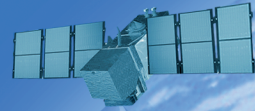


[Cilt/Volume:07] [Sayı/Issue:02] [Kasım/November 2020] [Dergi No/Journal No.:112] [ISSN: 2147-1339] [e-ISSN: 2667-8519]

# JEODEZİ VE JEODİNFORMASYON DERGİSİ

JOURNAL OF  
GEODESY AND GEOINFORMATION



TMMOB

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

UCTEA Chamber of Survey and Cadastre Engineers



TMMOB

**Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası**

**Yayıncı / Publisher**

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

**Yayın İdare Merkezi / Head Office**

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

**Tasarım ve Mizanpaj / Design & Layout**

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

**Baskı & Cilt / Printing & Binding**

Elma Teknik Basım  
www.elmateknikbasim.com  
Tel: 312 229 92 65

**Baskı Tarihi / Publication Date: Kasım 2020 / November 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:02] [Kasım/November 2020] [Dergi No/Journal No.:112]

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

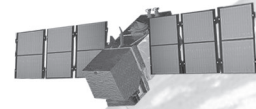


UCTEA

**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. Tarık 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. Cemal Özer YİĞİT,  
Gebze Teknik 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,  
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar

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

Doç. Dr. Nusret DEMİR,  
Akdeniz Üniversitesi, Antalya

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

Doç. Dr. Saygın ABDİKAN,  
Hacettepe Üniversitesi, Ankara

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

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

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

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 Utkan Mustafa DURDAĞ,  
Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin

## SAHİBİ (HKMO adına)

OWNER (on behalf of CSCE)  
Ali İPEK

HKMO, Ankara

## YAZI İŞLERİ MÜDÜRÜ

MANAGING EDITOR

Timur Bilinç BATUR

HKMO, Ankara

## YAYIN KURULU / PUBLICATION BOARD

Bahattin ERDOĞAN, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Nursu TUNALIOĞLU, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Tarık TÜRK, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas

Taylan ÖCALAN, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Onur SEVENCAN, HKMO, Ankara



# JEOİNFORMASYON DERGİSİ AND GEOINFORMATION

## Dergi Hakkında

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

## Amaç ve Kapsam

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

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

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

## Makale Gönderme

Makale gönderme, değerlendirme ve düzenleme süreçleri <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

- Fractal surfaces of synthetical DEM generated by GRASS GIS module r.surf.fractal from ETOPO1 raster grid  
ETOP01 raster verisinden sentetik SYM fraktal yüzeylerinin GRASS GIS r.surf.fractal modülü ile elde edilmesi..... 86-102  
*Polina Lemenkova*
- Potansiyel ağaçlandırma sahalarının analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi  
Detection of potential afforestation fields by analytical hierarchy process and geographical information systems ..... 103-120  
*Muhammed Kürşad Muğla, Tarık Türk*
- Tekrarlı yaya yürüyüşü ve kısa süreli kinematik GPS+GLONASS gözlemleriyle PPP yönteminin performans analizi  
Performance analysis of PPP method with repeatedly pedestrian walk and short-time kinematic GPS+GLONASS  
observations..... 121-132  
*Nursu Tunalıoğlu*
- Telekomünikasyon sektöründe kullanılan ek odası kapaklarının sokak düzeyi görüntülerinden tespit edilme başarımının değerlendirilmesi  
Evaluation of the performance of detecting the manhole used in the telecommunication sector  
from the street-level images ..... 133-154  
*Ahmet Eğri, Caner Güney*
- Kamulaştırmасız el atma ve hukuki el atma kavramlarının tüzel gelişiminin incelenmesi  
Investigating the legal progress of confiscation without expropriation and confiscation without expropriation by plans ..... 155-183  
*Ahmet Yılmaz*
-

## Fractal surfaces of synthetical DEM generated by GRASS GIS module r.surf.fractal from ETOPO1 raster grid

Polina Lemenkova<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Ocean University of China, College of Marine Geo-sciences, Qingdao, Shandong, China.

**Abstract:** The research problem is about to generate artificial fractal landscape surfaces from the Digital Elevation Model (DEM) using a stochastic algorithm by Geographic Resources Analysis Support System Geographic Information System (GRASS GIS) software. Fractal surfaces resemble appearance of natural topographic terrain and its structure using random surface modelling. Study area covers Kuril-Kamchatka region, Sea of Okhotsk, North Pacific Ocean. Techniques were included into GRASS GIS modules (r.relief, d.rast, r.slope.aspect, r.mapcalc) for raster calculation, processing and visualization. Module 'r.surf.fractal' was applied for generating synthetic fractal surface from ETOPO1 DEM GeoTIFF using algorithm of fractal analysis. Three tested dimensions of the fractal surfaces were automatically mapped and visualized. Algorithm of the automated fractal DEM modelling visualized variations in steepness and aspect of the artificially generated slopes in the mountains. Controllable topographic variation of the fractal surfaces was applied for three dimensions: dim=2.0001, 2.0050, 2.0100. Auxiliary modules were used for the visualization of DEMs (d.rast, r.colors, d.vect, r.contour, d.redraw, d.mon). Modules 'r.surf.gauss' and 'r.surf.random' were applied for artificial modelling as Gauss and random based mathematical surfaces, respectively. Univariate statistics for fractal surfaces were computed for comparative analysis of maps representing continuous fields by module 'r.univar': number of cells, min/max, range, mean, variance, standard deviation, variation coefficient and sum. The paper includes 9 maps and GRASS GIS codes used for visualization.

**Keywords:** GRASS GIS, Fractal surface, Digital elevation model, Grid, ETOPO1

### ETOPO1 raster verisinden sentetik SYM fraktal yüzeylerinin GRASS GIS r.surf.fractal modülü ile elde edilmesi

**Öz:** Araştırma problemi, GRASS GIS yazılımı ile stokastik bir algoritma kullanılarak Sayısal Yükseklik Modeli'nden (SYM) yapay fraktal yüzeylerin üretilmesidir. Fraktal yüzeyler, doğal topografik arazinin görünümüne ve yapısına rastgele yüzey modellemesi kullanılarak benzerler. Çalışma alanı Kuril-Kamçatka bölgesini, Okhotsk Denizi'ni, Kuzey Pasifik Okyanusu'nu kapsamaktadır. Raster hesaplama, işleme ve görselleştirme için kullanılan yöntemler GRASS GIS modüllerini (r.relief, d.rast, r.slope.aspect, r.mapcalc) içermektedir. Fraktal analiz algoritması kullanılarak ETOPO1 DEM GeoTIFF'den sentetik fraktal yüzey oluşturmak için 'r.surf.fractal' modülü uygulanmıştır. Fraktal yüzeylerin test edilen üç boyutu otomatik olarak haritalanmış ve görselleştirilmiştir. Otomatik fraktal DEM modellemesinin algoritması kullanılarak dağlık alanlarda yapay olarak üretilen yamaçların dikliği ve yönü bakımından oluşturulan varyasyonlar ile görselleştirmeler yapılmıştır. Fraktal yüzeylerin kontrol edilebilir topografik varyasyonu üç boyut için uygulanmıştır: dim = 2.0001, 2.0050, 2.0100. DEM'lerin görüntülenmesi için yardımcı modüller kullanılmıştır (d.rast, r.colors, d.vect, r.contour, d.redraw, d.mon). Yapay modelleme için 'r.surf.gauss' ve 'r.surf.random' modülleri Gauss ve rasgele tabanlı matematiksel yüzeyler olmak üzere sırasıyla uygulanmıştır. Fraktal yüzeyler için tek değişkenli istatistikler 'r.univar' modülüne göre sürekli alanları temsil eden haritaların karşılaştırmalı analizi için hesaplanmıştır: hücre sayısı, min / maks, aralık, ortalama, varyans, standart sapma, varyasyon katsayısı ve toplam. Makalede 9 harita ve görselleştirme için kullanılan GRASS GIS kodları bulunmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** GRASS GIS, Fraktal yüzey, Sayısal yükseklik modeli, Grid, ETOPO1

## 1. Introduction

Fractals are infinitely complex patterns of the dynamic systems, self-similar across different scales created by repeating a recursive iterative process in a feedback loop (Briggs, 1992; Mandelbrot, 1982). The most well-known example of abstract fractals is Mandelbrot Set (Mandelbrot, 2004) represented by Benoît Mandelbrot, who first recognized fractal nature of Earth's relief. As commonly used and described both in pure mathematical and nature sciences (Edgar, 2007; Falconer, 2003; Feder, 2013; Gordon, 2000; Muzy, Bacry, & Arneodo, 1993; Panchev, 1971); fractal algorithms are also well applicable in geographic studies for spatial analysis aimed at classifying and investigating variations in Earth's relief.

The phenomenon of Earth's topography consists in its partial self-similarity repeating fractal structure of the landscapes at various dimensions where the theory of fractals is well applicable. Simulating spatial fractals in topographic modelling uses the mathematics of fractal iterations and reproduces many of the spatial scaling patterns of the landscapes. Fractal dimension is the most important measure of the algorithm. Thus, as well known, the dimension of a line in Euclidean space is one, a plane area in the Cartesian XY coordinate system is two, and the 3 dimensional (3D) area is three. Depending on the curvature of the line, it may appear similar to a band and take a larger proportion of an area. Mandelbrot suggested computing the complexity (curvature) of a line by applying a single dimension between 1 and 2 for a line, or between 2 and 3 in a surface (Mandelbrot, 1967, 1975).

Development of the nonlinear theory of fractal surfaces in geospatial sciences mostly focused on the geological and environmental aspects, including the analysis of the landscape patchiness, ore minerals resources formation, growth and structure, soil taxonomy, geodynamics simulation, modelling resources distribution (Ibanez, Arnold, & Ahrens, 2009; Imre, Novotný, & Rocchini, 2012). The fractal modelling focuses on minimizing the divergence between mathematical models and natural reality of the Earth since the phenomena of the resource distribution is inherently irregular and it is not straightforward to quantify both its physical structure and geographic arrangement.

There are various methodological approaches to fractal modelling. For instance, several methods to estimate the fractal dimension of surface intensity were programmed in Matlab (Gonzales-Barron & Butler, 2005), specially designed software used for plants' model generation as fractal objects was well-reviewed by De La Re, Abad, Camahort and Juan (2009) in An Ivy Generator (URL-1), FracTree (URL-2), botanic modelling by LStudio (URL-3), Xfrog modelling (URL-4). Fractal surfaces can be also generated by Python language (van Rossum & Drake Jr, 1995) and by package 'fractal' in R programming language (R Core Team, 2017).

Practical applicability of the theory of fractals is quite diverse. Fractals are used to assess non-linear variability in geophysics (Malinverno, 1990; Schertzer & Lovejoy, 1991, 1993), for universal graphical simulations (Pecknold, Lovejoy, Schertzer, Hooge, & Malouin, 1993) or terrain generation and modelling (Pickover, 1995; van Pabst & Jense, 1996), modelling artificial landscapes and other environmental data (Burrough, 1981), artificial modelling of the topographic surfaces, geomorphological and computer mapping (Mark & Aronson, 1984; Scheidegger, 1970), texture analysis and classification (Peleg, Naor, Hartley, & Avnir, 1983), in cartographic plotting (Dutton, 1981), in geomorphological terrain modelling and geomorphometry (Evans, 1972, 1979; Prusinkiewicz & Hammel, 1993) to mention but a few.

Geographic Resources Analysis Support System Geographic Information System (GRASS GIS) is a scripting-based general-purpose GIS for management, processing, analysis, modelling and visualization of georeferenced data. In GRASS GIS the idea of fractals algorithms is implemented by an 'r.surf.fractal' module, which enables to create artificial patterns on the surface from the initial raster grid using algorithms of surface generation (Saupe, 1988). The GRASS GIS module



'r.surf.fractal' uses Fastest Fourier Transform in the West (FFTW) (URL-5), which is a comprehensive collection of fast routines of C programming language for computing the discrete Fourier transform (DFT) and its various special cases, well described in relevant technical documentation (Duhamel & Vetterli, 1990; Frigo & Johnson, 1997; Frigo & Johnson, 1998; Frigo, 1999; Johnson & Frigo, 2006). The FFTW transforms data both in one-dimensional and multi-dimensional input forms.

This study, focusing on the artificial topographic modelling of the Kuril region (Greater Kuril Chain and Sakhalin Island), aims to model topographic surface (curvature, slopes, shaded relief) based on Digital Elevation Model (DEM) and then to assess three fractal dimensions in order to establish the best-fitting model for the artificial spatial distribution of the geomorphic landforms using GRASS GIS algorithm. Natural landforms vary across the continuous Earth's surface varying in scales and sizes (Evans & Cox, 2005) with flexible fractal patterns of the landscapes. The concept of the geographic scale and fractal dimensions introduced by Mandelbrot (1967) is based upon the assumption that topographic perception largely correlates with the generalization of the scale of the view. In other words, a combination of the size or dimensions of the area of interest (AOI) directly controls the extent of the observed terrain coverage. Second, the generalization of the topographic map presented in the minuteness and coverage of the classified DEM depends on the resolution of the input DEM, which is used as raw input data and on the fractal dimensions, as on the presented two scales of the fractals.

Therefore, the research questions of the study are as follows: 1) Can several topographic surface models in DEM be identified by GRASS GIS? 2) Which fractal dimensions from the proposed ones ( $\text{dim}=2.0001$ ,  $\text{dim}=2.0050$ ,  $\text{dim}=2.0100$ ) can be identified as best-fitting models for the relief modelling for the difficult to access areas? 3) How a sequence of GRASS GIS modules (r.surf.fractal, r.relief, d.shade, d.grid, d.frame, d.mon, d.rast, d.vect, r.colors, r.contour) can be used technically for plotting cartographic visualization through a shell scripting approach? 4) How can fractal maps be used as visual indexes to the topographic phenomena depicting relief objects that are contained in the Earth's landscapes through artificial geomorphological modelling? Through focusing on these questions, the current study is applying methods of artificial intelligence and machine learning as advanced methods contributing to the development of the traditional cartography through automatization techniques.

The research aim is to find an appropriate modelling scale for visualizing the behavior of topographic surfaces through testing of three various dimensions. Since topographic surfaces are statistically self-similar, and that a parameter of the fractal dimension is applicable at various scales, the paper aims to test if scale variations eventually affect final topographic models of the study area by fractals modelling. Thus, this paper aims at the empirical examinations of three dimensions ( $\text{dim}=2.0001$ ,  $\text{dim}=2.0050$ ,  $\text{dim}=2.0100$ ) of the topographic samples covering the Kuril-Kamchatka region.

The objective of the study is represented by cartographic scripting in GRASS GIS in order to highlight technical possibilities of the GRASS GIS syntax for fractal modelling. The two objectives of this research are: 1) to identify the spatial distribution of various representative landforms artificially generated on the Kamchatka Peninsula; 2) to analyze cartographic functionality of the GRASS GIS with respect to its modelling techniques used for processing geoinformation. By building three fractal maps based on the ETOPO1 DEM, this study was expected to gain an impression of change in the dimension of scale, detail and shape of the relief landforms on the selected fragments of the study area.

## 2. Methodology

The methodology consists of the following steps: topographic mapping of the raster grids, automatic generating of the fractal surfaces of DEM; descriptive statistical analysis of the raster grids; masking raster surfaces from the initial datasets by

'm.calc' module. The initial file (raster GeoTIFF in Cartesian coordinate system) was warped by the 'gdalwarp' utility of the Geospatial Data Abstraction Library (GDAL) into the georeferenced files (World Geodetic System 1984, WGS84). The Cylindrical Equal Area projection was used as a cartographic projection.

