenin 19. fıkrasında ve Resmi Gazete’de 22.02.2020 tarihli ve 31047 sayılı ile yayımlanarak yürürlüğe giren Arazi ve Arsa Düzenlemeleri Hakkında Yönetmelik’in Altıncı Bölümü’nün 37. ve 38. maddelerinde geri dönüşüm işlemleri anlatılmaktadır.

Mahkeme tarafından verilen iptal kararının ilgili idare tarafından yerine getirilmesi iki şekilde olabilir:

- İptal kararına konu veya iptal kararından etkilenen imar parselleri için geri dönüşüm cetvelleri düzenlenerek, imar parsellerini AAD işlemi öncesi mülkiyet durumuna çevirmek,
- İptal kararına konu veya iptal kararından etkilenen imar parselleri için hem geri dönüşüm cetvelleri düzenleyerek hatalı işlemi geri almak hem de geri dönüşüm çalışması ile birlikte eş zamanlı olarak yeni bir AAD işlemi yapmak.

İdari yargının iptal kararının uygulanması ile ilgili yasal düzenleme bulunmadığından, geri dönüşüm işlemlerine yargı kararlarına bağlı olarak şekillenmiş Danıştay ve Yargıtay içtihatları yön vermektedir. Geri dönüşüm işlemleri, geri dönüşüm işleminden sonra yeni bir AAD işlemi yapılmayacak olsa bile, yetkide ve usulde paralellik ilkesi gereği iptal edilen AAD işleminin tesisindeki usul ile aynı olmalıdır. Yetki ve usulde paralellik ilkesi, idare hukukuna ilişkin herhangi bir mevzuatta yer almamakla birlikte içtihatlarla geliştirilen önemli ilkelerdendir (Akyılmaz, 2000). Danıştay 5’inci Dairesi’nin 1992/5775 Esas, 1993/3756 Karar sayılı, 13.10.1993 tarihli kararında, “Yasada aksine bir düzenleme bulunmadıkça idare hukukunun

önemli ilkelerinden birisi olan yetki ve usulde paralellik ilkesi uyarınca bir işlemin tesisinde uygulanan yetki ve usul koşullarının aynı işlemin geri alınması, kaldırılması işlemlerinde ve tersi işlemin yapılmasında da aynen uygulanması zorunludur. İdareye tanınan bu takdir yetkisinin ise kamu yararı ve hizmet gerekleri gözetilerek kullanılabilceği ve bu yetkiye dayanılarak yapılan işlemlerin de bu açıdan yargı denetimine tabi bulunduğu yine idare hukukunun bilinen ilkeleri arasında yer almaktadır.” denilmektedir.

Geri dönüşüm işlemlerinde izlenecek yol, Şekil 1’de gösterilmiştir. Bu süreçte yapılacak işlemler; (1) genel işlemler, (2) AAD sonrasında bölgede ya da parsellerde, mülkiyet ve/veya zemindeki fiili durum yönünden bir değişiklik yaratan işlemler olarak sınıflandırılıp yargı kararları ışığında aşağıdaki bölümlerde incelenmiştir.

## 5.1 Genel İşlemler

### 5.1.1 İdari İşlemler

#### Mahkeme Kararının Tebliğinden İtibaren 30 Gün İçinde İptal Kararının Uygulanması

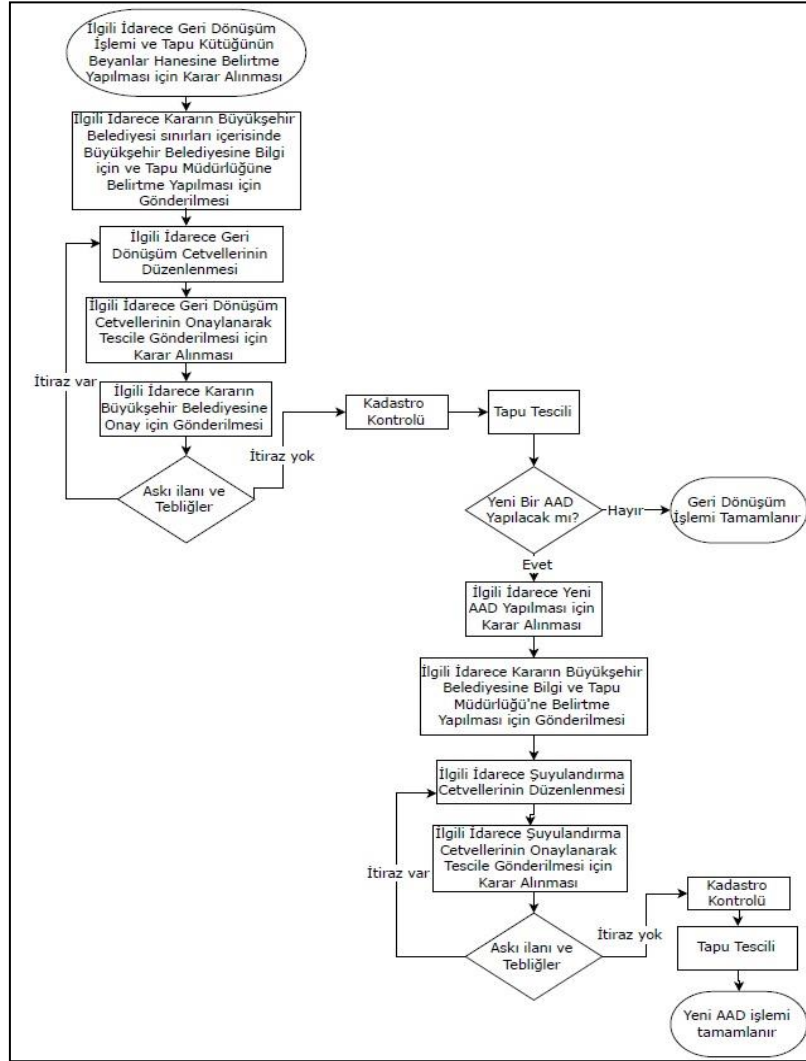
2577 sayılı İdari Yargılama Usulü Kanunu’nun 28’inci maddesi gereğince; mahkeme kararının tebliğinden itibaren 30 gün içinde idarelerin, mahkeme kararının gerekçelerine göre, işlem yapmaları mecburidir. Ancak, askı ilan sürecinin bile 30 gün olduğu göz önünde bulundurulduğunda tüm işlemlerin 30 günde yetişmesi mümkün değildir. Bu sebeple, AAD işleminin iptali yolunda verilen karardan sonra, idarenin söz konusu işi yapma konusunda iradesini belirtmesi bakımından encümen kararını (idarenin onay kurulu kararını) alıp tapuya bildirmesi, devamında makul bir süre içinde yeniden bir AAD işlemi tesis etmesi gerekmektedir (Koçak & Beyaz, 2015). İdare iyi niyetli olarak bölgenin büyüklüğü, teknik ve hukuki zorluklarına göre en kısa sürede hatalı işlemi geri almalıdır. Bu durum, Danıştay 6’ncı Dairesi’nin 1998/4313 Esas, 1999/4953 Karar sayılı, 19.10.1999 tarihli kararında, “...*Davacının taşınmazını da kapsayan alanda yapılan parselasyon işleminin iptali yolunda verilen karardan sonra makul bir süre içinde yeniden bir parselasyon işlemi tesis edilmesi gerektiğinden...*” hükmü ile ifade edilmiştir.

#### AAD’nin İptal Kararının İdarece Yerine Getirilmesi Mecburiyeti

Türkiye Cumhuriyeti Anayasası’nın 138’inci maddesinin son fıkrası, “*Yasama ve Yürütme Organları ile idare, mahkeme kararlarına uymak zorundadır; bu organlar ve idare, mahkeme kararlarını hiçbir suretle değiştiremez ve bunların yerine getirilmesini geciktiremez...*” gereğince idarelerce mahkeme kararlarının yerine getirilmesi zorunluluktur. İptal edilen AAD işleminin hukuk sisteminde yeri olamayacağından, sonuçlarının mümkün olduğunca silinmesi ve AAD işlemi öncesi mülkiyet yapısına dönülmesi gerekmektedir. Bu durumda, idarelerin mahkeme kararlarını uygulamama gibi bir keyfi durumları veya yetkileri bulunmamaktadır.

Danıştay 6’ncı Dairesi’nin 1995/7076 Esas, 1996/4029 Karar sayılı, 09.10.1996 tarihli kararına göre, “*İdare Mahkemesince, 2577 sayılı Yasanın 28’inci maddesinin 3’üncü fıkrasına göre, idare mahkemesince verilen yürütmenin durdurulması kararına göre işlem tesis edilmeyen veya eylemde bulunulmayan hallerde idare aleyhine maddi ve manevi tazminat davası açılabilceği, ...Yürütmenin durdurulması kararı da Anayasa’da ve İdari Yargılama Usulü Yasasında belirtilen nitelikte bir yargı kararı olduğuna göre, bu yolda karar verilmiş bir davada idarenin; esas kararın verilmesini, bu karar temyiz edilmiş veya kararın düzeltilmesi yoluna başvurulmuş ise verilecek kararı beklemesi, bu yolla, verilen yürütmenin durdurulması kararını sürüncemede bırakması, savsaklaması ve etkisiz kılması gibi seçeneği bulunmamaktadır...Bir Hukuk Devletinde aslolan idarenin yargı kararını kendiliğinden uygulamasıdır...Öte yandan, yargı kararlarının uygulanmamasının hem bir iptal nedeni hem de ağır hizmet kusuru oluşturduğu açıktır.*” idari yargı kararının karşısında, yöneticilerin takdir yetkileri bulunmamaktadır.

İdarenin yargı kararlarına uymak ve bu kararların gereklerine göre işlem yapmak ya da eylemde bulunmak zorunda olması, aynı zamanda “*hukuk devleti*” ilkesinin de bir gereğidir. Danıştay 1’inci Dairesi’nin 1984/221 Esas, 1984/218 Karar sayılı, 05.10.1984 tarihli kararına göre, idarelerin, “...*yargı kararları doğrultusunda işlem tesis etmeleri*...” gerekmektedir. Yargıtay 1’inci Hukuk Dairesi’nin 2004/11454 Esas, 2004/12516 Karar sayılı, 04.11.2004 tarihli kararına göre, “*Yargı mercilerince verilen kararlar, yöntemine uygun biçimde kesin hüküm niteliğini kazandığında "Lazım-ül icra" (uygulanması gereken) duruma gelirler.*” denildiğinden iptal kararının idarelerce uygulanması gerekmektedir.



Şekil 1: Gerİ dönüşüm işlemi (Haciosmanoğlu, 2019)

### İdarenin Onay Kurulu Kararının 2981 Sayılı Kanun’un 10’uncu Maddesinin (b) Bendine Göre Alınmış Olması Durumunda Gerİ Dönüşüm

Belediyeler, 2981 sayılı Yasanın 10’uncu maddesinin (b) bendi uyarınca ıslah imar planı uygulaması yapma ve onama yetkisine sahip değildir. Anılan maddeye göre işlem yapılmasını, ancak kadastro müdürlüklerinden isteyebilirler. Bu durumda, AAD’nin 2981 sayılı Yasanın 10’uncu maddesinin (b) bendine göre onaylandığının belirtilmesi, hem 2981 sayılı Kanun’un 10’uncu maddesi hem de Danıştay kararına aykırıdır. Danıştay 6’ncı Dairesi’nin, 1998/724 Esas, 1999/563 Karar sayılı, 04.02.1999 tarihli kararında, “*Belediyelerin 2981 sayılı yasanın 10/b maddesi uyarınca parselasyon işlemi yapma yetkisinin bulunmadığı, anılan maddeye göre işlem yapılmasını ancak kadastro müdürlüklerinden isteyebilecekleri*” belirtilmiştir.

### **AAD İşlemi Parsel Bazında Sebep, Konu ve Maksat Yönlerinden İptal Edilmişse Yapılması Gerekenler**

Davacı tarafından, AAD işleminin yalnızca kendi taşınmazıyla ilgili kısmının iptali istenmişse veya yargı yeri tarafından, AAD işleminin davacı taşınmazına yönelik kısmının iptaline karar verilmişse, davacı taşınmazının bulunduğu kısmın yeniden uygulamasının yapılması suretiyle ilam yerine getirilmiş olur. Başka bir ifade ile davacı taşınmazının durumu, yargı kararının gerekçesinde belirtilen hale getirilir. Bu işlemler yapılırken, birinci AAD işlemini yapan idarece iptal kararına uygun olarak kadastral parsellere dönülmeksizin ikinci AAD işlemi uygulanmalıdır (Ergen, 2006).

### **İmar Planı İptallerinde AAD'nin de İptal Olup Olmayacağı**

İdari yargıya verilecek dava dilekçesinde, AAD işleminin yanı sıra, imar planının da incelenmesi istenmelidir. Çünkü, AAD işlemi hukuka uygun, ancak dayanağı imar planı hukuka aykırı ise AAD yine iptal edilmekten kurtulamaz. AAD'ye karşı açılan davada, imar planının iptali unutulur veya istenmezse dava yalnızca arsa düzenlemeleri bakımından görülür (Köktürk, 2009).

Danıştay'ın, “İmar uygulamasına karşı açılan davada, iptali istenilmeyen imar planının incelenemeyeceği; dava konusu olmadığı halde imar planına yönelik değerlendirmeleri esas almak suretiyle parselasyon işleminin iptaline karar verdiği anlaşılmaktadır. Bu durumda, parselasyon işleminin dayanağı 1/1000 ölçekli uygulama imar planı dava konusu edilmediğinden, dava konusu parselasyon işleminin yukarıda anılan Yasa ve Yönetmelik hükümleri ile 1/1000 ölçekli uygulama imar planına ve parselasyon ilkelerine uygun yapıлып yapılmadığının irdelenmesi suretiyle yeniden bir karar verilmelidir.” hükümleri uyarınca, imar planı talep edilmeyen davalarda yalnızca AAD işlemi bakımından irdelenmek suretiyle karar verilmesi gerektiği; “imar planı ile ilgili kararın sonucuna göre parselasyon konusunda karar verilmesi gerektiği” hükmü ile hukuka aykırı imar planının iptali halinde, bu imar planına göre yapılan AAD işleminde de hukuka aykırılık bulunmadığı açıklanmıştır (Ergen, 2006).

Plan iptali, kamusal donatıların yol, yeşil alan, otopark gibi geometrik biçimi ve alanını değiştirmek konusunda ise, yeni plana göre imar parselleri üzerinden yeniden ikinci bir AAD işlemi yapılmalıdır. Ancak, iptal nedeni yalnızca imar hakkı ve yapı düzeni ile ilgili ise yeniden uygulama yapmaya gerek yoktur (Çelik, Uzun, Demir, & Nişancı, 2000). Bu durum, Danıştay 6'ncı Dairesi'nin 1999/3994 Esas, 2000/5332 Karar sayılı, 24.10.2000 tarihli kararında, “Yolların planlama ilkelerine uygunluğunun denetimi için, ulaşım sistemi, planlama alanında yoğunluk, topoğrafik yapı, kentsel fonksiyonlara erişim kolaylığı gibi hususlar ve kamu yararına göre inceleme yapılması gerektiği, bunların haricinde sadece mülkiyet durumuna göre değerlendirme yapılamayacağı, kaldırılan yeşil alana karşılık eşdeğer alan ayrılmadığı, imar planı ile ilgili kararın sonucuna göre parselasyon konusunda karar verilmesi gerektiği” hükmü ile açıklığa kavuşturulmuştur.