1. Plotting topographic map through GRASS GIS script by 'd.rast', 'd.vect', 'r.colors', 'r.contour' modules
2. Fractal analysis and generating artificial DEMs by modules 'r.surf.fractal', 'r.relief', 'd.shade', 'd.grid'
3. Testing three dimensions through 'r.mapcalc' with increment=50 (dim=2.0001, dim=2.0050, dim=2.0100)
4. Plotting two-facetted map using 'd.frame' and 'd.mon' modules
5. Statistical summary by modules 'r.report' and 'r.univar'
6. Gaussian surface generated by module 'r.surf.gauss' and random surface generated by 'r.surf.random' module
7. Masked topographic surface showing land areas and disabled water areas by queries of 'r.mapcalc' module

## 2.1 Data and Study Area

The study area is focused on the Kuril–Kamchatka Trench, Pacific Ocean (Figure 1, right). This region is geologically complex, notable for the lithosphere plate's subduction, high seismicity and active repetitive volcanism. Geomorphology is complicated through terraces, slopes and erosional processes. Modelling geomorphic features of such a region was performed through automated generating of the artificial terrain DEM surfaces and visualization of the datasets. The current research presents usage of several GRASS GIS modules proposing a solution for raster data processing and mapping: iterative module-based scripting for automated generating of fractal surfaces and raster map calculator.

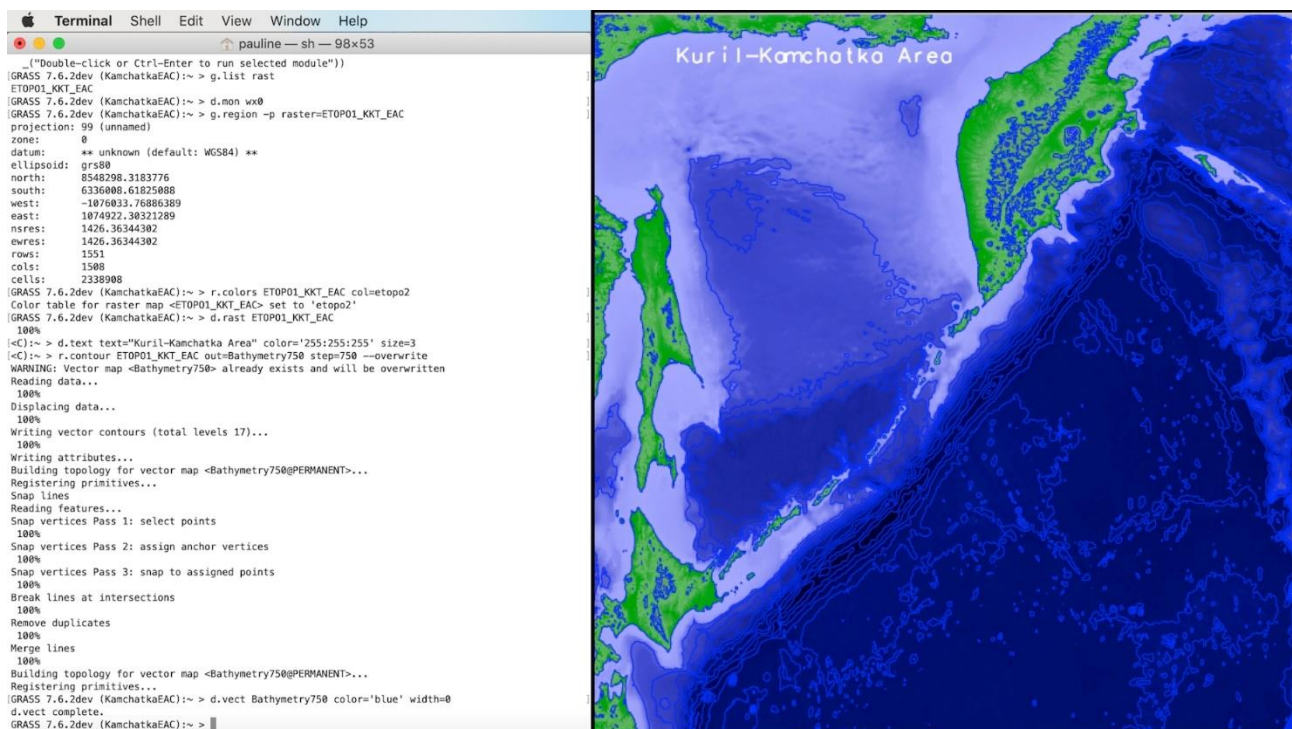


Figure 1: Plotting topographic map through GRASS GIS scripting (left) and resulting graphical output (right)

In this study, the ETOPO1 dataset was selected as the most appropriate one for the selected scale level of studied objects

(Kamchatka Peninsula and Kuril-Kamchatka Trench) due to the following reasons. Geomorphic features, such as trenches, troughs, ridges, mountains, can be classified at middle scale while small furrows, local slopes and seamounts can only be seen at larger scales. On the contrary, if the goal is to map and portray prominent objects at a global coverage (e.g. tectonic plates boundaries and continents), then zooming to a smaller scale and adjusting grid resolution to coarser one (e.g. ETOPO5) can enable focus on the largest and most macro-scale features of the Earth. The DEM grid data were imported as raster files to the GRASS GIS environment and digitized contours of elevation covering study area of Kamchatka region (Sea of Okhotsk).

## 2.2 Scripting Algorithms

The main features of the GRASS GIS methodology consist of its scripting approach, which distinguishes it from other traditional GIS with Graphical User Interface (GUI). Therefore, the technical methodology of GRASS GIS is explained in more detail, in several logical steps, as follows.

### 2.2.1 Topographic Visualization

Dataset includes ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model used as an input raster grid in GeoTIFF format (Amante & Eakins, 2009). The initial GeoTIFF grid was converted to WGS84 datum and reprojected by GDAL `'gdalwarp'` utility into to Cylindrical Equal Area projection using following code:

- `gdalwarp -t_srs '+proj=cea lat_ts=50 lon_0=155' ETOPO1_KKT_WGS84.tif ETOPO1_KKT_EAC.tif`

The GRASS module `'r.relief'` was used to create a shaded relief map based on DEM. The `'d.rast'` module was used to visualize input grid (ETOPO1\_KKT\_EAC). The color palette was selected using `'r.colors'` using the code:

- `'r.colors' ETOPO1_KKT_EAC col=etopo2`. This is a rainbow color ramp initially designed for the ETOPO2 2-minute Worldwide Bathymetry/Topography dataset but also applicable for the ETOPO1 grid.

Cartographic elements were added using the following code snippets:

- `'d.rast' ETOPO1_KKT_EAC` used to display raster;
- `'d.text' text="Kuril-Kamchatka Area" color='255:255:255' size=3`, used to add title on the map.

The contour isolines were added using the following codes:

- `'r.contour' ETOPO1_KKT_EAC out=Bathymetry750 step=750 -overwrite`, which plots contours to a map by producing a vector map of the topographic contours from the initial raster map doing steps through incremental contours (here, every 750 m).
- `'d.vect' Bathymetry750 color='blue' width=0`, that is visualizing isolines.

### 2.2.2 Fractal Analysis through `r.surf.fractal` Module

The fractal dimensions of a surface were applied to the study area. Several two dimensions of fractal analysis were tested and obtained in new layers by module `'d.mon'` (`d.mon wx0`, `wx1`, `wx2`, respectively). Following three fractal dimension values were tested:  $dim=2.0001$ ,  $dim=2.0050$ ,  $dim=2.0100$ . Fractal dimensions were measured using GRASS `'r.surf.fractal'` module techniques. Iteration of the algorithm is derived from the texture analysis algorithm of images using the spectral synthesis method. Created shaded relief map from an elevation map (here: KKRfractals, that is Kuril-Kamchatka Region fractals) is

shown in Figure 2 (left). Script showing usage of 'd.shade', 'r.info' and 'r.contour' for generating shaded map, check up statistical data and visualizing isolines is shown on Figure 2 (right). Scripting application has been performed in four following steps:

- r.surf.fractal output=KKRfractals
- r.colors map=KKRfractals color=byr
- r.relief input=KKRfractals output=fractals\_shade
- d.mon wx1 (starting a display monitor)
- d.shade shade=fractals\_shade color=fractals b=50 (displaying shaded relief map, b=integer showing % to brighten, here selected as 50; shade=fractals\_shade shows a map to display)

The r.surf.random was applied to produce a raster image of uniform random deviates with the following expressed range:

- g.region -p n=505200 s=515000 w=1550000 e=1565000 res=100 (here, the coordinates are set up and resolution was set to 100)
- r.surf.random out=KKRrandom min=0 max=1000 --overwrite (here the extreme range was set up to 0-1000)

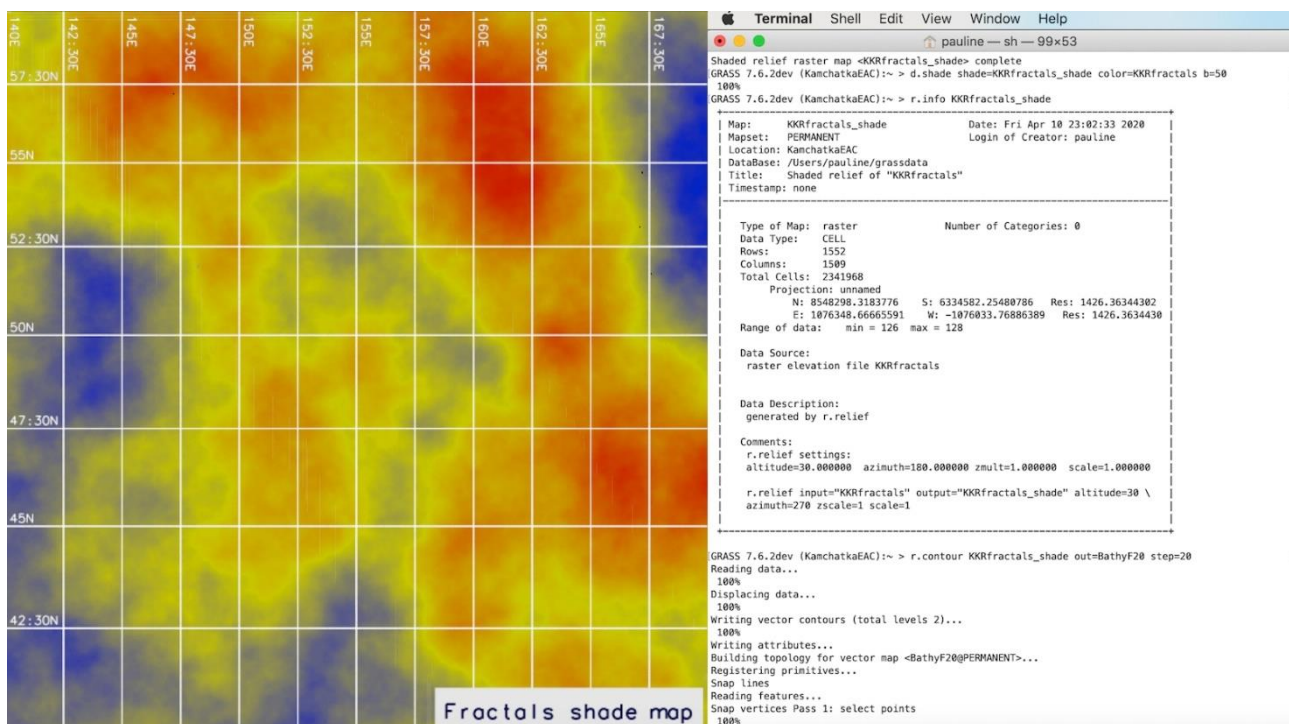


Figure 2: Shade map derived from the artificially generated fractals (left) and the script (right), GRASS GIS

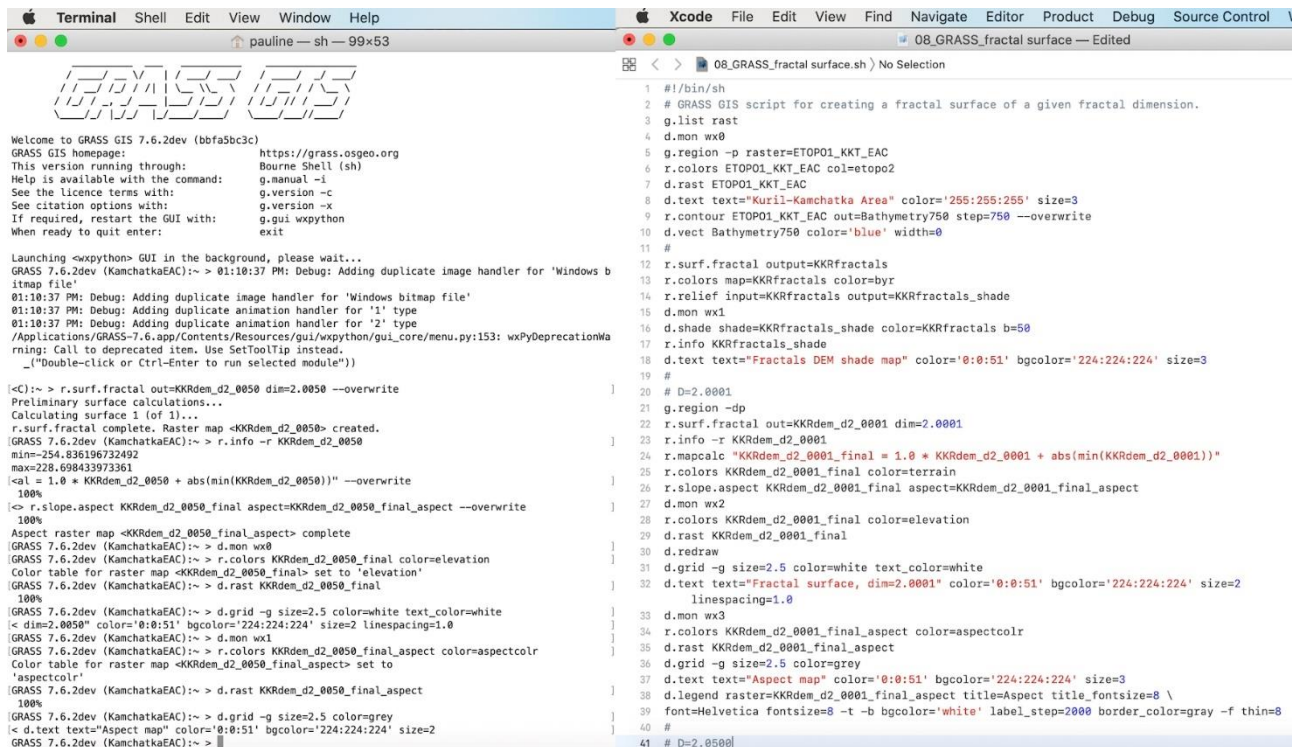
### 2.2.3 Testing Dimensions through r.mapcalc Module

Since fractal analysis tests the complexity of the surface using the fractal dimension, two dimensions have been tested in this approach by 'r.mapcalc' module used as raster map calculator. Because the fractal dimension of 3.00 should be set between 2 and 3, three variants were tested:



- 'r.surf.fractal' out=KKRdem\_d2\_0001 dim=2.0001
- 'r.surf.fractal' out=KKRdem\_d2\_0050 dim=2.0050
- 'r.surf.fractal' out=KKRdem\_d2\_0100 dim=2.0100

Workflow process of the DEM generation of the fractal surface by 'r.surf.fractal' dim=2.0050, contour by 'r.contour' with increment step = 20 and aspect map with dimension = 2.0050 is shown on the print-screen of the GRASS GIS console menu (example for dimension dim=2.0050, repeated iteratively for dim=2.0001 and dim=2.0100) and script in Xcode, dimension dim=2.0001 (Figure 3).



```

Terminal Shell Edit View Window Help
pauline -- sh -- 99x53

Welcome to GRASS GIS 7.6.2dev (bbfa5bc3c)
GRASS GIS homepage: https://grass.osgeo.org
This version running through: Bourne Shell (sh)
Help is available with the command: g.manual -i
See the licence terms with: g.version -c
See citation options with: g.version -x
If required, restart the GUI with: g.gui wxpython
When ready to quit enter: exit

Launching <wxpython> GUI in the background, please wait...
GRASS 7.6.2dev (KamchatkaEAC):~> 01:10:37 PM: Debug: Adding duplicate image handler for 'Windows b
i1map file'
01:10:37 PM: Debug: Adding duplicate image handler for 'Windows bitmap file'
01:10:37 PM: Debug: Adding duplicate animation handler for '1' type
01:10:37 PM: Debug: Adding duplicate animation handler for '2' type
/Applications/GRASS-7.6.app/Contents/Resources/gui/wxpython/gui_core/menu.py:153: wxPyDeprecationWa
rning: Call to deprecated item. Use SetToolTip instead.
_("_Double-click or Ctrl-Enter to run selected module")

[~]:~> r.surf.fractal out=KKRdem_d2_0050 dim=2.0050 --overwrite
Preliminary surface calculations...
Calculating surface 1 (of 1)...
r.surf.fractal complete. Raster map <KKRdem_d2_0050> created.
[GRASS 7.6.2dev (KamchatkaEAC):~> r.info -r KKRdem_d2_0050
min=-254.836196732492
max=228.698433973361
<a1 = 1.0 * KKRdem_d2_0050 + abs(min(KKRdem_d2_0050))" --overwrite
100%
[~]:~> r.slope.aspect KKRdem_d2_0050_final aspect=KKRdem_d2_0050_final_aspect --overwrite
100%
Aspect raster map <KKRdem_d2_0050_final_aspect> complete
[GRASS 7.6.2dev (KamchatkaEAC):~> d.mon wx0
[GRASS 7.6.2dev (KamchatkaEAC):~> r.colors KKRdem_d2_0050_final color=elevation
Color table for raster map <KKRdem_d2_0050_final> set to 'elevation'
[GRASS 7.6.2dev (KamchatkaEAC):~> d.rast KKRdem_d2_0050_final
100%
[GRASS 7.6.2dev (KamchatkaEAC):~> d.grid -g size=2.5 color=white text_color=white
< dim=2.0050" color='0:0:51' bgcolor='224:224:224' size=2 linespacing=1.0
[GRASS 7.6.2dev (KamchatkaEAC):~> d.mon wx1
[GRASS 7.6.2dev (KamchatkaEAC):~> r.colors KKRdem_d2_0050_final_aspect color=aspectcolr
Color table for raster map <KKRdem_d2_0050_final_aspect> set to
'aspectcolr'
[GRASS 7.6.2dev (KamchatkaEAC):~> d.rast KKRdem_d2_0050_final_aspect
100%
[GRASS 7.6.2dev (KamchatkaEAC):~> d.grid -g size=2.5 color=grey
< d.text text='Aspect map' color='0:0:51' bgcolor='224:224:224' size=2
[GRASS 7.6.2dev (KamchatkaEAC):~> ]

Xcode File Edit View Find Navigate Editor Product Debug Source Control
08_GRASS_fractal surface -- Edited

1 #!/bin/sh
2 # GRASS GIS script for creating a fractal surface of a given fractal dimension.
3 g.list rast
4 d.mon wx0
5 g.region -p raster=ETOP01_KKT_EAC
6 r.colors ETOP01_KKT_EAC col=etopo2
7 d.rast ETOP01_KKT_EAC
8 d.text text="Kuril-Kamchatka Area" color='255:255:255' size=3
9 r.contour ETOP01_KKT_EAC out=Bathymetry750 step=750 --overwrite
10 d.vect Bathymetry750 color='blue' width=0
11 #
12 r.surf.fractal output=KKRfractals
13 r.colors map=KKRfractals color=byr
14 r.relief input=KKRfractals output=KKRfractals_shade
15 d.mon wx1
16 d.shade shade=KKRfractals_shade color=KKRfractals b=50
17 r.info KKRfractals_shade
18 d.text text="Fractals DEM shade map" color='0:0:51' bgcolor='224:224:224' size=3
19 #
20 # D=2.0001
21 g.region -dp
22 r.surf.fractal out=KKRdem_d2_0001 dim=2.0001
23 r.info -r KKRdem_d2_0001
24 r.mapcalc "KKRdem_d2_0001_final = 1.0 * KKRdem_d2_0001 + abs(min(KKRdem_d2_0001))"
25 r.colors KKRdem_d2_0001_final color=terrain
26 r.slope.aspect KKRdem_d2_0001_final aspect=KKRdem_d2_0001_final_aspect
27 d.mon wx2
28 r.colors KKRdem_d2_0001_final color=elevation
29 d.rast KKRdem_d2_0001_final
30 d.redraw
31 d.grid -g size=2.5 color=white text_color=white
32 d.text text="Fractal surface, dim=2.0001" color='0:0:51' bgcolor='224:224:224' size=2
   linespacing=1.0
33 d.mon wx3
34 r.colors KKRdem_d2_0001_final_aspect color=aspectcolr
35 d.rast KKRdem_d2_0001_final_aspect
36 d.grid -g size=2.5 color=grey
37 d.text text="Aspect map" color='0:0:51' bgcolor='224:224:224' size=3
38 d.legend raster=KKRdem_d2_0001_final_aspect title=Aspect title_fontsize=8 \
39 font=Helvetica fontsize=8 -t -b bgcolor='white' label_step=2000 border_color=gray -f thin=8
40 #
41 # D=2.0001
  
```

Figure 3: Fragment of the GRASS GIS console menu (left) and shell script used for plotting fractal surfaces (right)

The output fractal surfaces (Figures 4, 5 and 6) simulate natural terrain DEM with its structure depending on the fractal dimension. The faceted plot of the two maps was visualized using 'd.frame' module of GRASS GIS using following code:

```

#!/bin/sh
# GRASS GIS script: d.frame used to manage display frames on the user's graphics monitor.
g.region rast=KKRdem_d2_0001_final -p
d.mon wx0
# 1st map
d.frame -c frame=first at=0,100,0,50 --overwrite
d.rast KKRdem_d2_0001_final
d.vect contours_20m0001 color='brown' width=0
d.grid -g size=2.5 color=white text_color=white
d.text text='DEM of fractal surface, dim=2.0001' bgcolor=220:220:220 color=black size=2
# 2nd map
d.frame -c frame=second at=0,100,50,1,100 --overwrite
r.colors KKRdem_d2_0001_final_aspect color=aspectcolr
d.rast KKRdem_d2_0001_final_aspect
d.grid -g size=2.5 color=grey
d.text text='Aspect of DEM of fractal surface' bgcolor=220:220:220 color=black size=2
  
```

Likewise, other maps (Figures 5 and 6) were plotted using 'd.frame' module that splits monitor to various parts and enables

to place several faceted maps on one layout.

At the next step, the 'r.mapcalc' module was used to create a mask for elevation showing only topographic areas of land and disabling those of water areas. This was done using the following code snippet:

```
d.rast ETOPO1_KKT_EAC
r.mapcalc "MASK=if(ETOPO1_KKT_EAC > 0 && ETOPO1_KKT_EAC < 5000)"
d.rast MASK
d.grid -g size=2.5 color='255:0:0'
d.text text="Masked land areas" color='0:0:51' bgcolor='224:224:224' size=3
```

### 2.2.4 Statistical Analysis

The statistical analysis is important step in geospatial data processing and mostly based on the existing approaches and methods of statistical computing, as demonstrated in multiple previous research, for example, regression analysis (Breiman & Friedman, 1985; Friedman, 1991; Lemenkova, 2019g, 2019i), various approaches of the statistical modelling (Cressie, 1993; Duchesnay & Löfstedt, 2019; Lemenkova, 2019b, 2019d; Santner, Williams, & Notz, 2003).

Standard deviation in the statistical analysis was computed by formula (1)

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - x)^2} \quad (1)$$

where  $x_i$  runs to  $x_N$ , as the observed elevation values of the DEM heights, and  $x$  is the mean value of these samples, and  $N$  is the number of observations in the sample DEM. The math of the computation algorithm is embedded in GRASS GIS.

The variation coefficient is computed by formula (2)

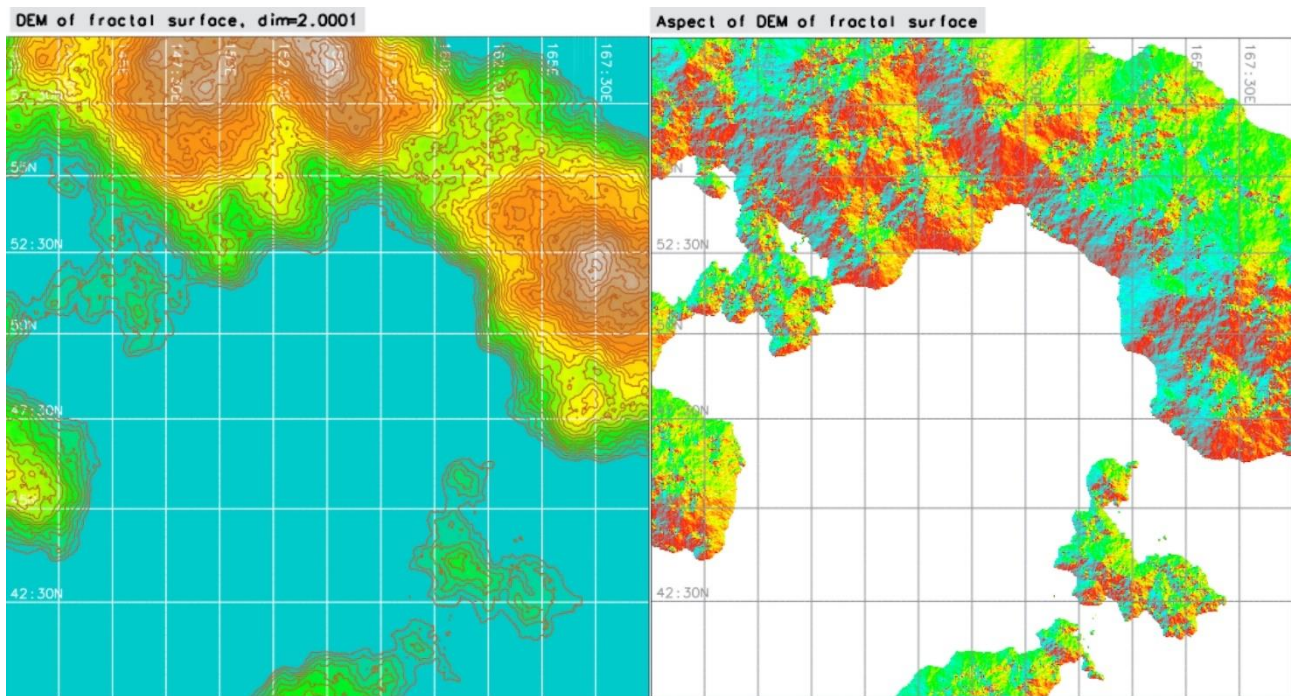
$$S = s/x \times 100 \quad (2)$$

## 3. Results and Analysis

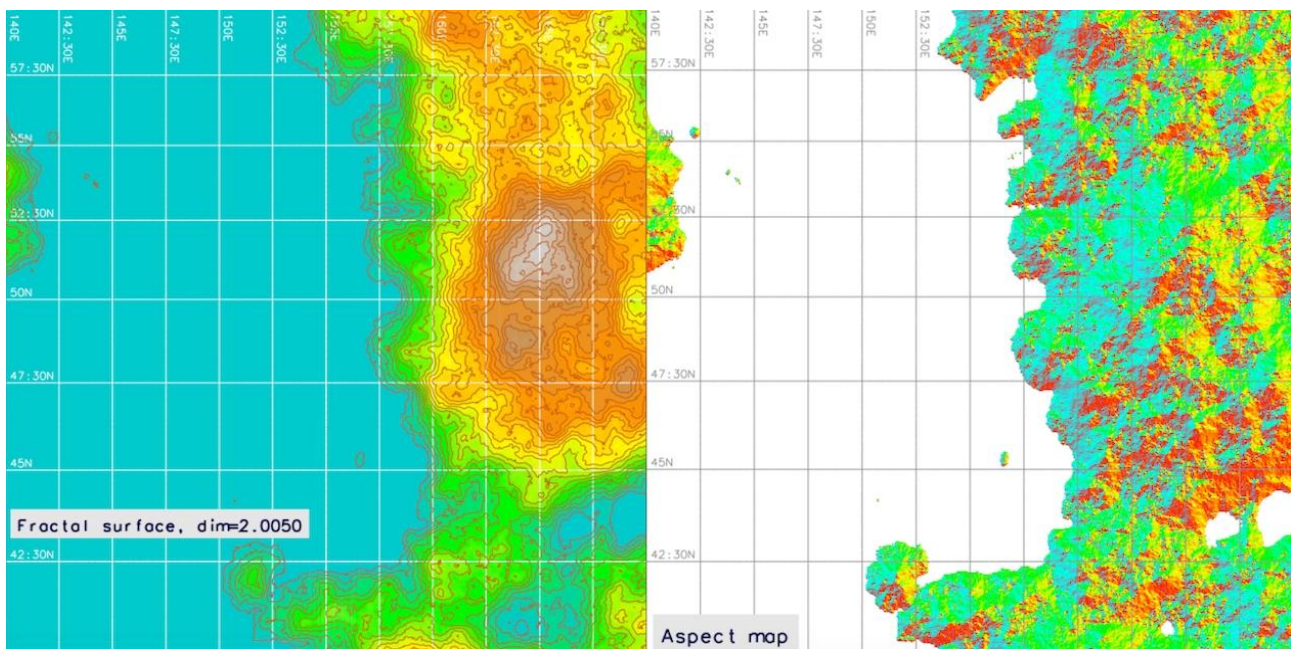
The generated fractal elevation cells depicting heights and depths were better correlated to the fractal dimension  $\text{dim}=2.0001$  followed by the fractal dimensions  $\text{dim}=2.0050$  and  $\text{dim}=2.0100$ , respectively. The range of the finest dimension corresponded to a topographic surface of the Kurils area, the best as depicting the Kamchatka peninsula and Greater Kuril Chain. The degree of cells uniformity showed good correlation to the mass fractal dimension of the middle size ( $\text{dim}=2.0050$ ) followed by the coarser dimension  $\text{dim}=2.0100$  as lesser modelling regional topography. Specifically, based on the 'r.info' module of GRASS GIS (`r.info -r KKRdem_d2_0100`), the DEM with dimension  $\text{dim}=2.0100$  has the following extension:  $\text{min}=-200.719623808808$ ,  $\text{max}=297.260467786757$ , while DEM with dimension  $2.0050$  has the following extension:  $\text{min}=-298.892860487009$ ,  $\text{max}=202.902561370033$ , and DEM with dimension  $2.0001$  has the following extension:  $\text{min}=-232.525331632277$ ,  $\text{max}=267.051157065383$ . The last one (that is, DEM with dimension  $2.0001$ ) depicts the real world topography the best. Therefore, the fine resolution provides better results in fractal modelling.

The output fractal surfaces (Figures 4, 5, and 6) simulate natural terrain DEM with its structure depending on the fractal dimension (Mandelbrot, 1982). Difference between Figures 4, 5 and 6 shows various fractal dimensions ( $\text{dim}=2.0001$  in Figure 4;  $\text{dim}=2.0050$  in Figure 5;  $\text{dim}=2.0100$  in Figure 6), which lie between the Euclidian dimensions of two (plane) and three (3D). Hence, the curvature and ruggedness of the topography in generated relief are depending on the fractal dimension, which increases it when the dimension is closer to 3 (compare Figure 6 to Figure 4 and Figure 5 as the middle variant). The

results suggest that fractal dimension reflects the frequency of variation in the elevation data (heights and depths) as well as the aspect and the amplitude of the relief. Graphical simulations representing different topographic models for the three dimensions are seen on the resulting maps (Figures 4–6). Those figures are plotted by 'd.rast' GRASS GIS module. They show the synthetically generated distribution of the topographic model of the study area.