### **İdarelerin Geri Dönüşüm İşleminde Sonra Yeni Bir AAD Yapma Mecburiyeti Olup Olmadığı**

İdarenin görevi, iptal edilen AAD işleminin tüm hukuki sonuçlarını bir an evvel ortadan kaldırmak ve düzenleme öncesine geri dönmek için işlem tesis etmektir. Ardından mümkünse yeni bir AAD işlemi tesis edilmelidir. İmar uygulamalarını belediyeler mali olanaklarını gözeterek yasa gereği belirli bir mali program çerçevesinde gerçekleştireceğinden, bu konuda herhangi bir zorunlulukta bulunulamayacağı Danıştay 6'ncı Dairesi'nin 1994/4947 Esas, 1995/1985 Karar sayılı, 27.12.1995 tarihli kararı ile hüküm altına alınmıştır.

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü talimatları, AAD'nin yargı tarafından iptal edilmesine kadar geçen süre zarfında zeminde fiili yapılaşma söz konusu olduysa, geri dönüşümün yanı sıra yeni bir imar uygulamasının da beraberinde yapılması yönündedir. İlgili idarenin bu talimata uygun hareket etmesi, hem idare hem de tapu müdürlüğü açısından uygulama kolaylığı sağlayacaktır (URL-8).



## 5.1.2 Teknik İşlemler

### Geri Dönüşüm İşlemi Yapmadan, Mevcut İmar Parselleri Üzerinden Yeni Bir Uygulama Yapılıp Yapılamayacağı

Danıştay ve Yargıtay, iptal edilen AAD işlemi sonrası yeni yapılacak AAD'nin, iptal edilen AAD işlemi ile oluşan imar parselleri (yolsuz tescile dönüşen kayıtlar) üzerinden değil, AAD işlemi öncesi kadastral duruma dönülerek oluşacak kadastral parsellere göre yapılması gerektiğini açıklamıştır. İlk olarak anayasanın 138'nci maddesinin bir gereği olarak mahkeme kararının yerine getirilmesi amacıyla geri dönüşüm işlemi yapılarak kök parsel/parsellere dönülmesi, sonrasında yeni bir AAD işlemi yapılması uygundur.

Bu durum, Danıştay 6'ncı Dairesi'nin 2002/2368 Esas, 2003/5127 Karar sayılı, 24.10.2003 tarihli kararında, "...parselasyon işleminin mahkemece iptal edilmesi halinde, düzenlemenin yapıldığı bölgede kadastral mülkiyete dönüş sağlanmış olacağından, yeni yapılan düzenlemenin kadastral durum dikkate alınmak suretiyle yapılması gerekirken, iptal edilen düzenlemede yer alan parseller üzerinden yapılan düzenlemede mevzuata uyarlık bulunmadığı" hükmü ile açıklanmıştır. Aynı konuda, Yargıtay 1'inci Hukuk Dairesi'nin 2005/14270 Esas, 2006/2701 Karar sayılı, 17.03.2006 tarihli ve 2004/2524 Esas, 2004/3027 Karar sayılı, 17.03.2004 tarihli kararında, "...Dava, tapu iptal ve tescil isteğine ilişkindir. İmar öncesi kadastral parsellerdeki hak durumu dikkate alınarak bir hüküm kurulması gerekirken, dayanağı ortadan kalkan ve geçerliliğini yitiren imar parseli üzerinden karar verilmiş olması doğru değildir." hükmü verilmiştir.

Danıştay 6'ncı Dairesi'nin, 2004/1082 Esas, 2006/953 Karar sayılı, 08.03.2006 tarihli kararına göre, "...Parselasyon işleminin yargı kararıyla iptal edilmesi üzerine kök parsel olarak dönülerek yargı kararının dikkate alınması suretiyle yeni parselasyon işleminin yapılması"; aynı Daire'nin 2004/8073 Esas, 2007/1098 Karar sayılı, 23.02.2007 tarihli kararına göre, "...Parselasyon işleminin yargı kararı ile iptali sonucunda iptal kararının gereğinin yerine getirilmesinin ilk koşulunun, ilgili açısından parselasyon öncesi hukuki duruma yeniden gelinmesinin sağlanması olduğu, bu itibarla davalı idarece ileri sürülen hususların iptal gerekçeleri çerçevesinde irdelenmesi ve yargı kararının uygulanıp uygulanmadığı hakkında bir karar verilmesi gerektiği" hükümleri gereğince de parselasyonun yargı kararı ile iptali sonucunda ilgili açısından parselasyon öncesi hukuki duruma gelinmesi sağlanmalıdır. Yargıtay 1'inci Hukuk Dairesi'nin 2014/1517 Esas, 2014/4385 Karar sayılı, 26.02.2014 tarihli "...imar parseli imar işleminin iptal edilmesi sebebiyle ortadan kalktığına göre öncelikle geri dönüşüm veya yeni bir imar uygulaması işleminin tamamlanıp tamamlanmadığının araştırılması, kadastral parsel olarak geri dönüşüm veya yeni bir imar uygulaması işlemi tamamlanmış ise tecavüzün hangi kadastral veya imar parseli içerisinde kaldığı ve tecavüze konu bölümlerle ilgili davacının bir mülkiyet hakkı olup olmadığı belirlenmesi; geri dönüşüm veya yeni bir imar uygulaması işlemi tamamlanmamış ise sonucunun beklenmesi ve ondan sonra bir karar verilmesi gerekirken, hukuki dayanağı kalmayan imar kaydı üzerinden yazılı biçimde hüküm kurulması doğru değildir."; 26.02.2014 tarihli ve 2004/488 Esas, 2004/1294 Karar sayılı, 18.02.2004 tarihli "...Davaya konu edilen tapu kaydını oluşturan işlemin kesinleşen idari yargı kararıyla ortadan kaldırılması halinde, tapu kaydı kendiliğinden hükümsüz hale gelmez. Kesinleşen bu idari karar, ilgisiz kadastral sicilin ihyası (kadastral duruma dönülmesi) için talep ve dava hakkı verir. Bu durumda hukuki dayanağı kalmayan ve bu sebeple yolsuz tescil niteliğini taşıyan imar parsellerinin tapudaki kaydının iptali ile imar öncesi kadastral parsel olarak dönüştürülmesi" hükümlerine göre de, hukuki dayanağı kalmayan ve bu sebeple yolsuz tescil niteliğini taşıyan imar parsellerinin tapudaki kaydının iptali ile imar öncesi kadastral parsel olarak dönüştürülmelidir.

### Bağışların ve Rızai Terklerin Geri Dönüşümü

İptal edilen AAD'de yapılan bağışların ve rızai terklerin geri dönüşümüne, şartlı yapılabildiğine göre karar verilmektedir. İptal edilen AAD'de bağışlanan yer bağışlama amacı dışına çıkmışsa, bu durumda bağış miktarı bağışlayana geri dönmelidir (URL-7). AAD iptal edilene kadar geçen süre zarfında yapılan terk miktarlarının geri dönüşümünde terkin

şartlı yapılıp yapılmadığı esasına göre karar verilmelidir.

Anayasa Mahkemesi'nin 12.01.2012 tarihli ve 2011/23 Esas, 2012/3 Karar sayılı kararında, “*Malikin rızasıyla yola terk etmesi de kaynaklardan birisi olmakla birlikte bu durumda bir bağışlama söz konusu olup hukukumuzda bağışlamanın şarta bağlı olarak yapılması mümkündür. Eğer malik bağışladığı taşınmazın yol dışında başka bir amaç için kullanılmasını istemiyorsa şarta bağlı bağışlama yapma imkânına sahiptir.*” hükmü verilmiştir. Bu hükümlerle, şartlı bağış yapılabildiğine; rızai terk miktarlarının da bağış kapsamında sayıldığına; bu suretle, geri dönüşüm işlemlerinde şartlı bağış yapılıp yapılmadığı durumuna göre bir karar verilmesi gerektiğine; olayda şarta bağlı bağışlama söz konusu ise bağışlanan alanın amacı dışına çıkması durumunda bağışlayana geri dönmesi gerektiğine hükmedilmiştir.

### **Kamusal Ortaklık Payına Giden Kısımın Geri Dönüşümü**

KOP'a giden hisse, ilgisi feragat etmedikçe ya da ilgili idare tarafından kamulaştırılmadıkça, o kişi adına tescilli olmaya devam edecektir. Eğer AAD işlemi iptal edilmişse, KOP'a giden kısım da malikine geri döner (Çelik vd., 2000).

### **Geri Dönüşüm Hesapları ile Kadastral Parseldeki Yüz Ölçümün Uyuşmaması Durumunda Geri Dönüşüm**

Geri dönüşüm çalışması, AAD işleminin yargı kararı ile iptal edilmesi nedeniyle gerçekleştirildiğinden, söz konusu AAD işleminin hiç yapılmamış sayılması gerekmektedir. Bu nedenle, AAD işlemi öncesi parsel yüz ölçümü doğrudan geri dönüş yüz ölçümü olarak kaydolmalıdır.

#### **5.1.3 Hukuki İşlemler**

##### **İkinci AAD İşlemi Yapılması Koşulları**

AAD işlemi yapılmış bir yerde ikinci kez veya daha fazla AAD işlemi yapılabilmesi ve şuyulandırma cetvellerinin değiştirilebilmesi için geçerli bir hukuki sebep olmalıdır. Danıştay 6'ncı Dairesi'nin 2006/991 Esas, 2008/968 Karar sayılı, 15.02.2008 tarihli kararında, “*imar planı değişikliği suretiyle, yeni bir düzenleme yapılmasını gerektirecek bir neden ortaya konulmaksızın, aynı bölgede üçüncü kez imar uygulaması yapılmasında, hukuka uygunluk bulunmadığı*” açıklanmıştır. Danıştay 6'nci Dairesinin 1999/1215 Esas, 2000/1847 Karar sayılı, 04.04.2000 tarihli kararında, “*imar planı ile yeni bir düzenleme yapılmasını gerektirecek bir neden olmaksızın ikinci kez parselasyon yapılmasına imar hukukuna uyarlık bulunmadığı*” hükmü verilmiştir.

AAD işleminin mahkeme kararıyla iptal edilmesi, yeni bir AAD işlemi yapılması için geçerli hukuki sebeplerden biridir. 4721 sayılı Türk Medeni Kanunu'nun 1027'nci maddesine göre, tapu kütüğünde düzeltme yapılması koşulları sınırlanmıştır: “*İlgililerin yazılı rızaları olmadıkça, tapu memuru, tapu sicilindeki yanlışlığı ancak mahkeme kararıyla düzeltebilir. Düzeltme, eski tescilin terkinin ve yeni bir tescilin yapılması biçiminde de olabilir...*”. AAD yapılmış bir yerde,

- İdari yargıda verilmiş imar planının ya da AAD'nin iptal kararı bulunması,
- İmar planında değişiklik olması

durumları ikinci kez AAD işlemi yapılması koşullarıdır.

Ayrıca, 3194 sayılı İmar Kanunu'nun 18'nci maddesinin 7'nci fıkrasında, “**(Değişik fıkra:4/7/2019-7181/9 md.)** Bu madde hükümlerine göre, herhangi bir parselden bir defadan fazla düzenleme ortaklık payı alınmaması esastır. Ancak, her türlü imar planı kararı ile yapılaşma koşulunda ve nüfusta artış olması hâlinde, artış olan parsellerden, uygulama sonucunda oluşan değerinin önceki değerinden az olmaması kaydıyla, ilk uygulamadaki düzenleme ortaklık payı oranını % 45'e kadar

tamamlamak üzere ilave düzenleme ortaklık payı kesintisi yapılabilir.” şeklinde yapılan değişiklikle, her türlü imar planı kararı ile yapılaşma koşulunda ve nüfusta artış olması hâlinde, artış olan parsellerden, uygulama sonucunda oluşan değerinin önceki değerinden az olmaması kaydıyla, ilave düzenleme ortaklık payı kesintisi yapılabileceği belirtilmiştir.

### İdarece İptal Kararının Gereği Yapılmazsa İlgilisince Yapılacak İşlem

AAD işleminin iptal kararı işlemi yapan idareye tebliğ edilmesine karşın ilgili idarece işlem yapılmazsa, AAD işlemini iptal ettiren davacı, idare mahkemesinin iptal kararını gerekçe göstererek asliye hukuk mahkemesinde tescil iptal davası açarak mevcut tescili iptal ettirebilir.

Danıştay 6’ncı Dairesi’nin 19.01.2009 tarihli ve 2008/8952 Esas, 2009/406 Karar sayılı kararı ile “**KARAR : Dava, Bursa, Yıldırım, Selimzade Mahallesi, H22d07b.4a pafta, 4141 ada, 1 ila 8 sayılı parseller ile 4115 ada, 1 parsel sayılı taşınmazları kapsayan alanda, 3194 sayılı Kanun’un 18’inci maddesi uyarınca yapılan imar uygulamasının Bursa 2’nci İdare Mahkemesi’nin 6.2.2006 günlü, E:2005/473, K:2006/146 sayılı kararıyla iptal edildiğinden bahisle eski duruma dönülmesi yolunda işlem tesis edilmesi istemiyle yapılan başvurunun reddine ilişkin 2.4.2007 günlü, 111/518 sayılı işlemin iptali istemiyle açılmış; İdare Mahkemesi’nce, olayda parselasyon işleminin yargı kararı ile iptali sonucunda iptal kararının gereğinin yerine getirilmesinin ilk aşaması eski parsellere dönüş cetvellerinin hazırlanması, onanması ve tapu kayıtlarında değişiklik olmuşsa eski hale dönüş yapılarak, ilgilisi açısından parselasyon öncesi hukuki duruma yeniden gelinmesinin sağlanması gerekirken, bu doğrultudaki başvurunun reddi yolunda tesis edilen dava konusu işlemin hukuka aykırı olduğu gerekçesiyle iptaline karar verilmiş, bu karar davalı tarafından temyiz edilmiştir.**

**SONUÇ :** Dava konusu işlemin yukarıda özetlenen gerekçeyle iptali yolundaki temyize konu Bursa 3’üncü İdare Mahkemesi’nin 13.5.2008 günlü. E:2007/1432, K:2008/345 sayılı kararında, 2577 sayılı İdari Yargılama Usulü Kanunu’nun 49’uncu maddesinin 1’inci fıkrasında sayılan bozma nedenlerinden hiçbirisi bulunmadığından, bozma istemi yerinde görülmeyle **anılan mahkeme kararının ONANMASINA, dosyanın adı geçen mahkemeye gönderilmesine, 19.01.2009 gününde oybirliğiyle karar verildi.**” denilmek suretiyle, ilgisinin idari yargının iptal kararı sonrası işlemin düzeltilmesine yönelik idareye yaptığı başvurunun reddine ilişkin konuyu Danıştay dairesine taşınması sonucu davacı istemi yerinde görülerek idare mahkemesinin kararı onanmıştır (Akış, 2014).

Yargıtay 1’inci Hukuk Dairesi’nin 29.04.1993 tarihli ve 1993/866 Esas, 1993/5535 Karar sayılı kararında, “...şuyulandırmaya ilişkin tapunun idari yargı kararı ile iptal edilmiş olması durumunda, idari karar asıl tapu kaydını kendiliğinden geçersiz hale getirmez. Bu karar ilgisine kadastral duruma dönülmesi için istek ve dava hakkı verir.”; Yargıtay 1’inci Hukuk Dairesi’nin 1997/4601 Esas, 1997/5035 Karar sayılı, 14.04.1997 tarihli kararında, “**Dayanılan tapu kaydını oluşturan işlemin, kesinleşen idari yargı kararı ile ortadan kaldırılması halinde, tapu kaydı kendiliğinden hükümsüz hale gelmez. Kesinleşen bu idari yargı kararı ilgisine kadastral sicilin ihyası için talep ve dava hakkı verir.**” hükümleriyle ilgisinin asliye hukuk mahkemesinde açacağı bir dava ile düzenleme öncesi mülkiyetin ihyasını talep edebileceği karara bağlanmıştır. Danıştay 6’ncı Dairesi’nin 1995/7076 Esas, 1996/4029 Karar sayılı, 09.10.1996 tarihli kararında, “**davacı da kararın uygulanması için idareye başvurabilir. Bu başvurunun reddedilmesi halinde İdare Hukuku bakımından tek yanlı irade beyanı içeren ve ilgili hakkında hukuki sonuç yaratan bir işlem tesis edilmiş olacağından bu işleme karşı iptal davası açılabileceği kuşkusuzdur.**” denilmiştir.