**Figure 4:** Elevation DEM of fractal surface generated by 'r.surf.fractal' dim=2.0001, contour by 'r.contour' with increment step=20 (left); aspect map with dimension = 2.0001

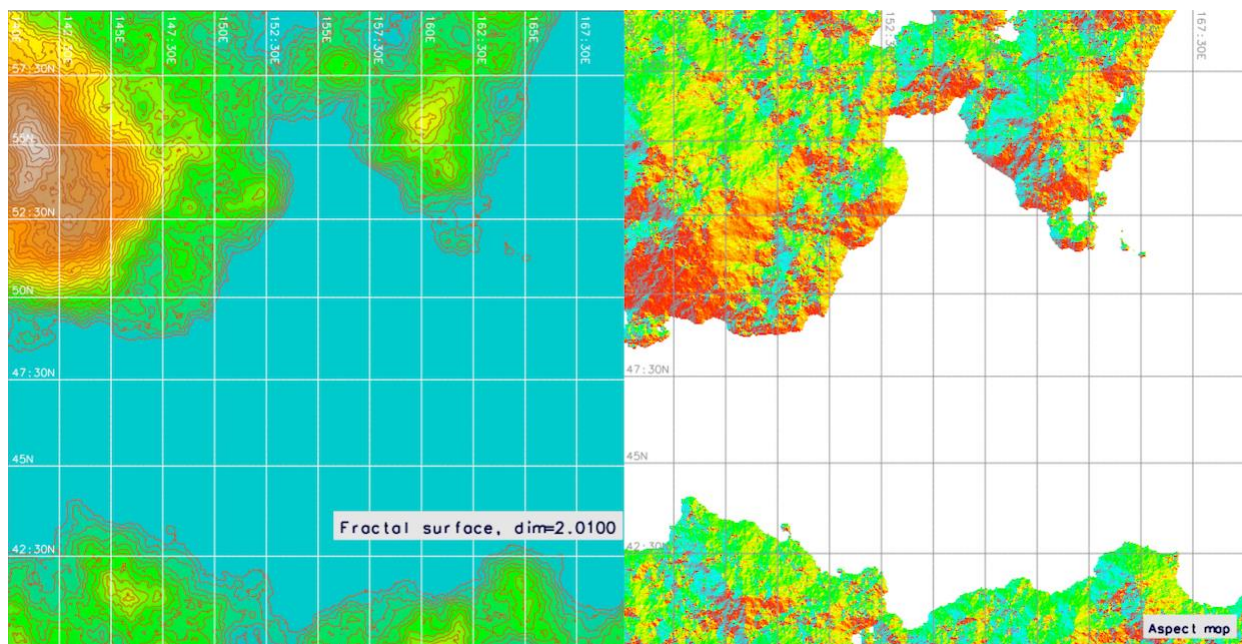


**Figure 5:** Elevation DEM of fractal surface generated by 'r.surf.fractal' dim=2.0050, contour by 'r.contour' with increment step=20 (left); aspect map with dimension = 2.0050

Raster map statistics have been achieved by GRASS module 'r.univar', which computed univariate statistics for three raster maps of the artificial fractal surfaces (Figures 4, 5, and 6). Since all the three maps represent continuous fields, univariate



statistics are applicable to perform comparative analysis. As can be seen, the standard deviation = 132.342 has the highest values by fractal dimension=2.0001 (see, Figure 4). Standard deviation = 108.156 by fractal dimension map with middle dimension=2.0050 (see, Figure 5) and finally, it values 106.360 by fractal dimension map with middle dimension=2.0100 in Figure 6. Hence, it decreases with the increase of fractal dimension, which means that elevation values (heights) on the map with higher fractal dimension are closer to their statistical mean, or the expected value. On the contrary, map with lower fractal dimension (Figure 4) has elevation values that spread out over a wider range and are less regular statistically. Variation coefficient is a relative standard deviation, which is a standardized measure of dispersion of a probability distribution or frequency distribution (Everitt, 1998). The script (Figure 7, left) computes the number of cells, minimum, maximum, range, arithmetic mean, variance, standard deviation, variation coefficient and the sum of all values. The parameters were tested by various modules of GRASS GIS for querying and summarizing maps of the land surfaces. Module 'r.report' was used to create a frequency distribution of the map values in the form of a table containing category numbers, labels and area sizes in kilometers (Figure 7, right). For the measured fractal surfaced the variation coefficient is 154.124 (or 1.54 in decimal values) for the fractal dimension=2.0001; 145.746 (1.45 in decimal values) for the dimension=2.0050 and 181.58 (1.81 in decimal values) for the dimension=2.0100. The Gaussian surface (Figure 8, left) shows random values around the mean value of 100 with standard deviation 10. The output map (Figure 8, right) is following the principle of the 'r.surf.gauss' in generating random surface. However, in representation view it uses a linear random number generator, in contrast to the Gaussian surface (Figure 8). The distribution of the elevation values in form of a bar chart (Figure 8, left) and Gauss bell-shaped curve (Figure 8, right) is done using GRASS GIS module 'd.histogram' used to demonstrate and visualize statistical data.

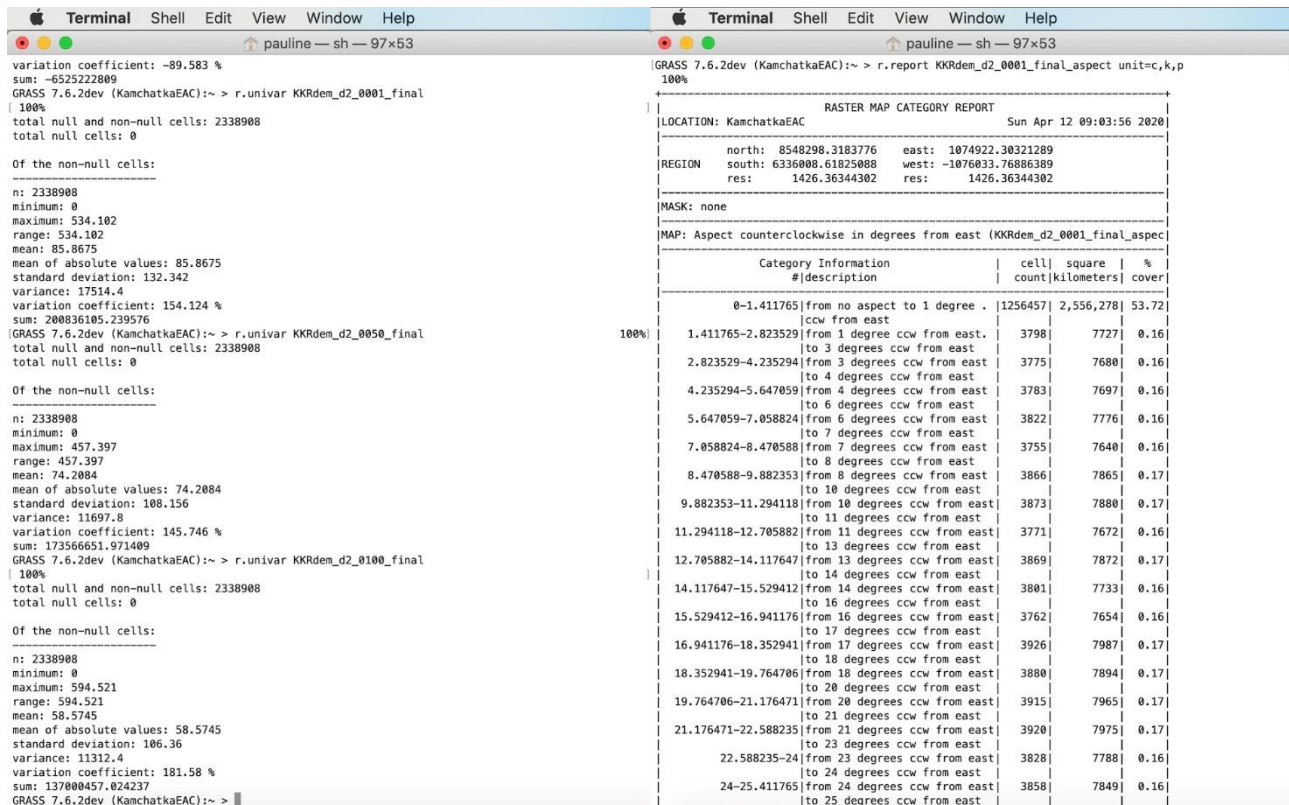


**Figure 6:** Elevation DEM of fractal surface generated by 'r.surf.fractal' dim=2.0100, increment step=20 (left) and aspect map with dimension = 2.0100

Comparing the results of the statistical analysis, the following remarks were given based on data processing through the 'r.univar' module and summarized on Figure 7. The topographic surface based on three sample scenarios mapped with a total number of cells in a raster grid is 2 338 908. Fractal dimension=2.0050 showed the following statistical results: maximum=457.397, mean of absolute values=74.2074, standard deviation=108.156. The topographic surface based on fractal dimension=2.0100 showed the following statistical results: maximum= 594.521, mean of absolute values=58.5745, standard deviation=106.36. The topographic surface based on fractal dimension=2.001 showed the following statistical results: maximum= 534.102, mean of absolute values=85.8675, standard deviation=132.342.



Based on the statistical histogram modelling, the minimal cell value is 17, the maximal is 41 (Figure 8). Gauss distribution (Figure 8, right) shows standard bell-shaped data distribution with a peak at 36.000. Fractal analysis of topographic surface patterns has been visualized to be a source of more precise information about DEM-induced variations in elevations. Fractal analysis is able to show dynamics of the elevation distribution in space taking into account the frequency of the surface heights in a real DEM, while direct mapping analysis of the topography shows the only static existing distribution of the terrain. Flat geomorphological surfaces (shelf areas) have lower values by finer fractal dimension. These regions indicate low surface roughness and curvature of the slopes. On the contrary, areas of complicated topography have low fractal dimensions (Grater Kuril Chain). The output of the 'r.mapcalc' module used to create a mask for elevation showing only topographic areas of land and disabling those of water areas is shown on Figure 9.

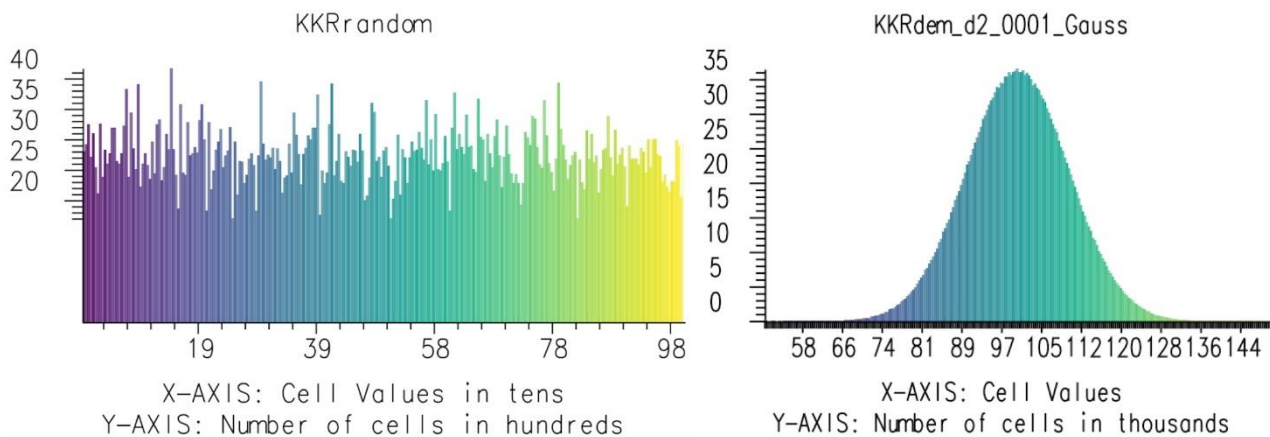


**Figure 7:** Fragment of GRASS GIS console showing executing univariate statistics by module 'r.univar' (left) and report on the summaries for aspect raster map: area sizes for each category (NWES) with parameter units: number of cells, area in km<sup>2</sup>, % cover (right)

#### 4. Conclusions and Suggestions

The main goal of this paper was to demonstrate a useful functionality of a relatively new concept of fractal topographic modelling and surface differentiation with a dimensional order in GIS. Hence, the results were made using 'r.surf.fractal' module of GRASS GIS to generate multi-dimensional surfaces from the initial DEM based on the ETOPO1. The paper started by the description of a theoretical background regarding fractal theory and its practical applications in natural sciences and in geoinformatics, followed by the developed methodology using various software approaches (e.g. R, Python, Matlab, GRASS GIS). Modelling topographic surfaces in GRASS GIS was then stepwise explained in "Methodology" section and three resulting surfaces were presented in the "Results and Analysis" section, supported by statistical calculations. Thus, the paper presents an illustration of the fractal modelling application with a case study of the Far East region of the Pacific Ocean. Based on the global ETOPO1 gridded data processed by GRASS GIS, this study presented fractal measure to interpret topographic elevations by using quantitative (fractal dimension) approach of the fractal geometry through module

'r.surf.fractal'. Hence, this paper investigated the fractal properties of the landforms in the Kuril-Kamchatka region and the surrounding area.



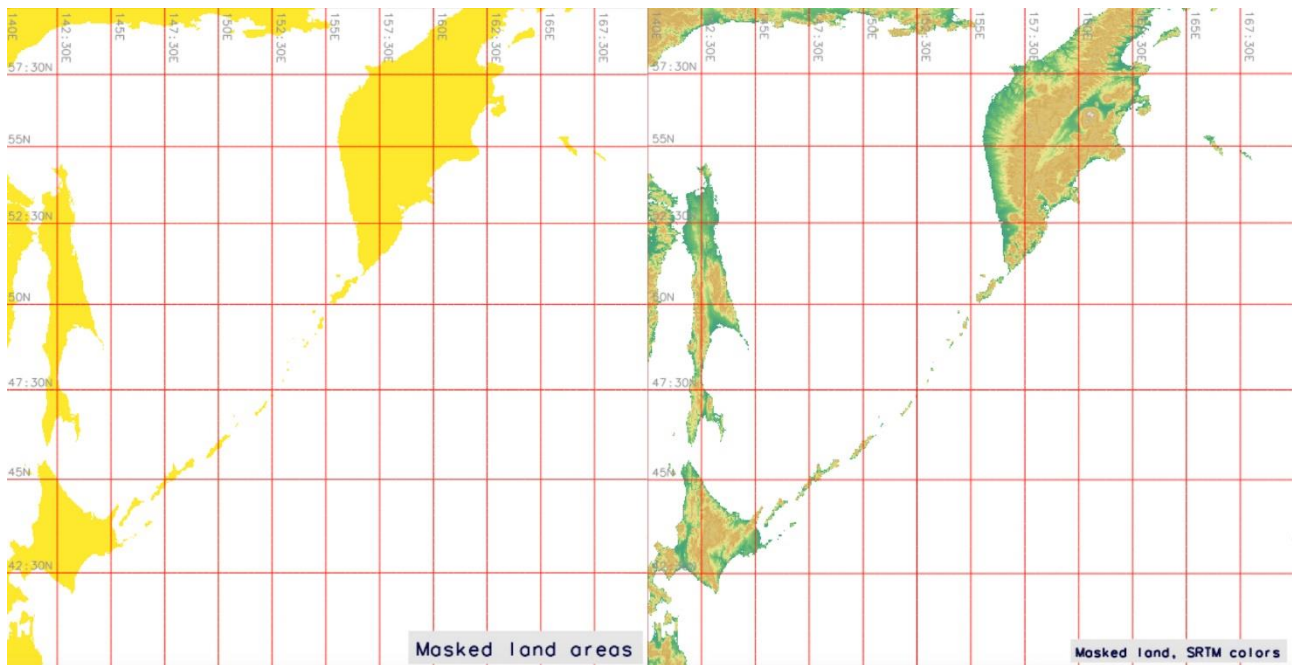
**Figure 8:** Random surface generated by 'r.surf.random' module of GRASS GIS (left). Gaussian surface generated by GRASS GIS module 'r.surf.gauss' (right). Applied 'viridis' color table for both rasters

Demonstrated functionality of GRASS GIS software is illustrated by processing raster input grid ETOPO1 and using various modules of raster data mapping. Methodology of several GRASS modules was shown and explained followed by computed various types of raster maps (Figures 1 – 9). Generated fractal surfaces in three tested selected dimensions across the study area of the Kamchatka region were automatically mapped using machine learning algorithm. Developed algorithm of the semi-automated fractal DEM modelling enabled to visualize variations of the possible slope steepness of the mountainous areas of the region. The data were modelled to show gradient variations using shaded relief (GRASS module 'd.shade'). The results of the comparative fractal surface analysis revealed statistical variations for three dimensions: dim=2.0001, dim=2.0050, dim=2.0100. Presented research provided quantitative insights into the application of mathematical algorithms of DEM surface modelling to geoinformatics. Besides existing approaches in the computed-assisted cartographic modelling (e.g. Lemenkova, 2019c, 2019e, 2020a), tested modelling demonstrated the effectiveness of the GRASS GIS: a variety of GRASS GIS modules, mathematical algorithms and cartographic design tools that can be used to produce high-quality maps. The GRASS GIS listings are provided for repeatability.

Among other advantages of the GRASS GIS, its native scripting language has a direct correlation with its GUI menu that increases its functionality for the GIS users. For example, using another scripting cartographic toolset, such as Generic Mapping Tools (GMT), require fully operating techniques of console-based scripting for mapping from the command line (e.g. Lemenkova, 2019f, 2019h, 2019k, 2019l; Weatherall et al., 2015) while traditional GIS, such as ArcGIS (e.g. Klaučo, Gregorová, Stankov, Marković, & Lemenkova, 2013, 2015; Suetova, Ushakova, & Lemenkova, 2005) miss the functionality and open source availability of the GRASS GIS. Automatization in spatial data analysis is presented in various literature and methods are constantly developing (Gauger et al., 2007; Lemenkova, 2019a, 2020b, 2020c; Schenke & Lemenkova, 2008). GRASS GIS has a powerful methodological platform with cartographic functionality: over 350 modules, GUI as well as command line based interface. Therefore, using GRASS GIS significantly enlarges existing methods of automated data processing by selecting necessary modules. As demonstrated in this paper by generating surface fractals, GRASS enables gridding irregularly spaced point data of the raster cells for machine-generated surface plotting in several steps by sequential use of the GRASS GIS modules.

The concept of fractals is a challenging approach in many fields, e.g. geomorphometry, geophysics, geology, environment, geography, soil taxonomy. The current paper demonstrated a random machine-based fractal surface generated by

'r.surf.fractal' module of GRASS GIS. According to Mandelbrot (1982), the majority of the existing land surfaces have a fractal dimension in the range of 2.2–2.6. More generally, most of the surfaces have a dimension in the range between 2.0 and 3.0. Nevertheless, landscapes usually exceed single fractal dimension. Instead, they can be best represented by a variety of the tested dimensions that vary with scale. Hence, the concepts of the topographic fractal surfaces and dimensions were used in this paper to generate synthetic, natural-looking surfaces covering Kuril-Kamchatka area. Controllable topographic variation of the fractal surfaces was applied.



**Figure 9:** Masked topographic surface showing land areas and disabled water areas by queries of 'r.mapcalc' module of GRASS GIS (left). Applied SRTM color table (right), Greater Kuril Chain and Kamchatka Peninsula

The selection of GRASS GIS software is explained by its advantages over other GIS software. Examples include AWK and Octave (Lemenkova, 2019j), R programming language (Lemenkova, 2018a, 2018b), Google Earth imagery (Lemenkova, 2015a), ILWIS GIS (Lemenkova, 2015b), Caris HIPS and ArcGIS (Kuhn et al., 2006; Lemenkova, Promper, & Glade, 2012; Lemenkova, 2015c). GRASS GIS is a mature, fully-featured open-source GIS that was used for spatial calculations in geomorphometry, as demonstrated in this paper with a focus on fractal-based artificial surface generation. The ANSI C source code of GRASS GIS provides a comprehensive suite of modules and UNIX-shell scripts to manipulate with DEMs, extract a variety of the land-surface parameters and geomorphological objects, as well as analyze geomorphological phenomena. Considerable automation has been built into the GRASS GIS, which features both GUI and a console-based command line interface.

This study demonstrated the technical application of the GRASS GIS 'r.surf.fractal' module which applies a spectral synthesis approach for generating fractal surfaces from DEM. Other fractal-related modules were used as auxiliary tools for technical visualization of the generated DEMs (e.g. 'd.rast', 'r.colors', 'd.vect', 'r.contour', 'd.redraw', 'd.mon'). Additionally, GRASS modules 'r.surf.gauss' and 'r.surf.random' were applied to perform artificial modelling of the mathematical surfaces (Gauss and random based). Of these, a module 'r.surf.gauss' was used to generate a fractal surface based on Gaussian random number generator whose mean and standard deviation were compared and described for three dimensions (dim=2.0001, dim=2.0050, dim=2.0100). GRASS module 'r.surf.random' was applied for machine-generated raster image visualization that uses different types of random number generators. Both modules were tested in this paper. The presented paper contributes to the technical

development of the cartographic methods by demonstrating GRASS GIS applicability for geomorphometric analysis.

As a suggestion for future studies, fractal modelling can be applied to the analysis of the parts of the landscapes, selected AOI, smaller polygons. Variations in the fractal dimensions can be achieved by slicing DEM. It is also recommended to use extracted 2D isolines from the general topographic map to calculate fractal dimension of the surface in order to perform local spatial analysis. Furthermore, it is recommended to use fractal analysis for statistical morphometric computations in geomorphometry to analyze the curvature of the bathymetric submarine relief, which is useful in geomorphological studies where the direct observations are missing, study objects are unreachable or topographic survey is too cost-expensive. Fractal analysis can furthermore be applied for the tectonic and geological studies to autodetect faults and geomorphological features (Gloaguen, Marpu, & Niemeyer, 2007). Finally, big data can be processed using GRASS GIS functionality in order to test larger areas of coverage. For example, using GRASS GIS modules can enable efficient handling of dense elevation in topographic datasets and quantification of the land-surface variations.

To conclude, advances in mapping technologies, especially rapid evolution of the data processing, robotics and the machine learning approaches bring significant changes to the geomorphic analysis and cartographic techniques. High mapping efficiency makes repeated and automated mapping at short-time intervals real phenomena of the technological development, resulting in artificially generated DEMs. Concept of the machine learning in cartography requires new approaches in geomorphometry, which is focused on the computer-based data processing rather than human-operated routine. As a response, the GRASS GIS modules accommodate big data sets rapidly produced by new mapping technologies and new tools. Therefore, the proposed research is a contribution to the cartographic development applied for the selected study area of Kamchatka, North Pacific Ocean.

## Acknowledgements

The research was funded by China Scholarship Council (CSC), State Oceanic Administration (SOA), Marine Scholarship of China, Grant Nr. 2016SOA002, China.

## References

- Amante, C., & Eakins, B. W. (2009). ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis. NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24. National Geophysical Data Center, NOAA.
- Breiman, L., & Friedman, J. H. (1985). Estimating optimal transformations for multiple regression and correlation. *Journal of the American Statistical Association*, 80(391), 580–598.
- Briggs, J. (1992). *Fractals: The Patterns of Chaos: A new aesthetic of art, science, and nature*. New York, Simon and Schuster. pp. 192.
- Burrough, P. (1981). Fractal dimensions of landscapes and other environmental data. *Nature*, 294(5838), 240-242.
- Cressie, N. (1993). *Statistics for Spatial Data*, revised edition, Wiley Series in Probability and Statistics. In *Applied Probability and Statistics*. Wiley & Sons New York.
- De La Re, A., Abad, F., Camahort, E., & Juan, M. C. (2009). Tools for procedural generation of plants in virtual scenes. In *International Conference on Computational Science*. pp. 801-810. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Duchesnay E., & Löfstedt T. (2019). *Statistics and Machine Learning in Python. Release 0.2*. <http://www.python.org>, Accessed: 12 April 2020.
- Duhamel, P. & Vetterli, M. (1990). Fast Fourier transforms: a tutorial review and a state of the art. *Signal Processing*, 19, 259–299.
- Dutton, G. H. (1981). Fractal enhancement of cartographic line detail. *The American Cartographer*, 8(1), 23-40.
- Edgar, G. (2007). *Measure, topology, and fractal geometry*. Springer Science & Business Media.



- Evans, I. S. (1972). General geomorphometry, derivatives of altitude, and descriptive statistics. *Spatial analysis in geomorphology*, 17-90.
- Evans, I. S. (1979). *An integrated system of terrain analysis and slope mapping: Final Report on U.S. Army Grant DA-ERO-591-73-g0040*. Statistical characterization of altitude matrices by computer. Department of Geography, University of Durham, England, pp. 192.
- Evans, I. S., & Cox, N. J. (2005). Global variations of local asymmetry in glacier altitude: separation of north–south and east–west components. *Journal of glaciology*, 51(174), 469-482.
- Everitt, B. (1998). *The Cambridge Dictionary of Statistics*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Falconer, K., (2003). *Fractal Geometry: Mathematical Foundations and Applications* (2<sup>nd</sup> ed.). John Wiley & Sons, pp. 332.
- Feder, J. (2013). *Fractals*. Springer Science & Business Media. pp. 11.
- Friedman, J. H. (1991). Multivariate adaptive regression splines. *The Annals of Statistics*, 19(1), 1–67.
- Frigo, M., & Johnson, S. G. (1997). *The fastest Fourier transform in the west*. Technical Report MIT-LCS-TR- 728, Massachusetts Institute of Technology Cambridge.
- Frigo, M., & Johnson, S. G. (1998). FFTW: An adaptive software architecture for the FFT. *Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 3, pp. 1381-1384.
- Frigo, M. (1999). A Fast Fourier Transform Compiler. *Proceedings of the 1999 ACM SIGPLAN Conference on Programming Language Design and Implementation* pp. 169-180.
- Gauger, S., Kuhn, G., Gohl, K., Feigl, T., Lemenkova, P., & Hillenbrand, C.-D. (2007). Swath-bathymetric mapping. *Reports on Polar and Marine Research*, 557, pp. 38- 45.
- Gloaguen, R., Marpu, P. R., & Niemyer, I. (2007). Automatic extraction of faults and fractal analysis from remote sensing data. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 14, pp. 131-138.
- Gonzales-Barron, U., & Butler, F. (2005). A comparison of visual assessment and digital fractal texture analysis of bread-crumbs features. In *Using Cereal Science and Technology for the Benefit of Consumers*. pp. 395-400. Woodhead Publishing.
- Gordon, N. (2000). *Introducing fractal geometry*. pp. 71.
- Ibanez, J. J., Arnold, R. W., & Ahrens, R. J. (2009). The fractal mind of pedologists (soil taxonomists and soil surveyors). *Ecological complexity*, 6(3), 286-293.
- Imre, A. R., Novotný, J., & Rocchini, D. (2012). The Korcak-exponent: a non-fractal descriptor for landscape patchiness. *Ecological complexity*, 12, 70-74.
- Johnson, S. G., & Frigo, M. (2006). A modified split-radix FFT with fewer arithmetic operations. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 55(1), 111-119.
- Klaučo, M., Gregorová, B., Stankov, U., Marković, V., & Lemenkova, P. (2013). Determination of ecological significance based on geostatistical assessment: a case study from the Slovak Natura 2000 protected area. *Open Geosciences*, 5(1), 28-42.
- Klaučo, M., Gregorová, B., Stankov, U., Marković, V., & Lemenkova, P. (2015). Land planning as a support for sustainable development based on tourism: A case study of Slovak Rural Region. *Environmental Engineering and Management Journal*, 2(16), 449-458.
- Kuhn, G., Hass, C., Kober, M., Petitat, M., Feigl, T., Hillenbrand, C. D., Kruger, S., Forwick, M., Gauger, S., & Lemenkova, P. (2006). The response of quaternary climatic cycles in the South-East Pacific: development of the opal belt and dynamics behavior of the West Antarctic ice sheet. *Bremerhaven, Germany*, 94.
- Lemenkova, P., Promper, C., & Glade, T. (2012). Economic assessment of landslide risk for the Waidhofen ad Ybbs region, Alpine Foreland, Lower Austria.
- Lemenkova, P. (2015a). Google Earth web service as a support for GIS mapping in geospatial research at universities. In *Web-Technologies in the Educational Space. Problems, Approaches, Perspectives*. pp. 24.
- Lemenkova, P. (2015b). Innovations in the Geoscience Research: Classification of the Landsat TM Image Using ILWIS GIS for Geographic Studies. *Prospects for the Higher School Development*, pp. 60-63.
- Lemenkova, P. (2015c). Data Capture for Seafloor Bathymetric Mapping Using Software Caris Hips, GMT and ArcGIS. *Actual Problems of the Modern Machinery*, pp. 111-117.
- Lemenkova, P. (2018a). Factor Analysis by R Programming to Assess Variability Among Environmental Determinants of the Mariana Trench. *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences*, 4(2), 146-155.
- Lemenkova, P. (2018b). R Scripting Libraries for Comparative Analysis of the Correlation Methods to Identify Factors Affecting Mariana Trench Formation. *Journal of Marine Technology and Environment*, 2, 35-42.

- Lemenkova, P. (2019a). Processing Oceanographic Data by Python Libraries Numpy, Scipy and Pandas. *Aquatic Research*, 2(2), 73–91.
- Lemenkova, P. (2019b). Statistical Analysis of the Mariana Trench Geomorphology Using R Programming Language. *Geodesy and Cartography*, 45(2), 57-84.
- Lemenkova, P. (2019c). An empirical study of R applications for data analysis in marine geology. *Marine Science and Technology Bulletin*, 8(1), 1-9.
- Lemenkova, P. (2019d). Numerical Data Modelling and Classification in Marine Geology by the SPSS Statistics. *International Journal of Engineering Technologies*, 5(2), 90-99.
- Lemenkova, P. (2019e). Geospatial Analysis by Python and R: Geomorphology of the Philippine Trench, Pacific Ocean. *Electronic Letters on Science and Engineering*, 15(3), 81-94.
- Lemenkova, P. (2019f). Topographic surface modelling using raster grid datasets by GMT: example of the Kuril–Kamchatka Trench, Pacific Ocean. *Reports on Geodesy and Geoinformatics*, 108(1), 9-22.
- Lemenkova, P. (2019g). Testing Linear Regressions by StatsModel Library of Python for Oceanological Data Interpretation. *Aquatic Sciences and Engineering*, 34, 51-60.
- Lemenkova, P. (2019h). Geomorphological modelling and mapping of the Peru-Chile Trench by GMT. *Polish Cartographical Review*, 51(4), 181-194.
- Lemenkova, P. (2019i). Regression Models by Gretl and R Statistical Packages for Data Analysis in Marine Geology. *International Journal of Environmental Trends*, 3(1), 39-59.
- Lemenkova, P. (2019j). AWK and GNU Octave Programming Languages Integrated with Generic Mapping Tools for Geomorphological Analysis. *GeoScience Engineering*, 65(4), 1-22.
- Lemenkova, P. (2019k). GMT Based Comparative Analysis and Geomorphological Mapping of the Kermadec and Tonga Trenches, Southwest Pacific Ocean. *Geographia Technica*, 14(2), 39-48.
- Lemenkova, P. (2019l). Automatic Data Processing for Visualising Yap and Palau Trenches by Generic Mapping Tools. *Cartographic Letters*, 27(2), 72-89.
- Lemenkova, P. (2020a). Visualization of the geophysical settings in the Philippine Sea margins by means of GMT and ISC data. *Central European Journal of Geography and Sustainable Development*, 2(1), 5-15.
- Lemenkova, P. (2020b). GMT-based geological mapping and assessment of the bathymetric variations of the Kuril-Kamchatka Trench, Pacific Ocean. *Natural and Engineering Sciences*, 5(1), 1-17.
- Lemenkova, P. (2020c). GMT Based Comparative Geomorphological Analysis of the Vityaz and Vanuatu Trenches, Fiji Basin. *Geodetski list*, 74(1), 19-39.
- Malinverno, A. (1990). A simple method to estimate the fractal dimension of a self-affine series. *Geophysical Research Letters*, 17(11), 1953-1956.
- Mandelbrot, B. (1967). How long is the coast of Britain? Statistical self-similarity and fractional dimension. *Science*, 156, 636-638.
- Mandelbrot, B. (1975). Stochastic models for the Earth's relief, the shape and the fractal dimension of the coastlines, and the number-area rule for islands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 72(10), 3825-3828.
- Mandelbrot, B. (1982). *The Fractal Geometry of Nature*. San Francisco, W. H. Freeman & Co. pp. 460.
- Mandelbrot, B. (2004). Fractal aspects of the iteration of  $z \rightarrow \lambda z(1-z)$  for complex  $\lambda$  and  $z$ . In *Fractals and Chaos*. pp. 37-51. Springer, New York, NY.
- Mark, D. M., & Aronson, P. B. (1984). Scale-dependent fractal dimensions of topographic surfaces: an empirical investigation, with applications in geomorphology and computer mapping. *Journal of the International Association for Mathematical Geology*, 16(7), 671-683.
- Muzy, J. F., Bacry, E., & Arneodo, A. (1993). Multifractal formalism for fractal signals: The structure-function approach versus the wavelet-transform modulus-maxima method. *Physical review E*, 47(2), 875.
- Panchev, S. (1971). *Random Functions and Turbulence*. Pergamon, Oxford.
- Pecknold, S., Lovejoy, S., Schertzer, D., Hooge, C., & Malouin, J. F. (1993). The simulation of universal multifractals, Cellular Automata.
- Peleg, S., Naor, J., Hartley, R., & Avnir, D. (1983). *Multiple-resolution texture analysis and classification*. Computer Science Department, University of Maryland, College Park.
- Pickover, C. A. (1995). Generating extraterrestrial terrain. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 15(2), 18-21.