Danıştay ve Yargıtay kararları incelendiğinde; mahkemenin iptal kararının uygulanabilmesi için;

- İlgilisi, AAD işlemini yapan idareye başvurarak iptal edilen AAD işlemi öncesi kadastral duruma dönülmesini talep edebilir.

- İdarenin talep üzerine işlem yapmaması durumunda, ilgilisi mahkemenin iptal kararını gerekçe göstererek, asliye hukuk mahkemesinde tescil iptal davası açılabilir.

İlgilisi davayı kazanırsa, kendisi hakkında olan tescili iptal ettirebilir. Böylece asliye hukuk mahkemesinin kararına binaen tapu müdürlüğünce işlem yapılabilir. Yapılan işlemlerle ilgili uygulayıcı kuruluşa bilgi verilir (Koçak & Beyaz, 2015). Davacının parseli dışında idari yargının iptal kararından etkilenen parseller var ise; bunlarla ilgili yapılan düzeltme işlemi, Türk Medeni Kanunu'nun 1019'uncu maddesi gereğince ilgililerine bildirilir.

### **İptal Kararı Gereğince Tapu Müdürlüğünce İşlemin Düzeltip Düzeltilemeyeceği**

Mahkemenin iptal kararı gereğince tapu kütüğünde yolsuz tescil durumuna düşen tapu kayıtları, ilgili idare tarafından yeni bir AAD işlemi yapılmadığı sürece, kendiliğinden düzeltilemez. Tescil edilmiş bir ayni hakkı, tapu müdürlüklerinin kütüklerinden silme veya düzeltme yetkisi bulunmamaktadır. İptal kararının gereğini AAD işlemi yapan idarenin yapması uygundur. Yargıtay 1'inci Hukuk Dairesi'nin 2014/1517 Esas, 2014/4385 Karar sayılı, 26.02.2014 tarihli kararında, "*Bilindiği üzere, tapu kaydının illeti ve sebebi sayılan idari işlemin iptal edilmesi halinde, bu suretle oluşan kayıtların yolsuz tescil durumuna düşeceği, öte yandan idari işlemi iptal eden İdari Yargı kararının niteliği itibarıyla önceki kayıtları kendiliğinden ihyâ etmeyeceği kuşkusuzdur.*" şeklinde ifade edilmektedir.

## **5.2 AAD Sonrasında Bölgede ya da Parsellerde, Mülkiyet ve/veya Zemindeki Fiili Durum Yönünden Bir Değişiklik Yaratan İşlemler**

### **5.2.1 Teknik İşlemler**

#### **İptal Edilen AAD ile Oluşan Parsellerin El Değiştirerek Üçüncü Kişilerin Mülkiyetine Geçmesi Durumunda Geri Dönüşüm (Malik Değişikliği/Hak Değişikliği Durumunda Geri Dönüşüm)**

İptal edilen AAD işlemi ile oluşan parselin el değiştirmesi geri dönüşüm ve geri dönüşüm sonrası yeni bir AAD işlemi yapılmasına engel değildir. Cebr-i satış, satış, intikal gibi mahkeme kararı ile el değiştiren taşınmazlar iyi niyetli halefiyet kuralları gereği son halef adına tapuda tescil edilmelidir. Bu doğrultuda Yargıtay 1'inci Hukuk Dairesi'nin 2006/3554 Esas, 2006/4865 Karar sayılı 27.04.2006 tarihli kararında, "*...Davacıların isteği, idari yargı yerinde iptal edilen önceki imar uygulaması sonucu ortaya çıkan durum nedeniyle imar öncesi kadastral hak durumuna dönülmesine dairdir. Açıklanan işleyiş içerisinde davacıların 2524 ada 15 kadastral parseldeki haklarını satış yoluyla edindikleri paydaşların haklarına halef olarak önceki kadastral parsel mülkiyet durumuna dönülmesini istemekte hakları olduğu düşünülmelidir.*" hükmü verilmiştir (URL-9).

#### **İptal Edilen AAD ile Oluşan Parsellerin El Değiştirerek Üçüncü Kişilerin Mülkiyetine Geçmesi Durumunda Düzenleme Ortaklık Payına Giden Kısımların Geri Dönüşümü**

İmar parseli el değiştirmişse, eski malik tüm haklarını devretmiş olduğundan, DOP miktarı da eklenmek suretiyle kadastral parseldeki hak yeni malik adına dönmelidir.

#### **İptal Edilen AAD ile Oluşan Parsellerde Kat Mülkiyeti/Kat İrtifakı Tesis Edilmiş İse Geri Dönüşüm**

AAD işleminin iptali halinde uygulama imar planına uygun olarak verilen yapı ruhsatlarının iptalinin gerekmeyeceği, ancak yeni AAD'ye göre bu yapıların ruhsata bağlanması mümkün değilse, kazanılmış haklar gözetilerek bu aşamadan sonra inşaat ruhsatlarının iptali söz konusudur. Bu durum, Danıştay 6'ncı Dairesi'nin 2003/3434 Esas, 2004/6885 Karar sayılı, 22.12.2004 tarihli kararında, "*Arsa düzenlemesi iptal edilinceye kadar geçen zaman içerisinde yapı ruhsatı alınarak başlanan ve tamamlanan, ruhsatının iptal edildiğine ilişkin bir bilgi ve belge de bulunmayan inşaatın, ruhsata aykırılığı tespit edilmeden ya da ruhsatı iptal edilmeden, sadece dayanağı imar ve parsellasyon planı iptal edildiği gerekçesiyle durdurulmasında mevzuata uyarlık bulunmamaktadır.*" olarak ifade edilmiştir. Aynı konuda aynı Daire tarafından alınan 2002/4645 Esas,

2004/685 Karar sayılı, 11.02.2004 tarihli kararda, “İmar planının yargı kararı ile iptal edilmesi bu plana uygun olarak alınmış ruhsatları ortadan kaldırmayacağından, yapının mühürlenerek durdurulmasına ilişkin işlemlerde hukuka uyarlık bulunmamaktadır.”; 2003/2547 Esas, 2004/6226 Karar sayılı 07.12.2004 tarihli kararda, “Davacıya ait inşaatın bulunduğu bölgenin imar planının ve parselasyon işleminin yargı kararı ile iptal edilmesi sonucunda, plansız alan haline geldiği ve yeni planın yapılmasından sonra taşınmazın durumunun değerlendirileceği açık olduğunda, inşaatın devamına izin verilmemesi yolundaki işlemde hukuka uyarlık bulunmamaktadır.”; 2010/9076 Esas, 2011/469 Karar sayılı, 07.03.2011 tarihli kararda, “Uygulama imar planına karşı açılan davanın yargılama süreci içerisinde yapının inşaat ruhsatına uygun yapıldığının belirlenmesi halinde, yapı ya da yapı kısımları kazanılmış hak kapsamında olur.”; 2003/3435 Esas, K. 2004/6378 Karar sayılı, 08.12.2004 tarihli kararda, “Bir bölgede yapılaşmaya olanak veren imar planı mahkemece iptal edildiği takdirde iptal tarihine kadar ilgilinin hilesi, hatası ya da kusuru olmadan yapıya ruhsatına uygun olarak devam edilmesi durumunda mahkeme kararının verilmesini takiben davalı idarece inşaatın mühürlenmesi, yapının bu tarihe kadar tamamlanmış kısmının ise kazanılmış hakkın varlığı nedeniyle korunması gerekmektedir.” denilmiştir.

İmar ve parselasyon planı mahkeme kararı ile iptal edildiği durumlarda, o plana uygun olarak alınmış olan inşaatta kazanılmış hakların göz önünde bulundurulması gerekmektedir. İptale konu bölgede, kat mülkiyeti veya kat irtifakı tescil edilmiş taşınmazlarda, yapılara verilen ruhsatın dayanağı olan imar planı ve parselasyon işlemleri mahkemece iptal edilmesinden dolayı dayanaksız kaldığından, bu işlemlerin de dayanağı kalmamaktadır. Ancak, kadastral parsel dönüş işlemleri sırasında bu yapıların dikkate alınması gerekmektedir. Bu durumun, düzenleme öncesine dönülecek kadastral parsellerin beyanlar hanesinde gösterilmesi ve bağımsız bölümler üzerinde tesis edilen diğer kişisel ve ayni hakların bu bağımsız bölümlerin arsa paylarının hisseye dönüşmeleri nedeniyle hisseler üzerine taşınması gerekmektedir. Ayrıca, söz konusu yapıların kazanılmış haklar gözetilerek yeni yapılacak AAD işleminde de dikkate alınması ve mümkünse ruhsata bağlanması gerekmektedir.

#### **İptal Edilen AAD Kapsamında Oluşan Bir İmar Parseli ile Bu AAD Sahası Sınırları Dışında Kalan Bir Parselin Tevhidi İşlemlerinde Geri Dönüşüm**

İptal edilen AAD kapsamında oluşan bir imar parseli ile bu AAD sınırları dışındaki bir imar parselinin tevhid işlemleri, iptal edilen AAD üzerinden yapılan bir düzenleme olduğu için mevzuata uygun değildir. Tevhit ile oluşan yeni parsel kadastro ayırma çapı ile ifraz edilerek, AAD sınırları dışındaki parselin yeniden uygulama dışında bırakılması sağlanmalıdır. Bu doğrultuda, Danıştay 6’ncı Dairesi’nin 2002/2368 Esas, 2003/5127 Karar sayılı, 24.10.2003 tarihli kararı, “iptal edilen düzenlemede yer alan parseller üzerinden yapılan düzenlemede mevzuata uyarlık bulunmadığı” yönündedir.

#### **İmar Parseli Satılmışsa Kamu Ortaklık Payına Giden Kısımın Geri Dönüşümü**

KOP’a giden hisse; ilgisi feragat etmedikçe ya da ilgili idare tarafından kamulaştırılmadıkça, o kişi adına tescilli olmaya devam eder. İmar parseline giden hisse ile KOP’a giden hisse artık birbirinden bağımsız parsellerde yer aldığından imar parseli satıldığında, bu satış KOP’a giden kısmı kapsamaz (URL-9).

#### **Malikler Arası İpoteklerin Tapu Sicilinden Terkin Edildiği Durumda Geri Dönüşüm**

2981 sayılı Kanuna göre yapılan AAD işlemi ile kanuni ipotek tesisi mümkündür. Maliklerin rızaları veya mahkeme kararlarına istinaden tapu kütüğünden kanuni ipotek terkinin yapılan parseller, hisselerle ilgili güncel tapu kayıtları dikkate alınıp, bunlara DOP miktarları eklenerek son malikler adlarına tescil edilmelidir.

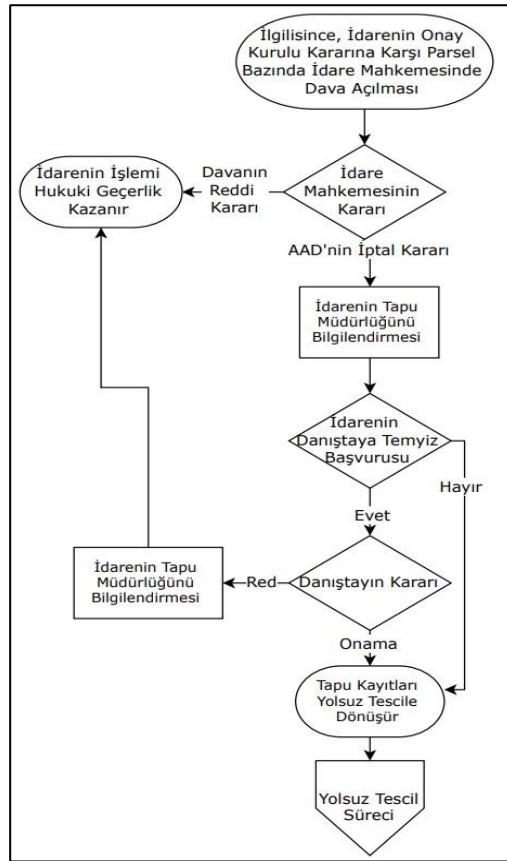
#### **Malikler Arası İpoteklerin Tapu Sicilinden Terkin Edilmediği Durumda Geri Dönüşüm**

Kazanılmış hak, Yargıtay tarafından “yasalara uygun olarak gerçekleşen hak” olarak tanımlandığına; Danıştay tarafından da kazanılmış hakkın var olup olmadığı, genel hukuksal durumların kişilere yönelik uygulanıp uygulanmadığının “kural

tasarruflarla kabul edilen hukuksal olay ve esaslar kişisel durumlara dönüşmedikçe, kazanılmış hakların varlığından söz edilemez.” hükmü uyarınca araştırıldığına göre, haksız ve hukuka aykırı uygulamalar kazanılmış hak yaratmamaktadır. Buna göre; 2981 sayılı Kanuna göre yapılan AAD işleminde dağıtım sonucu alması gerekenden fazla yer alan kişilerin bu fazlalığa gerekçe olan şuyulandırma işlemi mahkemeye iptal edildiğinden ve ipotek işlemleri de dayanaksız hale geldiğinden, uygulama öncesi kadastral hak durumuna dönülmesi gerekir.

## 6. Geri Dönüş İş Akış Diyagramları

Geri dönüşüm işleminin sorunsuzca yürütülebilmesi ve uygulayıcılara klavuzluk etmesi açısından 5’inci Bölümde anlatılanlar dikkate alınarak iş akış diyagramları oluşturulmuştur. İlgilisinin idare mahkemesinde AAD’nin iptali için kendi parseli ile ilgili olarak açtığı dava ile başlayan süreç Şekil 2’de; idare mahkemesinin iptal kararının, yetki ve şekil eksikliği yönünden ya da sebep, konu ve maksat yönünden olması durumunda ilgili idarece yapılacak işlemler Şekil 3 ve Şekil 4’te; iptal kararının uygulanmasında idarece işlem yapılmaması durumunda ilgisince yapılabilecekler Şekil 5’te; ilgisinin açtığı davada tapu kayıtlarının düzeltilmesi Şekil 6’da gösterilmiştir.