- Prusinkiewicz, P., & Hammel, M. (1993). A fractal model of mountains and rivers. In *Graphics Interface*. 93, pp. 174-180. Canadian Information Processing Society.
- R Core Team (2017). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Santner, T. J., Williams, B. J., & Notz, W. I. (2003). *The design and analysis of computer experiments*. New York: Springer.
- Saupe, D. (1988). Algorithms for random fractals. In *The science of fractal images*. pp. 71-136. Springer, New York, NY.
- Scheidegger, A. (1970). *Theoretical Geomorphology*. Springer Verlag.
- Schenke, H. W., & Lemenkova, P. (2008). Zur Frage der Meeresboden-Kartographie: Die Nutzung von AutoTrace Digitizer für die Vektorisierung der Bathymetrischen Daten in der Petschora-See. *Hydrographische Nachrichten*, 25(81), 16–21.
- Schertzer, D., & Lovejoy, S. (1991). *Non-linear Variability in Geophysics: Scaling and Fractals*. Kluwer Academic Publishers.
- Schertzer, D., & Lovejoy, S. (1993). *Nonlinear Variability in Geophysics 3: Scaling and Multifractal Processes*, Institut D'études Scientifiques de Cargèse. Institut d'études scientifiques de Cargèse.
- Suetova, I., Ushakova, L., & Lemenkova, P. (2005). Geoinformation mapping of the Barents and Pechora Seas. *Geography and Natural Resources*, 4, 138-142.
- van Pabst, J. V. L., & Jense, H. (1996). Dynamic terrain generation based on multifractal techniques. In *High Performance Computing for Computer Graphics and Visualisation*. pp. 186-203. Springer, London.
- van Rossum, G., & Drake Jr, F. L. (1995). *Python reference manual*. Amsterdam: Centrum voor Wiskunde en Informatica, Amsterdam.
- Weatherall, P., Marks, K. M., Jakobsson, M., Schmitt, T., Tani, S., Arndt, J. E., Rovere, M., Chayes, D., Ferrini, V. & Wigley, R. (2015). A new digital bathymetric model of the world's oceans. *Earth and Space Science*, 2(8), 331-345.
- URL-1: An Ivy Generator, [http://graphics.uni-konstanz.de/~luft/ivy\\_generator](http://graphics.uni-konstanz.de/~luft/ivy_generator) (Accessed: 11 May 2020)
- URL-2: FracTree, <http://archives.math.utk.edu/software/msdos/fractals/fractree> (Accessed: 11 May 2020)
- URL-3: LStudio, <http://algorithmicbotany.org> (Accessed: 11 May 2020)
- URL-4: Xfrog, <http://www.xfrog.com/> (Accessed: 11 May 2020)
- URL-5: FFTW, <http://www.fftw.org/> (Accessed: 12 April 2020)

## Potansiyel ağaçlandırma sahalarının analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi

Muhammed Kürşad Muğla<sup>1</sup> , Tarık Türk<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, Emlak ve İstimlak Dairesi Başkanlığı, Avrupa Kamulaştırma Müdürlüğü, İstanbul, Türkiye.

<sup>2</sup>Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye.

**Öz:** Son zamanlarda dünya genelinde her yıl milyonlarca hektar orman, insanlardan kaynaklanan etkilerle yok olmaktadır. Bu durum, ormansızlaşma kavramını çağımızın en büyük sorunlarından birisi haline getirmiştir. Ormansızlaşmayla mücadele etmek ve sürdürülebilir bir orman yönetimi sağlamak amacıyla mevcut ormanların korunması gerekmektedir. Bununla birlikte en uygun potansiyel ağaçlandırma sahalarının tespit edilerek bu sahaların ağaçlandırma çalışmalarının yapılması büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, orman varlığı için mevcut durumun sayısal ortamda kolaylıkla irdelenebilmesi ve potansiyel ağaçlandırma sahalarının belirlenebilmesi adına konuma dayalı bilgi sistemi olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nden faydalanılabilmektedir. Bu çalışmada, Sivas il sınırı içerisindeki potansiyel ağaçlandırma sahalarının CBS tabanlı Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi ile belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bu sahaların kısa sürede, doğru, etkin ve otomatik olarak belirlenebilmesi için CBS yazılımı ortamında model builder tabanlı, AHS'de kullanılan ölçüt ağırlıklarının hesaplanması işlemi için ise Matlab tabanlı kullanıcı arayüz programları geliştirilmiştir. Ortaya konulan yöntemden elde edilen sonuç haritalar ile çalışma alanının Google Earth'deki güncel uydu görüntüleri ve daha önceden projelendirilen ağaçlandırma sahaları konumsal olarak karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda toprak derinliği hesaba katılarak yapılan değerlendirmede yaklaşık %50 (Google Earth) ve %51.30 (önceden projelendirilen ağaçlandırma sahaları) civarında bir örtüşme söz konusu iken kadastral durum dikkate alınarak yapılan değerlendirmede örtüşme yaklaşık %70 (Google Earth) ve %81.13 (önceden projelendirilen ağaçlandırma sahaları) civarındadır.

**Anahtar Sözcükler:** Analitik hiyerarşi süreci, Coğrafi bilgi sistemleri, Ağaçlandırma, Ormansızlaşma

### Detection of potential afforestation fields by analytical hierarchy process and geographical information systems

**Abstract:** Recently, millions of hectares of forests are disappearing every year due to the effects caused by people. This situation has made the concept of deforestation one of the biggest problems of our age. Existing forests need to be protected in order to combat deforestation and ensure a sustainable forest management. However, determining the most suitable potential afforestation areas and carrying out afforestation works of these areas are of great importance. In this context, Geographical Information Systems (GIS), which is a location-based information system, can be used in order to easily examine the current situation in the digital environment for forest existence and to identify potential afforestation areas. In this study, it is aimed to determine the potential afforestation areas within Sivas province border automatically by GIS based Analytical Hierarchy Process (AHP) method. In order to determine these sites in a short time, accurately, effectively and automatically, a model builder based interface has been developed in the GIS software environment, while Matlab based user interface program has been developed to calculate the criterion weights used in AHP. The result maps obtained from the method presented were compared with the current satellite images of the study area in Google Earth and the previously projected afforestation areas spatially. As a result of this comparison, approximately 50% (Google Earth) and 51.30% (previously projected afforestation areas) overlap in the assessment made by taking into account the depth of the soil, while the overlap is approximately 70% (Google Earth) and 81.13% (previously projected afforestation areas).

**Keywords:** Analytical hierarchy process, Geographical information systems, Afforestation, Deforestation

## 1. Giriş

Geniş bir alanda kendine özgü iklim oluşturabilen, belirli yükseklik, yapı ve kapalıdaki ağaçlar ile içinde yaşayan canlıları kapsayan bir ekosistem olarak tanımlayabileceğimiz ormanların sayısız ekolojik, sosyal ve ekonomik faydaları vardır (OGM, 2018). Ormanlar; yakacak, oksijen ve gıda kaynağıdır; kullandığımız kağıtların, mobilyaların ve bazı ilaçların hammaddesidir. Ormanlar gürültü kirliliğini azaltır, yeraltı sularının oluşmasına yardımcı olur, su ve rüzgar erozyonunu önleyerek toprağın verimini kaybetmesini ve taşkınları önler, sosyal alanlar oluşturur, orman köylüsüne istihdam sağlar (Muğla, 2019; OGM, 2018). Ayrıca fosil yakıtların fazla kullanımı, arazi kullanımındaki değişiklikler, hızla gelişen yapılaşma ve sanayileşme gibi insan etkileriyle atmosfere salınan zararlı gazlar her geçen gün artmaktadır. Buna bağlı olarak yeryüzünün daha fazla ısınmasıyla meydana gelen küresel iklim değişikliğinin neden olduğu kuraklık, verimli yağış azlığı, buzulların eriyerek deniz seviyesini yükseltmesi gibi insan hayatını olumsuz etkileyecek durumların önüne geçilmesinde de atmosferdeki sera gazının azaltılmasını sağlayan ormanlar büyük önem taşımaktadır (Muğla, 2019; OGM, 2018). Nitekim Birleşmiş Milletler tarafından ormansızlaşmanın gerek iklim değişikliği açısından, gerekse biyolojik çeşitlilik açısından çevre tehdidi oluşturduğu açıkça ortaya konmuş, ormanların insanlık için bir ‘Hayat Destek Sistemi’ olduğu kabul edilmiştir (OGM, 2015). Ormanların insanoğlu ve doğal çevre için son derece önem kazandığı günümüzde, mevcut orman durumunun iyi biliniyor korunması ve orman varlığının artırılması için ağaçlandırma sahalarının tespit edilip gerekli çalışmaların yapılması gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Bu bağlamda, orman varlığının mevcut durumunun sayısal ortamda kolaylıkla irdelenebilmesi ve potansiyel ağaçlandırma sahalarının belirlenebilmesi için konuma dayalı bilgi sistemi olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nden faydalanılmaktadır (Ateşoğlu, 2015; Muğla, 2019; Piran, Maleknia, Akbari, Soosani & Karami, 2013; Ustaoglu & Aydınoglu, 2020).

Literatürde bu konuya ilişkin çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Gürkaynak (2014) tarafından CBS kullanılarak yapılan çalışmada, Kahta Devlet Orman İşletme Şefliği sınırları içerisindeki potansiyel ağaçlandırma alanları belirlenmiştir. Çalışma kapsamında orman toprağı (OT), yükseklik, eğim, bakı ve ortofotolardan elde edilen baraj, yol ve iskan alanlarına yakınlık verilerinden her biri 5 gruba ayrılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca orman içi açıklık alanlar da ortofotolardan belirlenmiştir. Bu tespit edilen beş önemli faktöre ve ilgili ölçütlere göre bölmeciklerin potansiyel öncelik sınıfları tespit edilerek öncelikli olarak ağaçlandırılması gereken alanlar ortaya konulmuştur. Ateşoğlu (2015) tarafından yapılan çalışmada, Arıt ve Eşme-Güre orman işletme şefliği sınırları içerisinde CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle potansiyel ağaçlandırma alanları tespit edilmiştir. Çalışmada, Landsat TM uydu görüntüleri ve Coordination of Information on the Environment (CORINE) verileri kullanılmıştır. Her iki alana ait uydu görüntülerine maksimum benzerlik algoritması ile kontrollü sınıflandırma uygulanmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonrasında 2032 ha toplam alanı bulunan Arıt Orman İşletme Şefliğine ilişkin genel doğruluk %81, 38 447 ha alana sahip Eşme-Güre Orman İşletme Şefliğine ilişkin genel doğruluk ise %89 civarında elde edilmiştir.

van Loi (2008), Vietnam bölgesinde Landsat ETM+ uydu görüntülerini kullanarak uzaktan algılama teknikleriyle yoğun orman, bozulmuş orman, orman alanı, otlak, çalılık arazisi, çorak arazi olmak üzere toplamda altı arazi örtüsü sınıfı tanımlamıştır. İklim, toprak mülkiyeti, topoğrafya ve bitki örtüsü gibi ölçütler Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemiyle ağırlıklandırılarak CBS ortamında analiz edilmiştir. Uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanılarak yapılan çalışma sonucunda tüm alan yüksek potansiyele sahip, orta potansiyele sahip, düşük potansiyele sahip ve çok düşük potansiyele sahip alanlar olarak 4 sınıfa ayrılmış olup orman oluşturabilmek için 365 891 ha'lık uygun bir alan bulunduğu ortaya konulmuştur. Bhagat (2009), Hindistan'da yaptığı çalışmada Landsat ETM+ verileri kullanılarak uzaktan algılama ve CBS yöntemleri ile potansiyel ağaçlandırma sahalarını belirlemiştir. Çalışma alanındaki mevcut orman yoğunlukları Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) kullanılarak sınıflandırılmış, toprak nemi ise Soil Wetness Index (SWI) dağılımına dayanarak Birleşik NDVI ve SWI haritaları üretilmiştir. Sonuç haritada incelenen alanın yaklaşık %13'ünün birinci derece potansiyele



sahip ağaçlandırma alanı, %27'sinin ise ikinci derece potansiyele sahip ağaçlandırma alanı olduğu ortaya konulmuştur. Hossain, Lin ve Hussain (2003) yaptığı çalışmada Bangladeş'in Cox's Bazar Sahili'nde potansiyel mangrov ağaçlandırma sahalarının tespit edilmesini amaçlamıştır. Landsat TM görüntüsü kullanılan çalışma sonuçlarına göre; 2146 ha birinci derece ve 1605 ha ikinci derece mangrov ekim sahası bulunduğunu ortaya koymuştur.

Mahdavi, Ghasemi ve Jafarzadeh (2017), ağaçlandırma çalışmalarının başarılı olması amacıyla CBS kullanarak arazi uygunluğunun değerlendirilmesi gerekliliğini vurgulamıştır. Bu çalışmada, İran'da üç doğal ağaç türünün (Quercus persica, Pistacia atlantica, Amygdalous scoparia) potansiyel habitatlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda; çalışma alanının eğim ve bakı haritaları üretilmiştir. Toprak haritalarının üretilmesi için ise yaklaşık 954 ha bölgeden 30 cm derinlikte rastgele 40 toprak numunesi alınmış; PH, doku, elektriksel iletkenlik ve organik materyal gibi toprak örnek özellikleri ölçülmüştür. Seçilen ağaç türlerinin ekolojik ihtiyaçları göz önünde bulundurularak coğrafi analizlerle elde edilen sonuçlara göre toplam alanın yaklaşık 890 ha'lık bölümünün yeniden ağaçlandırılabilir olduğuna kanaat getirilmiştir. Quercus persica için 368.72 ha (%41.41), Pistacia atlantica için 353.44 ha (%36.69) ve Amygdalus scoparia türü için 176.20 ha (%19.78) uygun alan bulunmuştur. Eslami, Roshan ve Hassani (2010), İran'ın kuzey bölgesinde yer alan Guilan kentindeki ağaçlandırma çalışmalarında uygun türlerin seçilmesinde CBS'den faydalanmıştır. Bu çalışmada yükseklik, eğim, bakı, iklim ve toprak yapısı gibi ölçütler önem değerine göre derecelendirilmiş ve AHS yöntemiyle ağırlıklandırılarak sonuç harita üretilmiştir.

Diğer taraftan, Ustaoglu ve Aydinoglu (2020) İstanbul'un Pendik ilçesinde CBS tabanlı bulanık küme ve AHS ile en uygun yeşil alanların belirlenmesine yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Dubovyk, Menz ve Khamzina (2016), CBS tabanlı çok ölçütlü karar analizi ve bulanık mantık ile bir ağaç türünün ekili olduğu alanların uygun olup olmadığının değerlendirilmesine yönelik çalışma yapmışlardır. Piran vd. (2013) tarafından İran'ın batısındaki Ilam kentinde yapılan çalışmada CBS tabanlı AHS ile en uygun yerel orman park alanlarının belirlenmesine yönelik çalışmalar ortaya konmuştur. Con vd. (2013) tarafından, Gediz havzasının kuzey doğusunda; amenajman durumu, saha eğim sınıfı, yükselti aralıkları, toprak derinliği, kuraklık indeksi ve arazi kabiliyet sınıfı gibi veriler kullanılarak CBS ortamında analiz edilmiş ve potansiyel ağaçlandırma sahaları belirlenmiştir.

Bu çalışmada; yükseklik, eğim, bakı, amenajman durumu, erozyon riski, arazi kabiliyeti sınıfı, toprak derinliği, kuraklık indisi, yollara yakınlık, baraj ve göllere yakınlık, enerji nakil hatları, korunan alanlar, sit alanları, yerleşim yerleri gibi veriler kullanılarak Sivas il sınırı içerisindeki potansiyel ağaçlandırma sahalarının CBS tabanlı AHS yöntemiyle analiz edilerek geliştirilen kullanıcı arayüz programlarıyla otomatik olarak belirlenmesi amaçlanmaktadır.

## 2. Çalışma Alanı

Çalışma alanı seçilen Sivas, İç Anadolu Bölgesi'nde 35° 85' ile 38° 75' doğu boylamları ve 38° 05' ile 40° 05' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). Ortalama yüksekliği 1500 metrenin üzerinde olan ilin kuzeyi Karadeniz ikliminin etkisinde iken geneli karasal iklim özelliğine sahiptir (Sivas Valiliği, 2019). İklim ve yer şekilleri özellikleri bakımından Sivas doğal bir orman alanı olması gerekirken; yüzyıllar boyunca devam eden ormanların tahribatı yüzünden bugün Sivas çevresinde orman alanları fazla geniş bir yer tutmaz. İlin Koyulhisar bölgesi zengin çam ormanı ile kaplıdır. Şerefiye yöresi Koyulhisar çevresi kadar olmamakla birlikte önemli bir orman bölgesidir. İlde Orman Genel Müdürlüğü (OGM) verilerine göre toplamda 387 281 ha ormanlık alan bulunmaktadır.



Şekil 1: Çalışma alanı (Kuşçu Şimşek, Türk & Ödül, 2019)

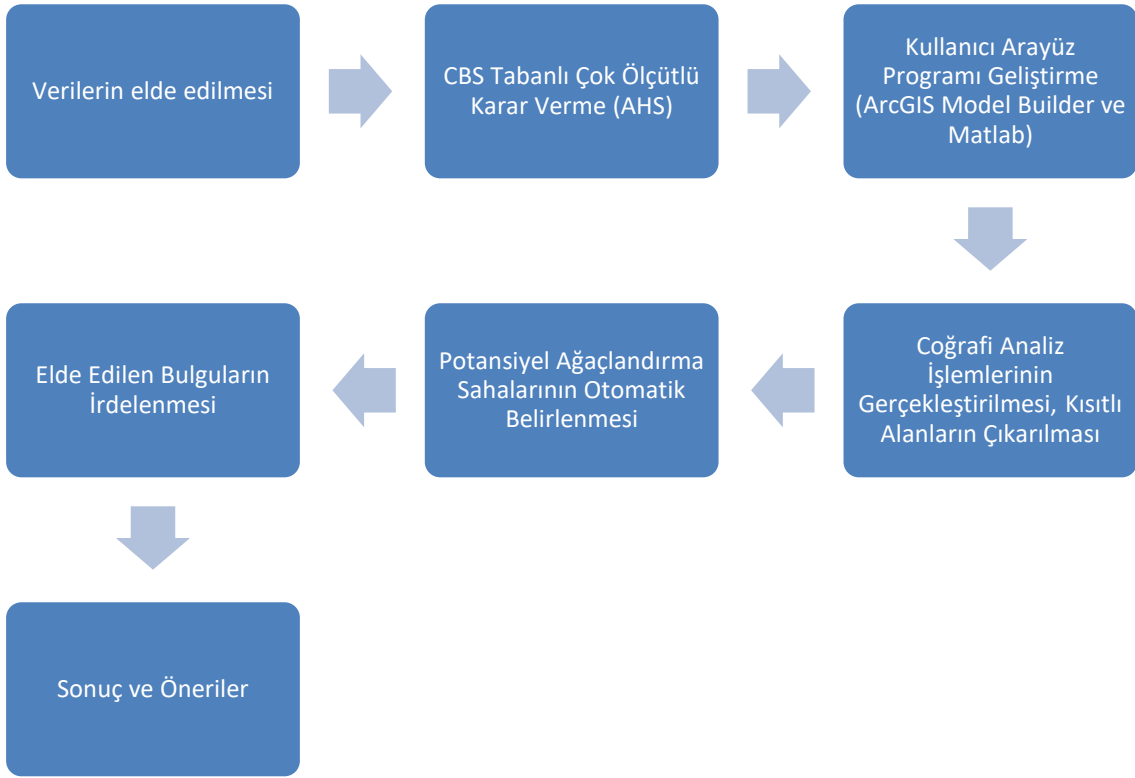
### 3. Yöntem

Bu çalışmada, CBS tabanlı AHS kullanılarak geliştirilen kullanıcı arayüz programları yardımıyla potansiyel ağaçlandırma sahalarının otomatik olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu süreçte kullanılan veriler Tablo 1’de çalışmada izlenen iş adımları ise Şekil 2’de verilmektedir.

Tablo 1: Çalışmada kullanılan veriler

Veri	Veri Kaynağı
Amenajman Planları	Orman Genel Müdürlüğü (OGM)
Büyük Toprak Grupları (BTG) Haritası	Tarım Reformu Genel Müdürlüğü (TRGM)
Baraj-Göl-Gölet	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ)
Korunan Alanlar	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB)
Kadastral Veriler	Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM)
Sayısal Arazi Modeli (SAM)	Harita Genel Müdürlüğü (HGM)
Karayolları	Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM)
Enerji Nakil Hatları	Çamlıbel Elektrik Dağıtım A.Ş. (ÇEDAŞ)

Bu çalışmada verilerin toplanması, derlenmesi, gerekli dönüşümlerin, sorgulamaların ve analizlerin yapılması sürecinde ESRI ArcGIS 10.3 CBS yazılımı kullanılmıştır. Farklı kurumlardan elde edilen veriler kullanılan CBS yazılımı ortamında WGS84 Zone 37N ortak projeksiyon koordinat sistemine dönüştürülmüştür.



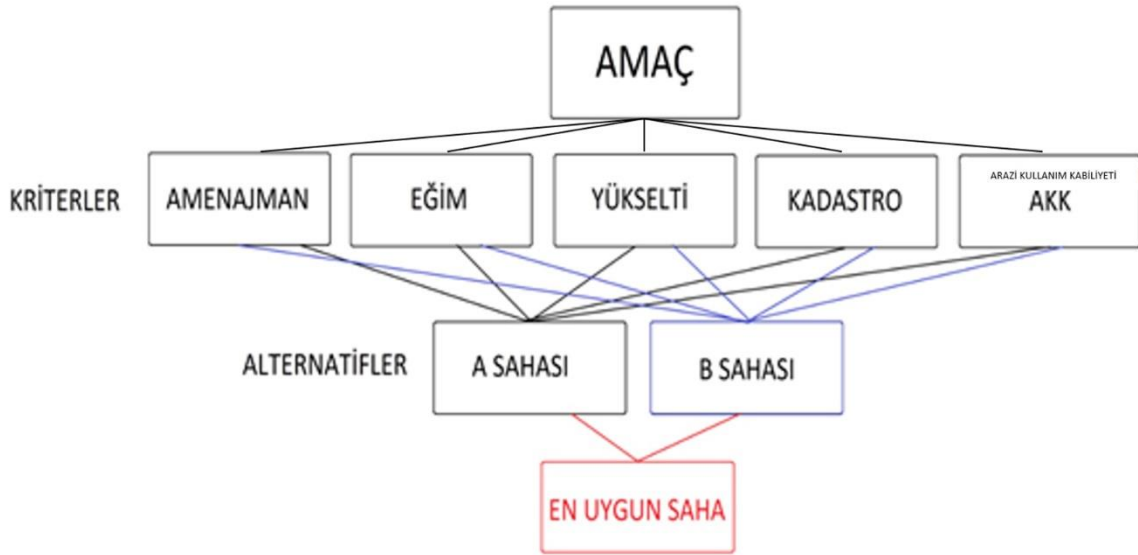
Şekil 2: Çalışmada izlenen adımlar

### 3.1 Analitik Hiyerarşi Süreci

Saaty (1977) tarafından model haline getirilen AHS yöntemi çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biridir. Bu yöntemde, karar ölçütleri hiyerarşik kurallar ve farklı alternatifler ile belirlenirken önem derecesine göre sıralanır. Önem derecesine göre sıralanma, uzman görüşleri alınarak yapılır. Bu durum yöntemin doğruluğunu artırmaktadır. AHS'nin avantajı, hem niceliksel hem de niteliksel verilerin kolay anlaşılmasını ve etkili bir biçimde ele alınmasını sağlamasıdır (Bunruamkaew ve Murayam, 2011; Ciritci ve Türk, 2019; Min, 1994; Moeinaddini, Khorasani, Danehkar & Darvishsefat, 2010). Literatürde birçok çalışmada yaygın olarak kullanılan yöntemin işlem adımları aşağıda belirtilmektedir.

- Karar geliştirme süreçlerinde hedeflerin, ölçütlerin, kısıtlayıcıların ve/veya alternatiflerin bir hiyerarşi çerçevesinde tanımlanması ve düzenlenmesi,
- Süreçlerde dikkate alınacak ölçütlerin ikili karşılaştırma yoluyla hiyerarşiyi oluşturan her bir düzeyde değerlendirilmesi,
- Hiyerarşinin tüm düzeylerinde de belirleyici olan bu ölçütlerin sayısal bir algoritma üzerinden ağırlıklandırılması ve test edilmesi (Saaty, 2008).

İlk aşama problemin alt ölçütlere ayrılması ve bu ölçütler arasındaki ilişkileri gösteren bir modelin oluşturulmasını kapsar.



Şekil 3: AHS'nin temelleri

Daha sonra belirlenen ölçütler ( $K_n$ ) uzman görüşüyle AHS temel ölçek tablosuna göre (Tablo 2) derecelendirilerek ( $n \times n$ ) formatında ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur (Tablo 3).

Tablo 2: AHS temel ölçek tablosu (Saaty, 1980'den uyarlanmıştır)

Mutlak Ölçekte Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Derecede Önemli	İki faaliyet de nesnelere eşit olarak katkıda bulunur.
3	Diğerine Göre Orta Derecede Önemli	Tecrübe ve yargı, bir aktiviteyi diğerine göre güçlü bir şekilde desteklemektedir.
5	Temel veya Güçlü Derecede Önemli	Tecrübe ve yargı, bir aktiviteyi diğerine göre daha güçlü bir şekilde desteklemektedir.
7	Çok Güçlü Derecede Önemli	Bir etkinlik diğerine göre güçlü bir şekilde tercih edilmekte ve üstünlüğü pratikte kanıtlanmaktadır.
9	Aşırı Derecede Önemli	Bir aktiviteyi diğerine tercih eden kanıtlar, mümkün olan en yüksek onaylama sırasına bağlıdır.
2,4,6,8	İki Bitişik Yargı Arasındaki Ara Değerler	Uzlaşma gerektiğinde

Tablo 3: K ikili karşılaştırma matrisi

	$K_1$	$K_2$	$K_3$	...	$K_n$
$K_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	$a_{13}$	...	$a_{1n}$
$K_2$	$a_{21}$	$a_{22}$	$a_{23}$	...	$a_{2n}$
$K_3$	$a_{31}$	$a_{32}$	$a_{33}$	...	$a_{3n}$
...	...	...	...	...	...
$K_n$	$a_{n1}$	$a_{n2}$	$a_{n3}$	...	$a_{nn}$

Oluşturulan ikili karşılaştırma matrisinin her elemanı, kendi sütun toplamına bölünerek normalize edilmiş karşılaştırma matrisi elde edilir. Elde edilen matrisin, her bir sütun toplamı bire eşit olacaktır.

$$a_{ij}^* = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

Ölçütlerin ağırlıklarını belirlemek amacıyla, oluşan matrisin her bir satırında yer alan elemanların aritmetik ortalaması alınarak ağırlık vektörü olarak adlandırılan  $\mathbf{w}$  vektörü elde edilir. Elde edilen sütun vektörünün her bir değeri ölçütlerin sırasıyla yüzde ağırlık değerlerini vermektedir (Yaralıoğlu, 2001).

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n} \quad (2)$$

$$\mathbf{w} = \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

AHS'deki en önemli özelliklerden biri de karşılaştırmalardaki tutarlılığın belirlenebilmesidir. Bu bağlamda tutarlılığın hesaplanması için Tutarlılık İndeksi (Consistency Index, CI) ve Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio, CR) değerleri hesaplanmaktadır. CI için ise öncelikle maksimum temel özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) hesaplanır (Göral, 2015; Yaralıoğlu, 2001).

$$M_i = \frac{K_i}{W_i} \quad (4)$$

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{n} \quad (5)$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (6)$$

Son olarak CR hesaplanır. Bu eşitlikteki rastgele index (Random Index, RI), Tablo 4'te matris büyüklüğüne göre yani n değerine göre seçilir (Saaty, 1980).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (7)$$

**Tablo 4:** RI değerleri (Macharis, Springael, De Brucker & Verbeke, 2004)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

İşlemler sonucunda dikkate alınması gereken eşik değer 0.10'dur. Eğer CR eşik değerden büyükse bu durum ikili karşılaştırma matrisindeki verilerin uyumsuz olduğu anlamına gelmekte olup matrisin düzenlenerek işlemlerin tekrar edilmesini gerektirmektedir. Oranın 0.10 değerinin altında olması verilerin tutarlı olduğunu göstermektedir (Saaty, 1980).

### 3.2 Çalışmada Kullanılan Ölçütler

Potansiyel ağaçlandırma sahalarının belirlenmesi amacıyla iki tanesi kısıtlayıcı olmak üzere toplam 13 ölçüt kullanılmıştır. Bu kapsamda Sivas Orman İşletme Müdürlüğü ve özel mühendislik bürolarında görev yapan Orman Mühendisleri ile görüşülerek anket yapılmıştır. Bu anket sonucunda elde edilen bilgiler ışığında ölçütler için alt sınıflar oluşturularak 1 ile 9 aralığında derecelendirilmiştir. Ağırlıklar belirlenirken ise aritmetik ortalama yöntemi kullanılmıştır. Bu ölçütler; yükseklik, eğim, bakı, arazi kullanım kabiliyeti (AKK), amenajman durumu, kadastral durum, toprak derinliği, yollara yakınlık, baraj, göl, gölet gibi alanlara yakınlık, erozyon riski durumu, yerleşim yerlerine yakınlık, sit ve diğer koruma alanları gibi alanlarda bulunmaması, enerji nakil hatlarına yakın olmaması durumlarıdır.

#### 3.2.1 Yükseklik

Deniz seviyesinden yükseğe çıkıldıkça belirli bir yüksekliğe kadar hava sıcaklığı her 200 metrede ortalama 1 santigrat derece



olarak azalmakta, yağışlar ise her 100 metre için yılda ortalama 50 mm artmaktadır. Yükseltinin fazla olduğu alanlarda düşük sıcaklık ve fazla nem toprak özellikleri üzerinde etkili olmakta, bu da vejetasyon süresini kısaltmakta, ağaç beslenmesi ve gelişimi açısından olumsuz sonuçlar doğurmaktadır ve dikilebilecek tür sayısını kısıtlamaktadır (Muğla, 2019; OGM, 2019). Bu bilgiler göz önünde bulundurularak 10 x 10 metre çözünürlüğündeki yükseklik verileri, dört sınıfa ayrılarak derecelendirilmiştir (Tablo 5). 2000+ m yüksekliği bulunan alanlar kısıtlı olarak kabul edilmiştir.