Şekil 2: İlgilisinin idare mahkemesinde AAD'nin iptali için kendi parseli ile ilgili olarak açtığı dava ile başlayan süreç (Haciosmanoğlu, 2019)

## 7. Sonuçlar

AAD işlemleri idarenin onay kurulu kararı ile yapılmaktadır. AAD'nin yürürlükteki kurallara uygun biçimde yapıp yapılmadığının denetim aracı idari yargıdır. Taşınmaz malikleri, idarenin işlemine karşı menfaatlerinin ihlal edildiği gerekçesiyle idari yargıda hak aramaktadır. İmar planının hayata geçirilmesi aşamasında yapılan hukuki ve teknik hatalar ile eksiklikler, AAD'nin idari yargıda açılan davalar sonucunda iptal edilmesine sebep olmaktadır. AAD'nin idari yargıda iptal edilmesi sonrası yapılacak işlemler konusunda, 3194 sayılı İmar Kanunu'nun 18. Maddesi'nde ve Arazi ve Arsa Düzenlemesi

Hakkında Yönetmelik'te yapılan son değişikliklerle geri dönüşüm işlemleri ile ilgili getirilen hükümler olumlu ancak, karar verici ve uygulayıcıları yönlendirici yeterlilikte olmadığı söylenebilir. İptal sonrası yapılacak geri dönüş işleminin doğru bir şekilde yapılabilmesi oldukça önemlidir. İşlemler sırasında mülkiyet hakkı ihlal edilmemeli ve herhangi bir hak kaybına sebebiyet verilmemesi bakımından, düzenleme öncesi duruma dönülmesi işlemleri sırasında, her bir uygulama teknik ve hukuki açıdan kendi içinde değerlendirilmeli, kazanılmış hak irdelemesi yapılmalı ve Türk hukuk sistemimizin öngördüğü taşınmaz ilgililerinin iyi niyetli ya da kötü niyetli edinimlerine göre değerlendirilmeli, yargı kararları ve hukukun genel ilkeleri çerçevesinde gerekli incelemeler yapılarak ilgili idarenin iyi niyetli olarak makul bir süre içerisinde geri dönüşüm işlemlerini tamamlaması suretiyle yapılmalıdır. Bunlarla birlikte, geri dönüşüm cetvelleri yeni bir imar uygulamasına altlık teşkil edecek şekilde ve iptale konu uygulamaya tabi tutulan kadastral alan ile iptal kararı gereği düzenleme öncesi kadastral duruma geri dönülen alanın eşit olmasına dikkat edilerek düzenlenmelidir. Bunlarla birlikte, işlemlerin kontrol ve tescil aşaması olan kadastro ve tapu müdürlüklerinin AAD işleminin iptali sonrası geri dönüşüm ile birlikte aynı zamanlı yeni bir AAD işlemini şart koşması da uygun değildir. 3194 sayılı İmar Kanunu'nun 18'inci maddesine bir fıkra ilave edilerek; imar mevzuatına uygun inşa edilmiş yapı bulunan parsellerin kat malikleri adına tescil edilememesi durumunun ortadan kaldırılarak, hukuki ve fiili imkansızlıkların önüne geçilmesi uygundur. Böylece, geri dönüşüm çalışması sonrası yapılacak yeni AAD işleminde yeni bir mağduriyet ortaya çıkmamış olacaktır.



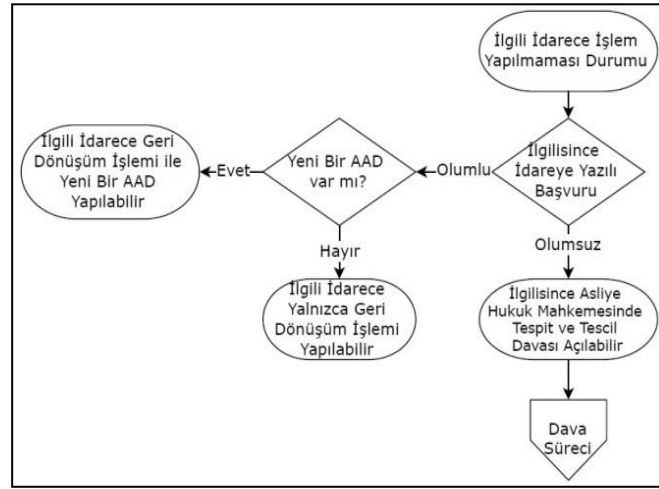
**Şekil 3:** Yetki ve şekil eksikliği yönünden iptal kararı verilen AAD'nde idarelerce yapılacak işlemler (Hacıosmanoğlu, 2019)

Bu makalede yukarıda belirtilen konular dikkate alınarak oluşturulan sonuç ve öneriler şunlardır:

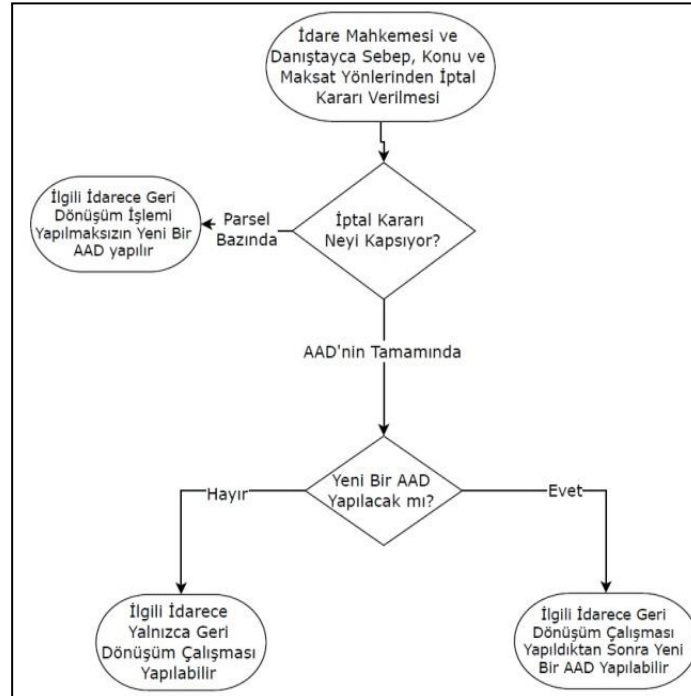
- Aradan yıllar geçtikten sonra gelen AAD iptal kararının gereği yerine getirilirken, edinilen hakların iyi niyetli veya kötü niyetli oluşu yanı sıra, özellikleri ve sonuçları açısından da yargı kararları ve hukukun genel ilkeleri çerçevesinde ayrıntılı incelenmelidir.
- Kazanılmış hakların korunması ve mülkiyet hakkının ihlal edilmemesi açısından her geri dönüşüm çalışması, kendi uygulama alanındaki hukuki ve teknik durumuna göre değerlendirilmelidir.
- İdarelerin mahkeme kararlarını uygulaması hukuki bir zorunluluk olduğundan, ilgili idarenin iyi niyetli olarak bölgenin büyüklüğü, teknik ve hukuki zorluklarına göre mümkün mertebe en kısa sürede tekrar tapu tescillerini tamamlaması önemlidir.
- AAD, yetki ve şekil eksikliği yönünden hukuka aykırı bulunarak iptal edildiyse; idare aynı yolla bir karar alarak bu eksikliği giderebilmektedir. Ancak, AAD, sebep, konu ve maksat yönlerinden iptal edilmişse; bu durumda AAD

işleminin tamamen yok sayılması ve makul bir süre içerisinde ortadan kaldırılması gerekmektedir.

- Yapılaşma oluşmuş olan bir bölgede AAD işleminin idari yargıda iptal edilmesi ile bölgenin mülkiyet ve plan durumu sürüncemeye dönüşebilmektedir. Bu sebeple, AAD işlemlerinin doğru uygulamaları, bölgenin ihtiyacına cevap verecek plan ve AAD yönteminin belirlenmesi önemlidir. AAD'nin iptal kararı sonrası oluşabilecek mülkiyet sorunlarının giderilmesi, maliklerin iptale konu imar parselini uzun yıllar kullanımları sonucu benimsemeleri nedeniyle ve geri dönüşüm çalışması sonrası yeni yapılacak uygulamayı kolaylaştırmak için trampa, takas veya eş değerlik usulü gibi farklı yöntemlerin mevzuata dahil edilmesi önemlidir.



Şekil 4: Sebep, konu ve maksat yönünden iptal kararı verilen AAD'nde idarelerce yapılacak işlemler (Hacıosmanoğlu, 2019)



Şekil 5: İptal kararının uygulanmasında idarece işlem yapılmaması durumunda ilgisince yapılabilecekler (Hacıosmanoğlu, 2019)

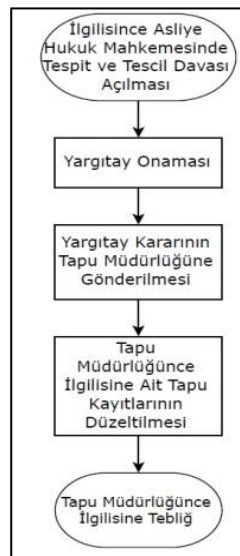
- Geri dönüşüm ile birlikte yeni bir AAD'ye dair bir zorunluluk yoktur. İdarenin zorunluluğu; her halükarda hukuka aykırılığı saptanan ve yasal dayanaktan yoksun hale gelen AAD işlemini geri almaktır. Ancak, mümkünse idarelerin, mahkemenin iptal gerekçeleri doğrultusunda geri dönüşümden sonra tekrar yeni bir AAD işlemi yapmaları



uygundur.

- Kadastral hak durumuna döndüğünde DOP miktarının son malik adına yazılması uygundur.
- Münferit olarak; tek bir parsel bakımından iptal kararı verildiğinde veya bir diğer ifade ile kısmi iptallerde; bu parselin diğerlerinden ayrı tutularak düzenleme öncesine döndürülmesi teknik olarak olanaksızdır. Çünkü; tüm parsellerden DOP kesilmektedir. Bir parselden yapılan kesinti geri alındığında bu tüm parselleri ve dağıtım işlemlerini de etkilemektedir. Bu durum, yargı kararlarında yeterince gözetilmemektedir. Konu yalnızca hukuksal olabilirlik açısından ele alınmaktadır. Bu sebeple, mahkemece karar verilen tapu iptallerinin gerçekleştirilmesi için yapılacak kadastro parsellerine geri dönüş hem teknik yönden hem de mükerrer haklara sebebiyet verdiği için (parsellerin eski yerlerinin başka parsellere tahsis edilmiş olması) mümkün olmamaktadır. Çünkü, iptal edilen AAD ile kadastro parseline dönecek dava konusu parselin AAD işlemi ile sınırları değişmekte, hatta çoğu zaman eski mülkiyet durumu değişmektedir. Bu nedenle kısmi iptallere veya parsel bazlı iptallere, adli yargıda yine aynı sonuçları doğuracak tapu iptal davası açılmadan anayasanın 138'inci maddesi ve bu fıkra paralel olarak getirilen 2577 sayılı İdari Yargılama Usulü Kanunu'nun 28'inci maddesinin 1'inci fıkrasına istinaden, birinci AAD işlemini yapan idarenin iptal kararına uygun olarak kadastral parsellere dönülmeksizin ikinci AAD işlemi yapılmalıdır (Ergen, 2006).
- Sadece talimat ve görüşlerle veya Türk Medeni Kanunu, İmar Kanunu, Kat Mülkiyeti Kanunu gibi mevzuattaki diğer kanunlarla mülkiyet hakkıyla ilgili tesis edilmiş bütün işlemleri geri almak ve yeniden tesis etmek her zaman kolay olmamaktadır. Maliklerin kazanılmış haklarının korunması açısından ve geri dönüşüm işlemlerinde idareler arasında uygulama birliğinin oluşabilmesi için yönetmeliğin detaylandırılması uygun olacaktır.

AAD'nin idari yargı tarafından iptali; düzenleme sınırının tümünde veya tek bir parsel bazında olabilmektedir. Ancak, geri dönüşüm işlemlerinde çoğu zaman başka parseller de etkilenmektedir. İdari yargı denetiminden geçerek AAD'nin tümünde iptal kararı verilmesi, davayı açan malikin yanı sıra düzenleme sahasındaki tüm malikleri etkileyebilmektedir.



Şekil 6: İlgilisinin açtığı davada tapu kayıtlarının düzeltilmesi

Malikleri tarafından uzun yıllar imar parseli olarak kullanılan taşınmazların geri dönüşüm çalışmaları maliklere ve idarelere birtakım zorluklar yaşatmaktadır. İptal tarihine kadar müstakil olarak kullanılan bir imar parseli iptalden sonra geri dönüşüm

işlemi ile kadastral parsel olarak tescil edilmekte ve hisseli parsel haline dönmektedir. Yargının iptal kararına kadar geçen süre içinde tapu sicilinde taşınmazın hukuki durumu ve maliklerin hisse durumunu değiştiren işlemler gerçekleşebilmektedir. Bu durumda, geri dönüşüm işlemlerinde alansal olarak kök parsellere geri dönüşümün yanında maliklerin tapu kütüğünde taşınmaz üzerinde kayıtlı takyidat bilgileri de kök parsellere taşınmaktadır.


Geri dönüşüm işlemlerinde yaşanan sorunları en aza indirmek, doğru bir uygulama birliği oluşturabilmek ve geri dönüşüm işlemi sonrasında açılacak iptal ve tazminat davalarının önlenmesi açısından uygulayıcı ve denetleyici birimler ile mühendislere önemli görevler düşmektedir. Yargının iptal kararının gerekçelerine ve geri dönüşümden etkilenen alana göre yapılacak işlemleri içeren yasal düzenlemelerin ayrıntılandırılması önemlidir.

## Kaynaklar

- Akı, E. (1993). *Hukukun Temel Kavramları* (3. baskı). Fakülteler Kitabevi, İzmir.
- Akış, E. (2014). *İmar Hukukuna Giriş* (2. baskı). Kent Eğitim Danışmanlık, İzmir.
- Akyılmaz, B. (2000). *İdari Usul İlkeleri Işığında İdari İşlemin Yapılış Usulü*, Yetkin Yayınları, Ankara.
- Çelik, K., Uzun, B., Demir, O., & Nişancı, R. (2000). İmar Uygulamalarında Yargı Denetimi Sonuçlarının İkinci Uygulama Yönünden Değerlendirilmesi. *Samsun Barosu Dergisi*, (2-3), 87-88.
- Ergen, C. (2006). *Arsa ve Arazi Düzenlemeleri* (2. Baskı). Seçkin Yayıncılık San. ve Tic. A.Ş., Ankara.
- Haciosmanoğlu, S. (2019). *Arazi ve Arsa Düzenlemelerinin Geri Dönüşüm İşlemlerinde Yargı Kararlarına Dayalı Çözüm Önerileri* (Yüksek Lisans Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Kalabalık, H. (2014). *İmar Hukuku Dersleri* (6. Baskı). Seçkin Yayıncılık San. ve Tic. A.Ş., Esentepe Kampüsü, Sakarya.
- Koçak, H., & Beyaz, M. (2015). *3194 sayılı Kanununun 18' inci Maddesi Gereğince İmar Uygulamaları*, Sonsöz Gazetecilik, Matbaacılık, Reklamcılık, İnş. San. ve Tic. Ltd. Şti., Ankara.
- Köktürk, E. (2007). *Arsa Düzenlemeleri ve Yargı İlişkisi (18. Maddenin İdari Yargıda İptali ve Ortaya Çıkan Sorunlar) Semineri*. HKMO İstanbul Şube Toplantı Salonu, İstanbul.
- Köktürk, E. (2009). Arsa Düzenlemesinin İptali ve Ardından Yapılacak İşlemler. *HKMO İstanbul Şube Bülteni*, Şubat 2009, 3-6.
- Sever, D.Ç. (2006). *Danıştay Kararları Işığında İdare Hukukunda Kazanılmış Hak* (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Tüttüncü, R. (2015). *Danıştay Kararları Işığında İmar Hukukunda Kazanılmış Haklar* (Yüksek Lisans Tezi), (s. 12), Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Ulusoy, A. (2004). Hukuk Devleti ve İdari Faaliyetlerin Gerekleri Yönünden Kazanılmış Hak Kavramı. *Ankara Barosu tarafından düzenlenen Hukuk Kurultayı*, 172-173.
- URL-1: T.C. Danıştay Başkanlığı, Danıştay Dergileri, <http://www.danistay.gov.tr/dergiler.html> (Erişim Tarihi: 29 Eylül 2018).
- URL-2: T.C. Kazancı İçtihat Bilgi Bankası, <http://www.kazanci.com> (Erişim Tarihi: 2 Ekim 2018).
- URL-3: Kararara.com, Yargı Kararı Arama Motoru, Emsal Karar Talep Forumları, Eşya Hukuku, 18 Madde Uygulamalarının Kadastro ve Tapu Tescil ve Süreçler, 18. Madde Uygulamalarının Kadastro ve Tapu Müdürlüklerindeki Kabul ve Tescil Süreçlerinde Karşılaşılan Uygulama Sorunları, <http://www.kararara.com> (Erişim Tarihi: 2 Ekim 2018).
- URL-4: Yargıtay Dergisi, <http://www.yargitaydergisi.gov.tr> (Erişim Tarihi: 22 Ekim 2018).
- URL-5: T.C. Anayasa Mahkemesi Kararlar Dergisi, <http://www.anayasa.gov.tr/icsayfalar/yayinlar/kararlardergisi.html> (Erişim Tarihi: 23 Ekim 2018).
- URL-6: T.C. Anayasa Mahkemesi, Kararlar Bilgi Bankası, <https://kararlarbilgibankasi.anayasa.gov.tr> (Erişim Tarihi: 27 Ekim 2018).
- URL-7: Arslan, S., (2013). İmar Uygulamalarında Geri Dönüşüm, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Tapu Dairesi Başkanlığı, [https://www.tkgm.gov.tr/sites/default/files/icerik/ekleri/imar\\_uygulamalarinda\\_geri\\_donus-imar\\_planlari\\_ve\\_imar\\_uygulamalarinin\\_iptali\\_sonrasi\\_uygulamalar.pptx](https://www.tkgm.gov.tr/sites/default/files/icerik/ekleri/imar_uygulamalarinda_geri_donus-imar_planlari_ve_imar_uygulamalarinin_iptali_sonrasi_uygulamalar.pptx) (Erişim Tarihi: 27 Ekim 2018).
- URL-8: Koçak, H., (2015). "Parselasyonun İptali ve Geri Dönüşüm", <http://www.tapu-kadastro.net/> (Erişim Tarihi: 27 Ekim 2018).
- URL-9: Koçak, H., (2013). "18 Uygulamasının İptali ve Geri Dönüşüm", <http://www.tapu-kadastro.net/> (Erişim Tarihi: 24 Kasım 2018).

URL-10: Koçak, H., (2012). “3194 Sayılı İmar Yasası’nın 18’inci Madde Gereğince Yapılacak Parselasyon ile İlgili Genel Müdürlük Muktezaları”, <http://www.imarkadastro.com/> (Erişim Tarihi: 24 Kasım 2018).

## 3D cadastral standard definition and development using international standards for Turkey cadastral system

Mehmet Alkan<sup>1\*</sup> , Hicret Gursoy Surmeneli<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Yıldız Technical University, Campus of Davutpaşa, Faculty of Civil Engineering, Department of Geomatic Engineering, Esenler, Istanbul, Turkey.

**Abstract:** In the last twenty years, cadastral definitions and terminology have been changed all over the world. For this reason, the two dimensional (2D) cadastral terminology has changed to the three dimensional (3D) cadastral context. The 2014 cadastral declarations do not utterly cover the 3D data model. In these contexts, some international standards have been developed for the cadastral process. LADM is to establish a common ontology for rights, responsibilities and restrictions (RRR) affecting the land administration and its geometric components. The other standards are the Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE) cadastral data themes that are compatible with the LADM data model. However, the INSPIRE cadastral parcels only deal with the geometric part of the cadastral data. Open Geospatial Consortium (OGC) conducts parallel works with ISO / TC 211 committee (ISO/TC 211 is a standard technical committee which is studied areas of digital geographic information and geomatics). OGC within its structure, ISO / TC211 and data standards are similar and compatible. ISO / TC 211 identify high-level and non-direct data models for geographic information producers and users. In this context, the Geo-Marking Language (GML) developed by OGC is a language that enables modelling, storage and sharing of the 3D geometry. Also, it covers the attributes information of geographic objects according to the XML schema. The motivation of the study is to create a standard for a 3D cadastral data model for Turkey by integrating standards with superior and different characteristics. The most important contributions of the study are the evaluation of the Turkish cadastral system within the scope of the international standards (especially LADM) and demonstrating the comparability in the international platform. Another contribution is that the legal dimension of the cadastral system is modelled with international standards, and a model proposal is made for 3D cadastral data.

**Keywords:** 3D cadastre, LADM, International standards

### Türkiye kadastro sistemi için uluslararası standartları kullanarak 3B kadastro standart tanımı ve gelişimi

**Öz:** Son yirmi yılda kadastro tanımları ve terminolojisi tüm dünyada değişmiştir. Bu nedenle, iki boyutlu (2D) kadastro terminolojisi üç boyutlu (3B) kadastro bağlamına dönüşmüştür. 2014 kadastral bildirimleri kadastro nesneleri için 3B veri modelini kapsamamaktadır. Bu bağlamlarda, kadastro süreci için bazı uluslararası standartlar geliştirilmiştir. AİTM, arazi yönetimini ve geometrik bileşenlerini etkileyen haklar, sorumluluklar ve kısıtlamalar (RRR) için ortak bir ontoloji oluşturmaktadır. Diğer standartlar, AİTM veri modeliyle uyumlu olan Avrupa Topluluğu'ndaki Konumsal Bilgi Altyapısı (INSPIRE) kadastro veri temalarıdır. Ancak INSPIRE kadastro parselleri sadece kadastro verilerinin geometrik kısmı ile ilgilidir. Açık Coğrafi Konsorsiyum (OGC), ISO / TC 211 TC211 komitesiyle (ISO / TC 211, dijital coğrafi bilgi ve harita mühendisliği alanlarını inceleyen standart bir teknik komitedir) paralel çalışmalar yürütmektedir. OGC bünyesinde, ISO / TC211 ve veri standartları benzer ve uyumludur. ISO / TC 211, coğrafi bilgi üreticileri ve kullanıcıları için üst düzey ve doğrudan olmayan veri modellerini tanımlar. Bu bağlamda, OGC tarafından geliştirilen Coğrafi İşaretleme Dili (GML-Coğrafya İşaretleme Dili) 3B geometrinin modellenmesini, depolanmasını ve paylaşılmasını sağlayan bir dildir. Ayrıca, (XML) şema yapısına göre coğrafi nesnelerin nitelik bilgilerini de kapsar. Çalışmanın temel amacı, standartları üstün ve farklı özelliklerle bütünleştirerek, Türkiye için bir 3B kadastro veri modeli için bir standart oluşturmaktır. Çalışma dört ana aşamaya dayanmaktadır. İlk adım Türk kadastro sistemini açıklamaktır. Böylece sistemin avantajları ve dezavantajları tartışılmaktadır. İkinci aşamada, uluslararası standartların uyumlaştırılması ve 3B kadastroya katkıları açıklanmıştır. Üçüncü aşamada, Türk kadastro sistemi, 3B kadastro kapsamında mantıklı bir veri modelinin oluşturulmasıdır. Son bölümde modelin değerlendirilmesi, sonuçlar ve bulgular verilmiştir. Çalışmanın en önemli katkıları, Türk kadastro sisteminin uluslararası standartlar (özellikle AİTM) kapsamında değerlendirilmesi ve uluslararası platformda karşılaştırılabilir olduğunun gösterilmesidir. Bir diğer katkı, kadastro sisteminin yasal boyutunun uluslararası standartlara göre modellenmesi ve 3B kadastro verileri için bir model önerisi yapılmasıdır.

**Anahtar Sözcükler:** 3B kadastro, LADM, Uluslararası standartlar

\* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Tel: +90 212 383 5295

Geliş Tarihi/Received: 02.08.2019  
Kabul Tarihi/Accepted: 02.03.2020



0000-0002-7542-5455, alkan@yildiz.edu.tr (Alkan M.)\*  
0000-0002-5078-6588, hsurmeneli@yildiz.edu.tr (Gursoy Surmeneli H.)

## 1. Introduction

From the late 1990s onwards, the three dimensional (3D) cadastral work has been continuing in scientific and institutional terms all over the world. These studies are carried out within the framework of international standards and in the context of cadastre 2014 and 2034 declarations (Aien, 2013; Alkan, Gursoy Surmeneli & Polat, 2018; Stoter, 2004). In Turkey, the management of rapid urbanisation, which is one of the signs and motors for the Turkey economic and land management development is a vital issue that depends on international standards development.

The International Organization for Standardization (ISO), the Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE) and the Land Administration Domain Model (LADM) standards for all over the world should press the cadastral systems. Although most legal cadastral systems provide the possibility to create property rights with 3D boundaries, the primary registration entity is mostly still in a 2D parcel. Moreover, the 2D cadastral system defines parcels according to the shape, spatial unit and parcel corner coordinates. On the other hand, 3D cadastral systems should be comprised of multi-level property situations that are not projected on the plane. Also, the plane cannot be used in the 3D data model and data schemas (Aien, 2013; Alkan et al., 2018; Stoter, Sørensen & Bodum, 2004).

With respect to the 3D Cadastral systems within the scope of Cadastre 2034 vision, it was aimed to provide essential services expected from the cadastre such as knowing all rights, restrictions and responsibilities related to the real estates with these components, access to property and positional content and to direct the future cadastre with the developed policies, models and standards. These are more critical components for defining standards for the 3D cadastral systems.

There are many researches (Alkan et al., 2018; Benhamu & Doytsher, 2003; Doner et al., 2010; Paulsson & Paasch, 2011; Sorensen, 2011; Stoter & Salzman, 2003; Stoter & van Oosterom, 2005) that have discussed the management of the 3D property in cadastral systems and acknowledged that a full 3D cadastre is the best solution. However, the most practical 3D cadastral systems are configured either with multi-layer parcels, such as in Israel (Benhamu & Doytsher, 2003), or with 3D property objects registered on 2D cadastres, such as in Australia, Norway (Stoter & van Oosterom, 2005), Malaysia (Hassan & Rahman, 2011), and the Netherlands (Stoter, Ploeger & van Oosterom, 2013).

In Turkey, cadastre comprises of two parts, which are land registry and spatial information with updated situation, which contains land-use components visualised by topographic symbols in 2D (Alkan & Polat, 2017; Doner, 2010; Polat, Alkan & Gursoy Surmeneli, 2017).

This paper is divided into six sections. Section one is the introduction, in which the motivation and aim of this research are described. The methodology of the study is described in section two. Section three describes the cadastral information system in Turkey that is currently in use and emphasizes the need for its improvement and explain international standards relations about cadastral system. Section four presents how to design and develop 3D cadastral data model by using international standards. Finally, section five and six are discussion and conclusion respectively.

## 2. The Methodology of the Study

This paper explores how the existing Turkish cadastral system can be addressed for the 3D object registration problem based on international standards. The 3D international standard represents 3D legal objects and connection with physical objects. In this regard, the 3D cadastral standard is equipped with the concepts of the Turkish cadastral system (Registration objects), project (Turkey's National Geographic Information System Project (Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi, TUCBS)) and

international standards such as LADM, INSPIRE and OGC.

To develop an experimental 3D cadastral data model for Turkish cadastral system, a methodology called design and development approach is shown in Figure 1. Throughout this design approach, Unified Modelling Language (UML) diagrams, along with textual and graphical descriptions, were used for the representation of all activities, processes, classes and associations.

In this study, the first two steps of the Turkish 3D cadastral system design approach was a review of existing standards, models and tools used in both disciplines with related to the international standards. The next step is the requirement analysis for 3D cadastral model based on international standards for Turkey. Then, a logical data model with international standards, namely LADM is designed. Finally, exploration of the discussion and conclusion parts are expressed in the paper.

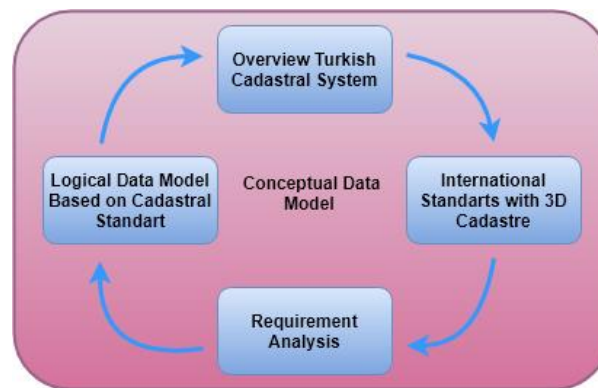


Figure 1: The methodology of the study

### 3. Overview of Turkish Cadastral System

Traditional cadastral systems have begun with dividing the land surface by 2D boundaries. For this reason, 2D parcels constitute the basic unit of the current cadastral maps. Nowadays in Turkey, cadastre system is based on 2D plots which are consists of two basic units, including land registration and cadastral mapping (Doner & Biyik, 2007; Doner & Biyik, 2013, Gursoy Surmeneli & Alkan, 2018). In this context, the land registry records are officially formed by the title and the registry directorate and the maps by the cadastral branches. A 2D graphic representation of most rights, restrictions and responsibilities is possible. The rights, restrictions and responsibilities regarding the 3D are recorded as textual.

Although land parcels are represented as 2D, the use of parcels is volumetric. The use of 3D plots of volume parcels is provided by the real rights determined in the Civil Code. As a consequence, as stated by Doner (2010), legally, the property is already 3D. However, in cadastre, the spatial registration of the property is reduced into 2Ds. In time, the question raises about whether the traditional cadastral registration based on the 2D parcel is sufficient to register all the conditions that emerged in the modern world (Rajabifard, 2014) or it is a necessity of a 3D approach for the cadastre (Doner & Biyik, 2007).

Several studies have been conducted in academic and institutional levels for 3D cadastre in Turkey. The common point of 3D cadastre studies emphasizes the modelling within a certain standard (Alkan, 2005; Aydin, 2008; Aydinoglu, 2010; Coruhlu, Demir, Yildiz & Cete 2016; Doner, 2010; Gursoy Surmeneli & Alkan, 2018; Karatas, 2007). Not only academic studies but also many institutional studies were conducted about standardization of the cadastral system. Some of them are Turkish Land Registry and Cadastre Information System (TAKBIS in Turkish), Land Registry and Cadastre Modernization Project (TKMP in Turkish), TUCBS.

In this context, the cadastral systems of the countries described in the introduction section were examined. Also, the cadastral system in our country was evaluated. Evaluation of Turkish cadastral system within the scope of 3D Cadastre is shown in Table 1, according to the laws of the cadastral object to be registered in the cadastral system of Turkey. The criteria determined in Table 1 were obtained from the studies conducted in the cadastral book (van Oosterom, 2018).

**Table 1:** Evaluation of Turkish cadastral system within the scope of 3D cadastre

<b>General Information</b>	<b>Status 3D Objects' Recording</b>	<b>Right that can be registered in 3D</b>	<b>Legal Definition of the 3D Objects</b>	<b>Existing 3D Object</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Civil law</li> <li>- The right to property is under state guarantee</li> <li>- Title Law</li> <li>- Cadastre Law</li> <li>- Title registration system</li> <li>- Cadastral maps in digital form</li> <li>- Complete all cadastre across the country</li> <li>- Underground structures are not registered</li> <li>- Cable, water, sewage and telecommunication lines are not recorded</li> <li>- Condominium</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2D registration</li> <li>- Real estate, annex and rights are registered</li> <li>- Condominium registration</li> <li>- Registration is mandatory</li> <li>- 3D objects are registered as easement</li> <li>- Easements are represented in 2D on the cadastral map</li> <li>- Architectural plans include 3D information</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Land, Parcel, Buildings, Independent sections and Annex are registered</li> <li>- RRRs on registered objects are recorded</li> <li>- Registered RRRs are represented in 2D</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Registration 3D objects are recorded with easements</li> <li>- The type, scope and application of 3D RRRs are defined in the Civil and Cadastral Law</li> <li>- The law does not have the necessary explanations to register 3D objects</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buildings and annex</li> <li>- Parcels</li> <li>- Easement</li> <li>- Condominium</li> <li>- High voltage lines</li> <li>- Oil and Natural Gas Pipes</li> <li>- Pylon locations</li> <li>- Water channels</li> </ul>
<b>Registered 3D Objects</b>	<b>Presentation of 3D Objects to Cadastral Map</b>	<b>Type of Cadastral Parcel (2D / 3D)</b>	<b>Projects related to Cadastre</b>	<b>Models related to 3D / 4D Cadastre</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Buildings and annex</li> <li>- Parcels</li> <li>- Easement</li> <li>- Condominium</li> <li>- High voltage lines</li> <li>- Oil and Natural Gas Pipes</li> <li>- Pylon locations</li> <li>- Water channels</li> </ul>	2D	2D	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3D Cadastre</li> <li>- TAKBIS</li> <li>- TUCBS</li> <li>- MEGSIS</li> </ul>	—

### 3.1 3D International Cadastral Standards

Nowadays the big question is whether the traditional cadastral registration based on 2D parcels is sufficient to register all the conditions that emerged in the modern world (Rajabifard, 2014) or it is a necessity of a 3D approach for the cadastre (Doner & Biyik, 2007; Doner, 2010). Within this scope, studies have been carried out in International Federation of Surveyors (FIG), which is related with Cadastre 2014 vision and also now included in Cadastre 2034 vision as ongoing. Moreover, INSPIRE, LADM, ISO and OGC have standards for cadastral parcel and spatial object of the cadastral component. Up to now, the ideal cadastral system should have shown the entire legal status of the land including public rights, responsibilities and restrictions.

The first consideration of 3D cadastral issues at international level started in 2001. A study group, so-called 3D cadastres, established in 2002 within the body of FIG is working on the problems encountered in the transition to 3D cadastre and solutions. This commission has two main objectives. The first aim is to provide a universal concept and terminology in 3D cadastre. In this context, ISO 19152 (LADM) envisages the adoption of the Land Modelling Model (Doner et al., 2011). The second aim is to establish common structures in legal, institutional and technical terms to implement 3D cadastre (Doner et al., 2011).

### 3.1.1 The Land Administration Domain Model

The 3D cadastre is a cadastre that provides information on the rights, responsibilities and restrictions on registration not only on the parcel but also the 3D possessive units (Stoter, 2004). In this context, the Land Administration Basic Model (LABM) constitutes a basic class to define the rights, responsibilities and restrictions concerning to the 3 dimension of the real estate. With this class structure, the management of the rights, responsibilities and restrictions that may occur on the spatial unit will be ensured.

The main starting point of the LADM is to establish a common ontology for rights, responsibilities and restrictions affecting the land administration and its geometric components. Thus, it will enable communication among related parties within a country or among different countries (Lemmen, van Oosterom & Bennet, 2015; van Oosterom, Ploeger, Stoter, Thompson & Lemmen, 2006). The LADM is developed in line with the Cadastre 2014 vision and complies with international ISO and OGC standards (Lemmen, van Oosterom, Uitermark, Zevenbergen & Cooper, 2011; Tjia & Coetzee, 2013). Besides, it has been conducted in the studies showing the compatibility of LADM with INSPIRE (Alkan & Polat, 2017).

LADM has three main packages and one sub-package. These are LA\_Party (Party package), LA\_AdministrativePackage (Management package) and LA\_SpatialUnitPackage (Spatial Unit package) and LA\_SurveyingandRepresentation (Surveying and Representation sub-package) (Figure 2).

It also supports the time component of the LABM. The most important feature of the model is to be flexible and it can be expanded within specified standards. It is possible to associate with external classes such as Valuation, Address, and Landcover as required by the model feature.

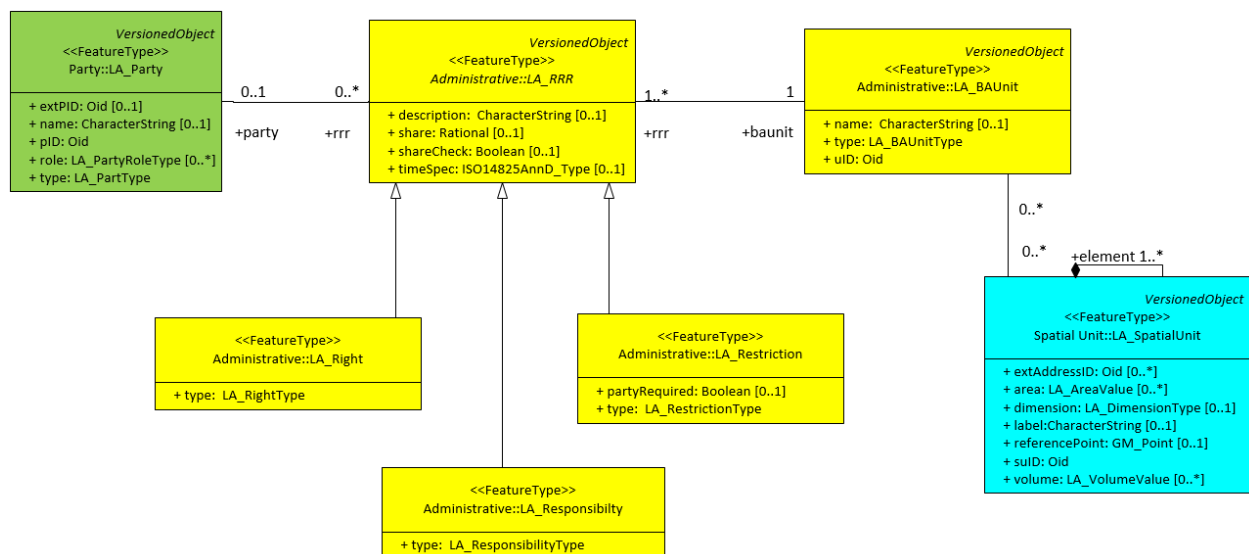


Figure 2: LADM core classes (Lemmen et al., 2015)

### 3.1.2 Infrastructure for Spatial Information in Europe

INSPIRE is an initiative introduced by the European Commission in 2001 together with the member states of the European Union (EU) (Akinci & Comert, 2009; Aydinoglu, 2010; Mataraci, Yomralioglu & Cete, 2009). The formation aims to identify, evaluate, monitor and implement EU policies, and to define the general framework. Within the framework of determination of the structure, the harmonisation of the spatial data between the member states of the EU and ensuring access to reliable and current spatial data is determined as the basic principle. In this context, the studies carried out in line with



environmental policies, including agriculture, transportation and other sectors, at the local, regional and national levels, facilitated the access of the citizens and with corporation of environment to the spatial data.

The INSPIRE directives include 34 spatial data themes. Data themes such as land registry, administrative unit, address, building, land cover, land use are examples of these data themes. The data structure of the cadastral plots is simple, extensible and flexible. In this case, data providers contribute to the most appropriate and practical publication of their data (Aydinoglu & Bovkir, 2017).

INSPIRE cadastral plot is compatible with the LADM data model. However, INSPIRE cadastral parcel only deals with the geometric part of cadastral data. It does not deal with property rights and legal parts on the parcel. However, in addition to the regular section, the LADM includes additional legal and proprietary information, such as rights, restrictions, responsibilities and parties to cadastral parcels.

### 3.1.3 Open Geospatial Consortium Standards

OGC is a non-profit industry association and consists of members working to ensure the interoperability of technologies within positional knowledge and to improve it (Ekin & Cabuk, 2011). OGC conducts parallel works with ISO / TC211 committee. OGC within its structure, ISO / TC211 and data standards are similar and compatible (Aydinoglu, 2010). The vision of OGC is to provide a network, an application or a platform that can be used by anyone carrying out activities with geographical information or location information. Its mission is to make the spatial interface and technical coding standards available to all users (Ekin & Cabuk, 2011). In line with its vision and mission, OGC produces direct sector-oriented standards for sharing the geographic information and interoperability in different software and hardware platforms. ISO / TC 211 identifies high-level and non-direct data models for producers and users of the geographic information. In this context, the GML developed by OGC is a language that enables the modelling, storage and sharing of the geometry. Also, attributes information of geographic objects are subjected according to the XML schema structure (Aydinoglu, 2007).

The TUCBS data model aims to establish a common data standard that different users and sectors need to share in Turkey. In this context, there should be a relationship between data groups and models in a different hierarchy. The institutional level is the lowest level of data. With this approach, TUCBS standards produced from the predictions of ISO, OGC and INSPIRE standards at international level; TAKBIS form the basis for data exchange in applications in different sectors (Aydinoglu & Yomralioglu, 2010; URL-1; URL-2). Besides, TUCBS Conceptual Model comprises of the principles, reference model, scale-resolution and generalisation approaches, general detail model, detail catalogue, application scheme rules, geometry, topology, geographic object identification and temporal management, metadata, data quality and data sharing components. In this context, AD (Address), Building (Building), TK (Land Registry), IB (Administrative Unit), UL (Transportation), HI (Hydrography), AR (Land Cover) in the process of determining TUCBS standards based on conceptual model components are produced by using UML implementation schemes. In determining the conceptual data models of TUCBS data themes, the basic schemes of ISO / TC211 standards and other internationally accepted INSPIRE initiatives are adopted (Aydinoglu and Bovkir, 2017). Figure 3 shows data hierarchy between standards.

## 4. Design and Develop 3D Cadastral Standards for Turkish Cadastral System

Studies on the improvement of cadastral systems around the world and commission studies under FIG have demonstrated the need for the development of cadastral systems with a common standard. ISO / TC211, INSPIRE, OGC and ISO 19152 LADM standards have been developed for the organization of cadastral objects and geographical data. Many countries have implemented cadastral systems and modelled a common standard (Aien, 2013; Guo et al., 2013; Herdlevær, 2018; Steudler,

2015; van Oosterom, 2018). Some academic studies in Turkey is emphasized that cadastral data should be modeled on common international standard (Alkan, 2005; Ayazli, 2006; Aydinoglu & Inan, 2014; Cete & Inan, 2013; Doner, 2010; Kumdakci, 2005). In this context, it is vital to model, analyze and question the cadastral data registered using international standards.

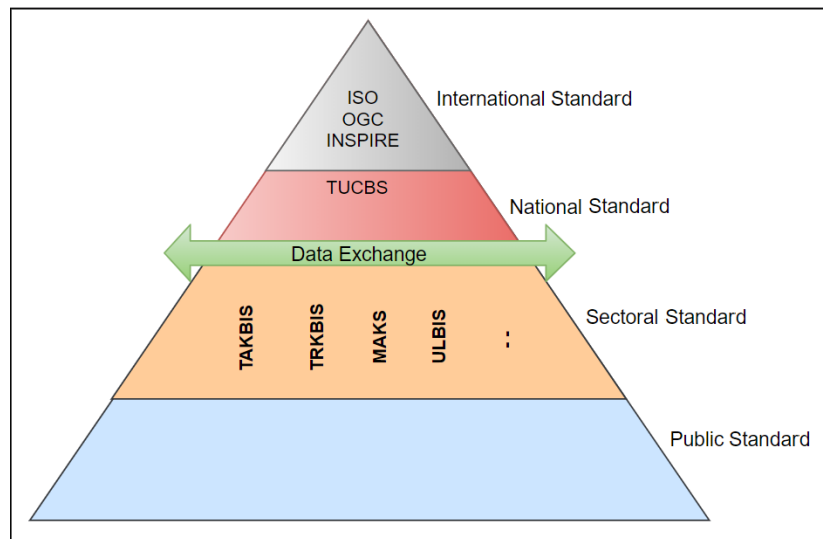


Figure 3: Data hierarchy between standards (URL-1)

When all these studies are evaluated, it is seen that there are studies aimed at improving the existing cadastral system. Besides, another common point of the studies is that the cadastral system is intended to be reshaped within the framework of ISO 19152 LADM, which is an international standard.

LADM standards are developed based on INSPIRE parcel data theme. Besides, according to the ISO 19109 Code of Practice Scheme accepted by OGC, implementation schemes for TUCBS data themes will be produced. The model designed in this study is associated with TUCBS cadastral parcel themes. In this context, the motivation of this research is the creation of a new standard model for the Turkish Cadastre System using Cadastre 2014, 2034 visions and INSPIRE, with storage, regulation, provisional inquiry and 3D land rights analysis, constraints, responsibilities and spatial unit. To this end, it will contribute to the TUCBS project and conduct a new standardization study for the Turkish cadastral system (Figure 4).

#### 4.1 Methods for using Cadastral Standards

In the scope of this study, the following methods will be used in modelling a new standard.

- Qualitative and Quantitative research methods
- The vision of 2014 and 2034 Cadastre
- INSPIRE data themes
- OGC standard
- TUCBS Cadastre and Land Registry data theme
- ISO 19152, LADM.

While both non-written (law, legislation, etc.) and numerical (database, data type, geometry) data will be used, qualitative and quantitative research methods will be utilized in this article. The Cadastre 2014 and 2034 visions, also set by FIG and Australia, have been adopted as guidelines. Accordingly, the criteria in the visions of Cadastre 2014 and 2034 approved by FIG were evaluated within the scope of our study. Case analysis method has been investigated how to keep records of cadastral data's attributes in Turkey. Besides, if the cadastral system of the country is examined, the 3D cadastral objects and their representation in the cadastral system would be examined, as well (Table 1).

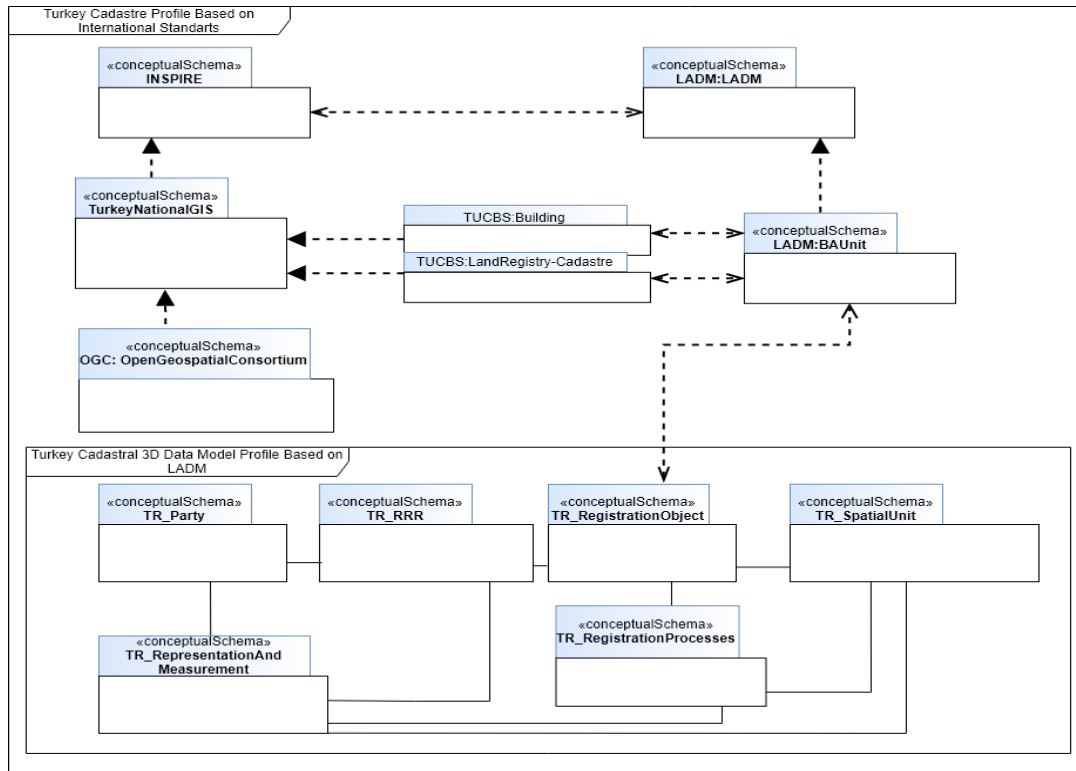


Figure 4: The general 3D cadastre profile based on international standards for Turkey

The quantitative component of the data-driven study explores how cadastral data are represented in Turkish cadastral system. The LADM data model was chosen within the scope of the study because it is an ISO standard, and it can serve better to the cadastral system in Turkey. Besides, INSPIRE, TUCBS and OGC standards are considered and taken as a basis in the model.

## 4.2 Requirement Analysis

Requirement analysis consists of steps as data modelling and database development processes. The necessity levels of requirement analysis can be listed as the collection and identification of critical objects and data elements. The main purpose of the requirement analysis is to define the information about the data and the relationships between each other (Simsion & Witt, 2005).

In order to manage the cadastral standards, which play an active role in the discipline of land management, it is essential to select the appropriate data value, determine the data types and characteristics and select an understandable modelling language. It is necessary to develop the most relevant international standard in line with the country profile.

The process steps performed within the scope of the requirement analysis of the proposed 3D cadastral data model with an international standard are listed as follows.

Determining the necessary data to be used in the design: Qualitative and quantitative research methods were used to analyse the

data. Also associated with the land registry and land management laws in Turkey (Civil Law, Land Law, Cadastre Law, Zoning Law, Condominium Ownership Act) was corrected by examining the shortcomings of the present system. Table 1 also shows evaluation of Turkish cadastral system.

Determination of the data types and properties to be used: The case analysis method was used for how the data were determined as a result of the current situation analysis. The title to be registered is examined, and necessary data types, characteristics and relationships between the data are determined. LADM that is the most suitable cadastral standard for Turkish cadastral system is selected. Besides, the data determined establish relationships between international standards.

Determination of logical data model: Basically, LADM, OGC, INSPIRE Cadastral Parcel data theme, Cadastre 2014 and 2034 visions were taken into consideration. In line with the basic structure of the Turkish cadastral system, the most appropriate data and data types for the 3D cadastral data model were created in Table 2. In the consistent data, the model should consist of detail classes, attributes, values, names, relationships, multiplicities and constraints. Also, the data concepts to be used in the 3D cadastral data model are determined (Table 2 shows the general overview of logical data model).

Creation of conceptual data model: At this stage, the characteristics determined by the conceptual data model are expressed as UML within the logical data model. The identified relationships, concepts and definitions are defined in the model.

### 4.3 Overview of the 3D Cadastral Standard

In this section, the data to be used as a result of the requirement analysis and the data sets created are determined. The data to be used in the model as a result of the analysis are explained in Table 2. As the next process step, the data to be used in the model was matched with LADM and packages to be used in the model design were created (Figure 5). LADM model and 3D Cadastral data model are compared with similar and different aspects are shown (Figure 5). Mapping of the 3D cadastral data model packages and LADM packages is given. Then general overview of the data model packages is explained in this section. Table 2 describes the packages to be used in the model.

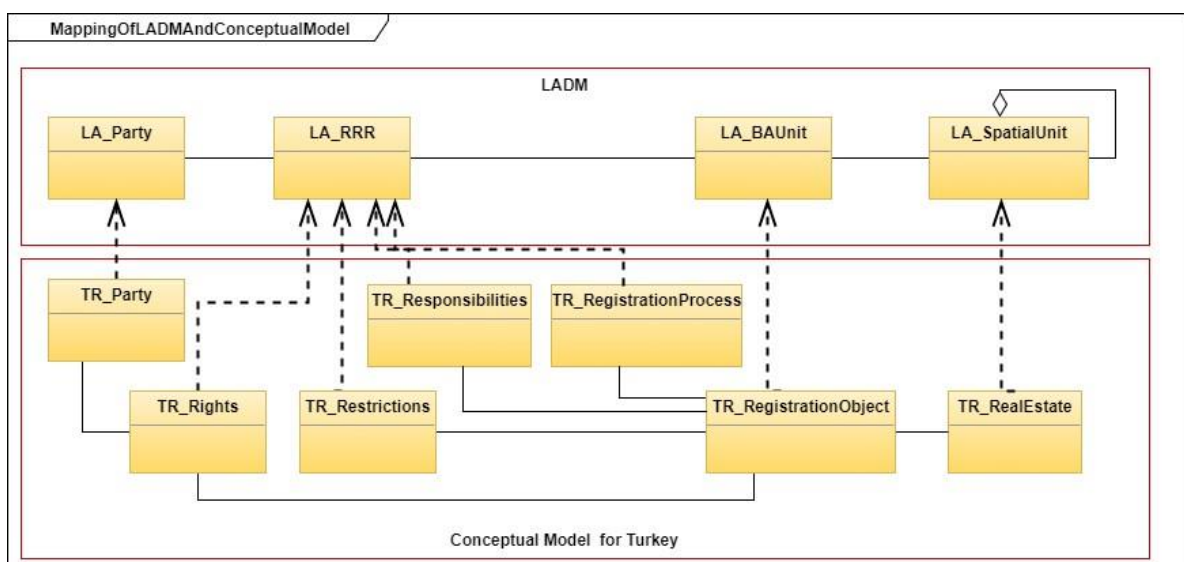


Figure 5: The conceptual model for Turkey

The 3D cadastral data model developed within the scope of the ISO 19152 and LADM standards is given in Figure 6. The model consists of 4 basic classes (TR\_Party, TR\_RRR, TR\_RegistrationProcess and TR\_RegistrationObject) and 24 sub-classes such as TR\_Right, TR\_Representation, TR\_GeometryProcess, TR\_Point, etc.

TR\_Party is a class of ownership that corresponds to the LADM Party class in Turkish Cadastral System. It contains the ownership information about the owner of the immovable property.

Rights, Responsibility and Restrictions involve in TR\_RRR package in which real or legal persons can make savings on a real estate. Also, at the same time, there may be some restrictions on real estate. Besides, the responsibility of the person against real estate is represented. The right class is divided into two sub-classes as property rights and limited rights in kind. The right to own property is the right of real or legal persons to make all kinds of savings, such as the use of property, use, purchase, sale, rent, lending on securities, real estate. A limited in-kind right permits the exercise of several rights on the property owned in contrast to the right to ownership of property. The limited real rights class is divided into two sub-classes as mortgage and easement. The restriction class is the part where the information is being restricted to the use of limited real rights is registered in the title registration and the part where the data is determined. These restrictions are subdivided into representations, rights and liability, annotations and mortgage rights in the land registry. Responsibility is the class in which a person's obligations to be fulfilled are represented. These obligations include the tax on the real estate, maintenance and repair according to the type of real estate, or regular payments and payment of the easement rights related to the real estate. There may be at least one or more types of responsibilities on an immovable.

TR\_RegistrationProcess class has 3 sub-classes. These are TR\_GeometryProcess, TR\_LandUseConversion and TR\_PropertyProcess. The types of geometry process such as subdivision, amalgamation and land subdivision are detailed in the Geometry process. The class of property process consists of transactions, such as sales and gratuity. Result in changes not only in the geometry of the property but also in its ownership. The land-use conversion process class only includes changes that occur in the type of real estate.

TR\_RegistrationObject is the registration process for the person to become official with the title registration rights. The attributes in which the registered objects are registered in the positional unit package are represented. In this context, land, independent and permanent rights and independent sections are registered in the land registry. According to this definition, the registered object class includes land (zoning parcel, cadastral parcel), rights, restrictions and responsibilities on the immovable property, independent sections subjected to condominium ownership.

The SpatialUnit class is the parent class in which all cadastral objects are represented and associated with other classes. The positional unit comprises of parcel sub-classes, buildings and independent sections. The parcel class is the necessary objects of the cadastral system. The building class has a composition relation type with the parcel class. So every building must be on a parcel. The condominium is considered as a spatial unit. A building have none or more independent parts. According to the Property Law, the annex is outside of a condominium. Also, it is directly allocated to that section. The annex cannot be registered alone in the land register. Therefore, the type of 0.\* (0-many) relationship is selected between the condominium and annex. The utility network, electricity, telephone, drinking water, sewerage, natural gas facilities are called as technical infrastructure facilities. In the existing cadastral system in Turkey, utility networks are not registered to the land registry. The existence of a utility network is associated with the parcel or building. In addition, there may not be any utility network equipment under or above each parcel and building. Therefore, the UtilityNetwork class has a type of 0..\* (0 - many) relationships with structure and parcel class. Since the land registry is not registered, the data related to the utility network facility cannot be kept directly in the system. Also, it can be provided with the external class, namely TR\_ExternalUtilityNetwork.

Finally, the survey and representation sub-package involved in the model is the package in which the spatial objects and the geometric status are represented in the rights, restrictions and responsibility processes. The package represents geographic

points, 2D and 3D borders, title and other resources. Attributes of the classes in the package have been created following the INSPIRE and LADM ISO19152 standards.

## 5. Discussion

With the development of modern technology, the 2D cadastre is no longer sufficient to meet property needs. In this context, international standards (LADM, cadastral 2014 and 2034 visions) have been defined to improve 3D cadastre. In line with these standards, many studies have been conducted in many countries. In Turkey, there are insufficient scientific studies on 3D cadastre. These academic studies can be categorized as direct and indirect cadastral studies. The studies carried out within the scope of 3D cadastre are generally aimed at analyzing the cadastral situation of the country, examining the use of easement rights and legal regulations arising from the third dimension and presenting sample database designs for local cadastral installation.

There is also a 3rd dimension to allow the registration of immovable in Turkey on the legal system. However, the representation of the 3rd dimension in cadastral maps is not possible in the current order. Several studies and projects are carried out in the institutional context to improve the Turkish cadastral system. In the institutional framework, there is insufficient information about the 3D cadastre project conducted by GDLRC (General Directorate of Land Registry and Cadastre). Furthermore, TUCBS studies conducted by the General Directorate of Geographical Information Systems of the Ministry of Environment and Urbanization do not yet have a data structure and model work in the context of 3D cadastre. Currently, efforts are underway to standardise and improve the existing cadastral system.

In this context, we determined the limits of our study as 3D cadastral legal object modelling. The standards used in the study and the types of relationships between cadastral objects are defined. Thus, a step was taken towards standardization for the Turkish cadastral system. One of the most important objectives of our study is to create a model in line with standardization. Secondly, the data to be used in the model by defining the standards were created according to the international literature. Table 2 shows the data and explanations used in the model. In addition, it was matched with LADM and the comparison of the Turkish cadastral system on the international platform was provided (Figure 5). Finally, LADM-based modelling of 3D cadastral legal data was performed. It has contributed to the literature regarding the 3D standardization of the Turkish cadastral system through all stages.

## 6. Conclusion

Over the last two decades, with the development of modern technology, the 2D cadastre has no longer been responded adequately to the property needs. In this context, 3D cadastre has come to the agenda instead of 2D cadastre, which is insufficient in terms of today's technology and property requirements. Within the scope of these results, many international studies are carried out (LADM, ISO standards, cadastre 2014 and 2034 visions). These studies continue in institutional and scientific dimensions. In our country, there is no institutional dimension. There are some scientific studies in Turkey. The studies carried out in this context were explained in the article.

**Table 2:** 3D Cadastral data model identified for the using international standard

<b>Classes</b>	<b>Description</b>
<b>TR_Party</b>	<i>It is a real and legal person who has the right to make any transaction on the real estate.</i>
<b>TR_RRR</b>	<i>It is an upper class where Rights, Restriction and Responsibility classes are represented.</i>
<b>TR_Right</b>	<i>It is the state of being able to make all kinds of transactions on the real estate. The person has the Property right and Limited Real Rights on the real estate.</i>
<b>TR_Restriction</b>	<i>It is the part where the information is restricting the use of limited real rights in the land registry. These restrictions can be listed as representations, right and liabilities, annotations and mortgage.</i>
<b>TR_Responsibility</b>	<i>These are the obligations that a person must fulfil on the immovable property.</i>
<b>TR_LimitedRealRight</b>	<i>The limited real rights are divided into two as Mortgage and Easement.</i>
<b>TR_RealRight</b>	<i>The right to property is the right of real or legal persons to make all kinds of savings, such as the use of property, use, purchase, sale, rent, lending on securities, real estate.</i>
<b>TR_Mortgage</b>	<i>The mortgage is both a type of right and restriction. Some rights and restrictions may overlap, such as the mortgage. The mortgage is registered in the land register as in the representations process.</i>
<b>TR_Easement</b>	<i>The Easement right is a type of right that gives the right holder the right to use and benefit from that real estate.</i>
<b>TR_RightandLiability</b>	<i>Rights and Liability class is the part where the rights such as easement, usufruct, right of access, timeshare property rights are registered to the land registry. It is registered in its field as representations.</i>
<b>TR_Representation</b>	<i>The Representation is the process of formalization of some issues regarding the actual and legal status of the real estate. The representations are recorded in the land register. Also, the subject of the transaction, the page number of the land register and the document number.</i>
<b>TR_Annotations</b>	<i>The Annotation process is the part of the restrictions for any immovable property. The annotation process is registered in the area of the land register as in the representations process.</i>
<b>TR_RegistrationProcess</b>	<i>All changes in the land registry cadastre data are registered in the land registry and kept in the archive system. These transactions are classified under the classes that change the Property Process, Geometry Process and Land use conversion classes.</i>
<b>TR_GeometryProcess</b>	<i>The types of geometry process such as subdivision, amalgamation and land subdivision are detailed in the GeometryProcess Class.</i>
<b>TR_LandUseConversion</b>	<i>The land-use conversion process class only includes changes that occur in the type of real estate.</i>
<b>TR_PropertyProcess</b>	<i>This class consists of transactions, such as Sales and Gratuity. The result in changes not only in the geometry of the property but also in its ownership.</i>
<b>TR_RegistrationObject</b>	<i>The real estate registered to the land registry is called registered objects. In this context, Land (parcel), Independent and permanent rights (RRR, Registration Process) and Spatial Unit (Building, Building Unit, Annex and Parcel) are registered in the land registry.</i>
<b>TR_SpatialUnit</b>	<i>The SpatialUnit class is the parent class in which all cadastral objects are represented and associated with other classes. The positional unit consists of sub-classes of parcels, buildings and independent sections.</i>
<b>TR_Parcel</b>	<i>The parcel class is the primary class of the cadastral system.</i>
<b>TR_Building</b>	<i>The building class has a composition relation type with the parcel class. So every building must be on a parcel.</i>
<b>TR_BuildingUnit</b>	<i>The condominium is considered a spatial unit. A building can have no or more independent parts.</i>
<b>TR_UtilityNetwork</b>	<i>As Utility network, electricity, telephone, drinking water, sewerage, natural gas facilities are called technical infrastructure facilities. In the existing cadastral system in our country, utility networks are not registered to the land registry. The existence utility network is associated with the parcel or building through which it passes over or under.</i>
<b>TR_Annex</b>	<i>According to the Property Law, the Annex is outside of a condominium. Besides, it is referred to directly as allocated to that section. The annexe cannot be registered alone in the land register.</i>
<b>TR_BoundaryFaceString</b>	<i>The BoundaryFaceString class is the classes used to represent the boundaries of the spatial unit in 2D.</i>
<b>TR_BoundaryFace</b>	<i>BoundaryFace class is the classes used to represent the boundaries of the spatial unit in 3D.</i>
<b>TR_Point</b>	<i>The point class is the base class of the SurveyandRepresentation Sub-package. It is associated with the SpatialUnit class directly.</i>
<b>TR_Source</b>	<i>The Source class is the class in which all kinds of geometric or written resources are represented related to Point, SpatialUnit, RegisterObject, RRR, RegistrationProcess and Party classes.</i>

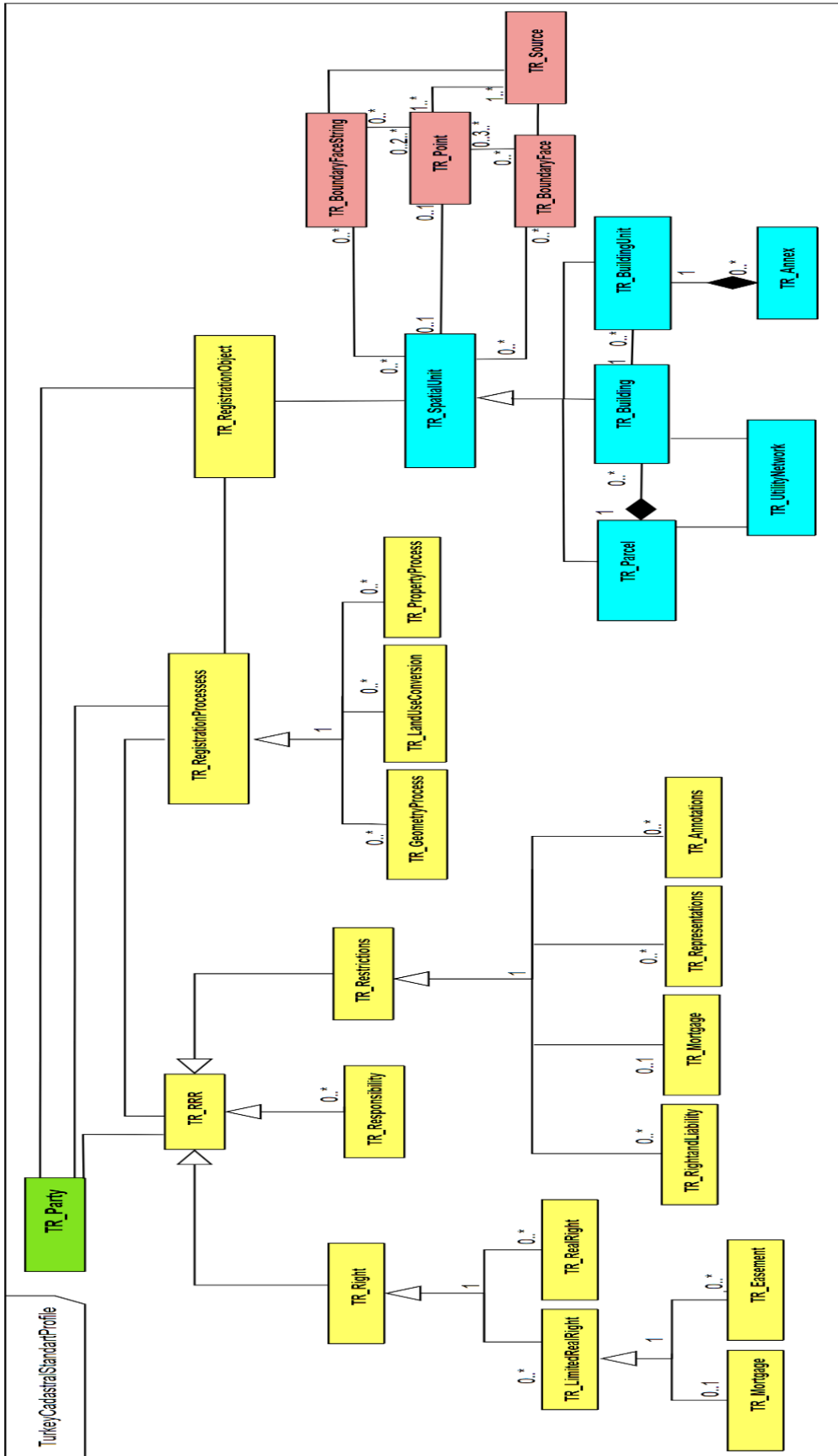


Figure 6: A general overview of 3D cadastral data model developed within the scope of the ISO 19152 and LADM standards.



The international standards related to 3D cadastre are ISO 19152 and LADM, which are essential step in terms of standardization and communication of cadastre and land management systems. On the other hand, the other necessary components are OGC and INSPIRE standards that are based on positional data management as well as ISO standards. Also, the management of 3D data/rights/boundaries will be significantly facilitated. In this study, the international standards based on 3D cadastral surveying proposals for Turkey have been introduced. Also, the rule is proposed for 3D Turkish cadastre as a result of these proposals. These designed standards are essential in terms of establishing a basis for future institutional and scientific studies in Turkey.

As a result, the representation of 3D cadastral data models have been developed based on the international standard, which is LADM and a conceptual model design was made. Thus, it is concluded that the existing Turkish cadastral system and data organization are compatible with a data model based on international standards. Besides, the model is designed to be consistent with the developed 3D cadastral data management in Turkey. It will accelerate the establishment of spatial data infrastructure in Turkey by the designed model. Finally, 3D cadastral data model standards proposed with a controlled and rapid transition to information systems will be provided. Besides, the use of international 3D cadastral standards will not only provide interoperability but will also provide an international experience to provide better service for the Turkish cadastral system.

## References

- Aien, A. (2013). *3D cadastral data modelling* (Doctoral Dissertation), University of Melbourne, Department of Infrastructure Engineering, Victoria, Australia.
- Akinci, H., & Comert, C. (2009). TUCBS ve INSPIRE teknik mimarisi, *12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara (In Turkish).
- Alkan, M. (2005). *Tapu ve kadastro verilerine yönelik zamansal coğrafi bilgi sistemi tasarımı* (Doctoral Dissertation), Karadeniz Technical University, Graduate Institute of Natural and Applied Sciences, Trabzon, Turkey (in Turkish).
- Alkan, M., & Polat, Z. A. (2017). Design and development of LADM-based infrastructure for Turkey. *Survey review*, 49(356), 370-385.
- Alkan, M., Gursoy Surmeneli, H., & Polat, Z.A. (2018). Design and Determine Cadastral and Land Management Performance of Turkey with Cadastre 2034 Vision, *XXVI FIG Congress*, Istanbul.
- Ayazli, E. (2006). *Üç boyutlu kadastro* (Master Thesis). Yıldız Technical University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Istanbul, Turkey (in Turkish).
- Aydin, C. C. (2008). Usage of underground space for 3D cadastre purposes and related problems in Turkey. *Sensors*, 8(11), 6972-6983.
- Aydinoglu, A.C. (2007). ISO / TC211-coğrafi bilgi standartları, *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, Trabzon (In Turkish).
- Aydinoglu, A.C. (2010). Coğrafi veri yönetiminde standart kavramı, *3. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri sempozyumu*, Kocaeli (In Turkish).
- Aydinoglu, A. C., & Yomralioglu, T. (2010). A harmonised GI model for urban governance. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Municipal Engineer* (Vol. 163, No. 2, pp. 65-76). Thomas Telford Ltd.
- Aydinoglu, A. C., & Inan, H. I. (2014). Developing land registry and cadastre base data model for land management applications. *FIG Congress 2014*.
- Aydinoglu, A. C., & Bovkir, R. (2017). Generic land registry and cadastre data model supporting interoperability based on international standards for Turkey. *Land use policy*, 68, 59-71.
- Benhamu, M., & Doytsher, Y. (2003). Toward a spatial 3D cadastre in Israel. *Computers, Environment and Urban Systems*, 27(4), 359-374.
- Coruhlu, Y. E., Demir, O., Yildiz, O., & Cete, M. (2016). The relation between structured cultural heritages and condominium towards 3D cadastre. *Survey review*, 48(351), 438-449.
- Cete, M., & Inan, H.I. (2013). Kadastroda Modern Eğilimler ve Türkiye Kadastro, *14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*,

- Ankara (In Turkish).
- Doner, F., & Biyik, C. (2007). Defining 2D Parcels in 3D Space by Using Elevation Data, *FIG Working Week 2007 Hong Kong SAR, China*.
- Doner, F. (2010). *Türk kadastro sistemi için üç boyutlu yaklaşım* (Doctoral Dissertation), Karadeniz Technical University, Graduate Institute of Natural and Applied Sciences, Trabzon, Turkey (in Turkish).
- Doner, F., Thompson, R., Stoter, J., Lemmen, C., Ploeger, H., van Oosterom, P., & Zlatanova, S. (2010). 4D cadastres: First analysis of legal, organizational, and technical impact—With a case study on utility networks. *Land Use Policy*, 27(4), 1068-1081.
- Doner, F., Thompson, R., Stoter, J., Lemmen, C., Ploeger, H., van Oosterom, P., & Zlatanova, S. (2011). Solutions for 4D cadastre—with a case study on utility networks. *International journal of geographical information science*, 25(7), 1173-1189.
- Doner, F., & Biyik, C. (2013). Conformity of LADM for Modeling 3D/4D Cadastre Situations in Turkey, *5th Land Administration Domain Model Workshop*, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Ekin, E., & Cabuk, A. (2011). OGC Olanakları ile CBS Tabanlı Hizmet Yönetimi: Akıllı Altyapı, *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, Elazığ (In Turkish).
- 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.
- Gursoy Surmeneli, H., & Alkan, M. (2018). Design and Determine 3D Cadastral Systems: A Case Study of Turkey, *6th International FIG 3D Cadastre Workshop*, Delft, The Netherlands.
- Hassan, M., & Rahman, A. (2011). Unique identifier for 3D cadastre objects registration, *The 2nd international workshop on 3D cadastres*, Delft, The Netherlands.
- Herdlevær, H. (2018). *Cadastral template*. Norwegian Mapping and Cadaster Authority Director Cadastral Department.
- Karatas, K. (2007). *Kentsel teknik alt yapı tesisleri, kadastrosu ve Türkiye'deki uygulamaların organizasyonu* (Doctoral Dissertation), Karadeniz Technical University, Graduate Institute of Natural and Applied Sciences, Trabzon, Turkey (in Turkish).
- Kumdakci, S. (2005). *Kadastral amaçlı bilgi sistemlerinde 3 boyutlu modelleme ve görselleştirme tekniklerinin kullanılması konusunda bir araştırma* (Master Thesis). Yıldız Technical University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Istanbul, Turkey (in Turkish).
- 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. *UDMS 2011*, Delft, The Netherlands.
- Lemmen, C., van Oosterom, P., & Bennett, R. (2015). The land administration domain model. *Land use policy*, 49, 535-545.
- Mataracı, O., Yomralıoğlu, T., & Cete, M. (2009). AB'de Kadastro Parselinin INSPIRE Direktifleri Kapsamında Değerlendirilmesi ve Türkiye'nin Yeri. *14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara (In Turkish).
- Paulsson, J., & Paasch, J.M., (2011). 3D property research – A survey of the occurrence of legal topics in publications. *The 2nd international workshop on 3D Cadastres*, Delft, The Netherlands.
- Polat, Z. A., Alkan, M., & Gursoy Surmeneli, H. (2017). Determining strategies for the cadastre 2034 vision using an AHP-Based SWOT analysis: A case study for the turkish cadastral and land administration system. *Land Use Policy*, 67, 151-166.
- Rajabifard, A. (2014). 3D Cadastres and Beyond, *4. International Workshop on 3D Cadastres*, Dubai, United Arab Emirates.
- Simson, G.C., & Witt, G.C. (2005). *Data modeling essentials* (3rd ed.). Amsterdam; Boston: Morgan Kaufmann Publishers.
- Sorensen, E.M. (2011). 3 Dimensional property rights in Denmark, 3D property design is working – Visualization not. *The 2. international workshop on 3D cadastres*, Delft, The Netherlands.
- Stuedler, D. (2015). Dimension cadastre – stepping beyond limits. *FIG working Week from the Wisdom of the Ages to the Challenges of the Modern World*, Sofia, Bulgaria.
- Stoter, J. E., & Salzmann, M. E. (2003). *Where do cadastral needs and technical possibilities meet?* In van Oosterom, P.J.M., & Lemmen C.H.J. (2003), *Cadastral systems III, 3D cadastre*. *Computers, Environment and Urban Systems (CEUS)*.
- Stoter, J.E. (2004). *3D Cadastre* (Doctoral Dissertation). TU Delft, the Netherlands.
- Stoter, J., Sørensen, E. M., & Bodum, L. (2004). 3D registration of real property in Denmark. *FIG Working Week*, Athens, Greece.
- Stoter, J. E., & van Oosterom, P. J. M. (2005). Technological aspects of a full 3D cadastral registration. *International Journal of Geographical Information Science*, 19(6), 669-696.
- Stoter, J., Ploeger, H., & van Oosterom, P. (2013). 3D cadastre in the Netherlands: Developments and international

applicability. *Computers, Environment and Urban Systems*, 40, 56-67.

Tjia, D., & Coetzee, S. (2013). Application of the Land Administration Domain Model to the city of Johannesburg land information system. *South African Journal of Geomatics*, 2(3), 260-279.

van Oosterom, P., Ploeger, H., Stoter, J., Thompson, R., & Lemmen, C. (2006). Aspects of a 4D cadastre: a first exploration. In *In: Proceedings of Shaping the Change, XXIII international FIG congress*.

van Oosterom, P. (2018). Best Practices 3D Cadastres. *International Federation of Surveyors (FIG): Copenhagen, Denmark*.

URL-1: Turkey's National Geographic Information System Determination Standard Project: TUCBS conceptual model components, T. C. Ministry of Environment and Urbanization General Directorate of Geographical Information Systems. <https://webdosya.csb.gov.tr/csb/dokumanlar/cbs0008.pdf> (Accessed: 7 April 2019).

URL-2: NEN 3610: Land-information terrain model - Terms, definitions and general rules for the classification and coding of objects related to the earth's surface. <https://www.nen.nl/NEN-Shop-2/Standard/NEN-36101995-nl.htm> (Accessed: 10 December 2018).





# Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi

## Journal of Geodesy and Geoinformation

# İÇİNDEKİLER - CONTENTS

### ARAŞTIRMA MAKALELERİ / RESEARCH ARTICLES

- Çok zamanlı polarimetrik SAR verileri ile tarımsal ürünlerin sınıflandırılması  
Crop classification using multi-temporal polarimetric SAR data ..... 1-10  
*Mustafa Üstüner, Füsun Balık Şanlı*
- Güneş enerjisi santrallerinin yer seçimi için uygunluk haritasının oluşturulmasında klasik ve bulanık mantığa dayalı yöntemlerin analizi: Menemen örneği  
Analysis of classical and fuzzy-logic based methods to generate suitability maps for solar power plants:  
The case of Menemen ..... 11-28  
*Melis Uzar, Hüseyin Koca*
- Taşınmaz değer haritalarının coğrafi bilgi sistemleri ile üretilmesi: Çanakkale örneği  
Production of real estate value maps with geographical information systems: The case of Çanakkale ..... 29-46  
*Müge Özgüven, Ramazan Cüneyt Erenoğlu*
- Arazi ve arsa düzenlemelerinin geri dönüşüm işlemlerinde yargı kararlarına dayalı öneriler  
Suggestions on the reversing process of the land readjustment based on judicial decisions ..... 47-69  
*Sinem Hacıosmanoğlu, Hülya Demir*
- 3D cadastral standard definition and development using international standards for Turkey cadastral system  
Türkiye kadastro sistemi için uluslararası standartları kullanarak 3B kadastro standart tanımı ve gelişimi ..... 70-85  
*Mehmet Alkan, Hicret Gürsoy Sürmeneli*