### 3.2.2 Eğim

Eğim derecesinin fazla olduğu alanlarda erozyon şiddeti yüksektir (OGM, 2019). Toprak kaybının önlenmesi için erozyon şiddetinin yüksek olduğu alanların ağaçlandırılması önemli olsa da eğimin fazla olduğu yerlerde toprak derinliğinin az, veriminin düşük olması sebebiyle yapılacak olan çalışmaların başarı oranı düşük olacaktır (OGM, 2019). Ayrıca, eğim derecesi fazla olan yerlerde yapılacak ağaçlandırmalar özel bir teknik gerektirmektedir. Türkiye’de olduğu gibi genellikle yarı kurak ve kurak iklim tiplerine sahip dik yamaçlı yerlerde ağaçlandırma yapılırken yağış sularının yüzeysel akışla fazla kaybına engel olmak, diğer bir ifade ile toprak içine sızacak su miktarını arttırmak için yamaçta teraslar açılır (Muğla, 2019; Tavşanoğlu, 1974). Bu ve benzeri teknikler de yapılacak çalışmanın maliyetini etkilemektedir. Derecelendirmeler, bahsedilen durumlar göz önünde bulundurularak ağaçlandırma projelerinde uygulanan aralıklara göre sınıflandırılarak yapılmıştır. Eğimin %60 ve üzeri olduğu alanlar kısıtlı olarak kabul edilmiştir (Tablo 5).

### 3.2.3 Bakı

Yarı nemli ve yarı kurak bölgelerde genellikle gölgeli bakılarda meşçere kapalılık derecesi güneşli bakılara kıyasla daha yüksektir. Bunun nedeni toprağın nem miktarının gölgeli bakılarda daha yeterli ve yazın güneşli bakıların genellikle kurak olmasıdır. Gölgeli bakılarda karlar yavaş yavaş eridiğinden toprağa sızan su miktarı daha fazla olur, yüzeysel akış azalır. Gölgeli bakılarda vejetasyon devresi daha geç başladığı için bitkilerin ilkbahar donlarından zarar görme olasılığı daha azdır (Muğla, 2019; OGM, 2019). Bu sebeple çalışmada kuzey bakı 9, güney bakı 4, doğu ve batı bakı ise 6 olarak derecelendirilmiştir (Tablo 5).

### 3.2.4 Arazi Kullanım Kabiliyeti

Arazi Kullanım Kabiliyeti sınıflandırmasına göre; yeryüzündeki tüm araziler 8 sınıfa ayrılarak incelenir. Bu sınıflandırma sisteminde 1. ve 2. sınıf araziler sulu tarıma en uygun; 3. ve 4. sınıf araziler bazı kısıtlamalar dahilinde tarıma uygun araziler olarak tanımlanmıştır. Diğer dört sınıf içerisinde yer alan araziler ise işlemeli olarak tarımsal üretime uygun olmayan arazilerdir (Alparslan & Aydoğan., 2004). 6. sınıf araziler, ağaçlandırmaya en uygun sınıf olarak 9 ile derecelendirilmiştir (Tablo 5).

### 3.2.5 Amenajman Durumu

Amenajman planları, sürdürülebilir bir orman yönetimi sağlamak amacıyla mevcut orman durumunu ortaya çıkarmak ve gelecek planlaması yapmak amacıyla orman mühendislerinden oluşan komisyonlarca hazırlanan, 10 yıl aralıkla revize edilen planlardır (OGM, 2018). Amenajman planları; ağaç türü, yaşı, kapalılık durumu gibi yönlerden ortak özelliğe sahip en az 1 ha alana sahip meşçere adı verilen bölümlerden oluşmaktadır. Çalışma kapsamında meşçere tipleri irdelenerek potansiyel oluşturma önemine göre derecelendirilmiştir (Tablo 5).

### 3.2.6 Kadastral Durum

Ağaçlandırma sahalaları için öncelik olarak kadastro niteliği orman olan alanlar tercih edilirken, şartların uygun olduğu durumlarda hazine arazileri de çalışma öncesi ön tahsisle, çalışma sonrası kesin tahsisle OGM adına tahsis edilebilmektedir (OGM, 2015). Mera alanları da çayır ve otlak alanların azlığı sebebiyle fazla tercih edilmese de uygun görüldüğü durumlarda komisyon kararıyla OGM adına tahsis edilerek ağaçlandırılabilir. Buna ek olarak, en az 0.5 ha büyüklüğündeki şahış

parsellerinde “özel ağaçlandırma” yapılabilmektedir (OGM, 2012). Kadastral durum bu hususlar dikkate alınarak derecelendirilmiştir (Tablo 5).

### 3.2.7 Toprak Derinliği

Toprak derinliği bitki köklerinin gelişecekleri toprak hacmi ve bu toprakta tutulacak su ve besin maddesi miktarı üzerinde etkili olur (Gönensin, 1992). Derin topraklar aynı bünyeye sahip sığ topraklardan daha fazla bitki besini ve su tutabilir (Aboumarsi ve Karagöz, 2015). Yapılacak olan ağaçlandırma çalışmasının başarılı olabilmesi için yeterli toprak derinliğinin olması gerekmektedir. Büyük toprak grupları haritasından elde edilen toprak derinliği haritası, Tablo 5’te belirtildiği şekilde derecelendirilmiştir.

### 3.2.8 Karayollarına Yakınlık

Yol kenarı ağaçlandırması, estetik ve rekreasyon amacı haricinde yoldan çevreye yayılan gürültü ve hava kirliliğinin önlenmesinde de önemli rol oynamaktadır (Muğla, 2019). Örnek verecek olursak orman varlığı 50 m genişliğindeki bir otobanın trafik gürültüsünü 20-30 desibel kadar azaltmakta ve bir kayın ağacı bir yıl içinde 7 kilogram toz ve 300 kilogram zehri emip, dışarı süzmekle birlikte aşırı kirlenme durumunda ise gövdesindeki bozulma ile alarm vermektedir (OGM, 2018). Karayollarına yakınlık, yedi ayrı sınıfa ayrılarak derecelendirilmiştir (Tablo 5).

### 3.2.9 Baraj, Göl, Gölet gibi Alanlara Yakınlık

Ormanlar, toprağı tutma özelliği sayesinde barajların ömrünü uzatırlar (Muğla, 2019; OGM, 2018). Barajlar, temiz su kaynağı olup yağmur verimini artırır ve su varlığının artmasına yardımcı olurlar. Örneğin, etrafı ormanla çevrili bir baraj gölünün 1 cm<sup>3</sup>ünde 76 çeşit mikrop tespit edilmişken bu rakam tarım alanları veya çıplak alanlarla çevrili barajın suyunda 4400 çeşittir (OGM, 2018). Dolayısıyla bu alanlara yakın bir ağaçlandırma çalışması birçok açıdan fayda sağlayacaktır. Baraj, göl, gölet gibi alanlara yakınlık, yedi ayrı sınıfa ayrılarak derecelendirilmiştir (Tablo 5).

### 3.2.10 Erozyon Riski

Toprağın sularla ve rüzgarla taşınmasını ifade eden erozyon nedeniyle dünya genelinde kaybedilen toprak yaklaşık 24 milyar ton/yıl iken Türkiye’de bu miktar 750 milyon ton/yıl civarındadır (AA, 2018). Erozyonu önleyerek zararlı etkilerinden kurtulmak için mevcut ormanlar korunmalı ve çıplak araziler ağaçlandırılmalıdır (Deniz ve Ok, 2016). Erozyon riski haritası, büyük toprak grupları haritasından elde edilerek derecelendirilmiştir (Tablo 5).

### 3.2.11 Yerleşim Yerlerine Yakınlık

Temiz ve yaşanabilir bir çevre oluşturulmasına katkı sağlamak, eğlenme ve dinlenme yeri gibi rekreasyon alanları oluşturmak açısından yerleşim yerlerine yakınlık önem arz etmektedir. Ayrıca çalışmada yerleşim alanları da kısıtlı alan olarak kabul edilmiştir (Tablo 5).

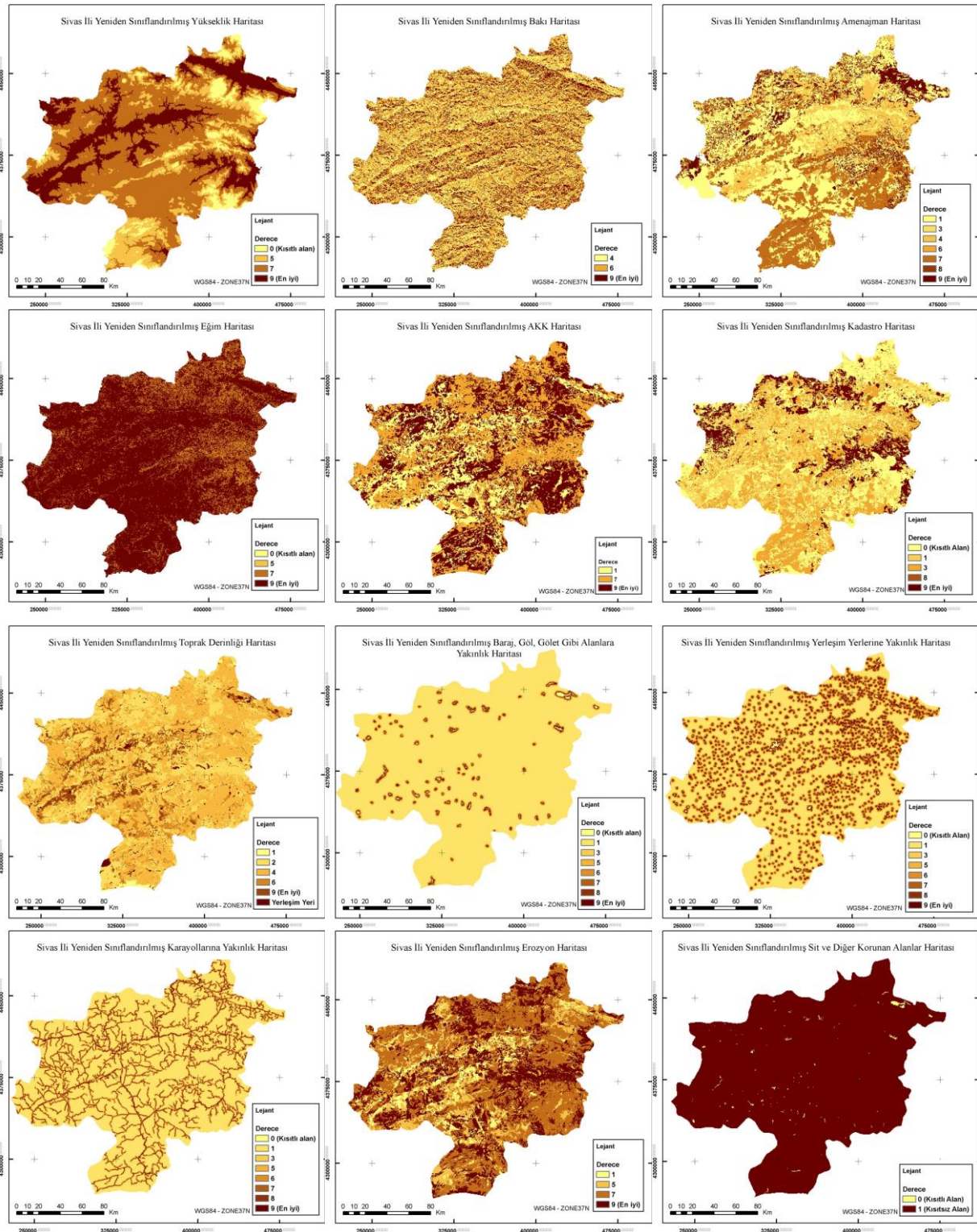
### 3.2.12 Kısıtlı Alanlar

2000+ m yükseltiyeye sahip alanlar, %60+ eğime sahip alanlar, yerleşim yerleri, baraj/göl/gölet gibi alanlar dışında enerji nakil hatlarına 10 m yakın alanlar, sit ve diğer koruma alanları gibi alanlar da kısıtlı alan olarak kabul edilmiştir. Yerleşim yerleri, baraj/gölet gibi alanlar arazi kullanım durumu sebebiyle, sit ve koruma alanları yasal durum sebebiyle, enerji nakil hatlarına 10 m kadar yakın olan alanlar ise olası yangın durumunda tampon bölge oluşabilmesi nedeniyle kısıtlanmıştır. Kısıtlı alanlar, sonuç haritasından çıkarılmıştır.

**Tablo 5:** Çalışmada kullanılan ölçütler ve atanan değerler (Sivas Orman İşletme Müdürlüğü'nde ve özel mühendislik bürosunda görevli Orman Mühendisleri'nin görüşleri doğrultusunda değerler atanmıştır.)

<b>Yükseklik Aralıkları (m)</b>	<b>Değer</b>	<b>Eğim Aralıkları (%)</b>	<b>Değer</b>
0-1400	9	0-20	9
1400-1750	7	20-40	7
1750-2000	5	40-60	5
<b>Bakı</b>	<b>Değer</b>	<b>Kadastral Durum</b>	<b>Değer</b>
Kuzey	9	Orman	9
Güney	4	Hazine	8
Doğu	6	Mera	3
Batı	6	Şahıs	1
<b>Toprak Derinliği (cm)</b>	<b>Değer</b>	<b>AKK Sınıfı</b>	<b>Değer</b>
90+	9	I ve IV arası sınıftaki araziler	1
90-50	6	V. Sınıf Araziler	5
50-20	4	VI. Sınıf Araziler	9
20-0	2	VII. Sınıf Araziler	7
Litozolik	1	VIII. Sınıf Araziler	1
<b>Karayollarına Yakınlık (m)</b>	<b>Değer</b>	<b>Baraj, Göl, Gölet Gibi Alanlara Yakınlık Mesafesi (m)</b>	<b>Değer</b>
0-100	9	0-300	9
100-200	8	300-600	8
200-300	7	600-900	7
300-400	6	900-1200	6
400-500	5	1200-1500	5
500-1000	3	1500-2000	3
1000+	1	2000+	1
<b>Meşçere Tipi</b>	<b>Değer</b>	<b>Yerleşim Yerlerine Yakınlık (metre)</b>	<b>Değer</b>
Orman Toprağı (OT) , OT-Z (OT-Ziraat)	9	0-300	9
Bozuk sahalar	8	300-600	8
OT-E (Orman Toprağı – Erozyon)	7	600-900	7
OT-T (Orman Toprağı – Tarım)	4	900-1200	6
Bozuk ve taşlık sahalar	3	1200-1500	5
Diğer (İskan, kapalı orman vs)	1	1500-2000	3
		2000+	1
<b>Erozyon Riski</b>	<b>Değer</b>		
Çok şiddetli	9		
Şiddetli	7		
Orta	5		
Hiç yok veya çok az	1		

Bu kapsamda üretilen ölçüt haritaları incelendiğinde (Şekil 4); çalışma alanının minimum yüksekliği 508 m, maksimum yüksekliği 3020 m, ortalama yüksekliği ise 1592 m olmakla birlikte ortalama eğiminin %60'dan düşük olduğu görülmektedir. Kadastral açıdan mevcut orman varlığı göz ardı edildiğinde özellikle kuzey, doğu ve kuzeydoğu bölgelerinin ağaçlandırma için daha uygun olduğu ifade edilebilir. Diğer taraftan, ortalama toprak derinliğinin 50 cm'den az olması nedeniyle sağlıklı bir ağaçlandırma çalışması için yetersiz, AKK sınıflandırmasına göre ağaçlandırılabilirlik yönünden doğu ve güney bölgelerinin daha uygun, amenajman haritasına göre kuzey doğu bölgesinin meşçere tiplerine göre ağaçlandırma için daha uygun oldukları ve erozyon riskinin ise orta şiddetli olduğu söylenebilir.

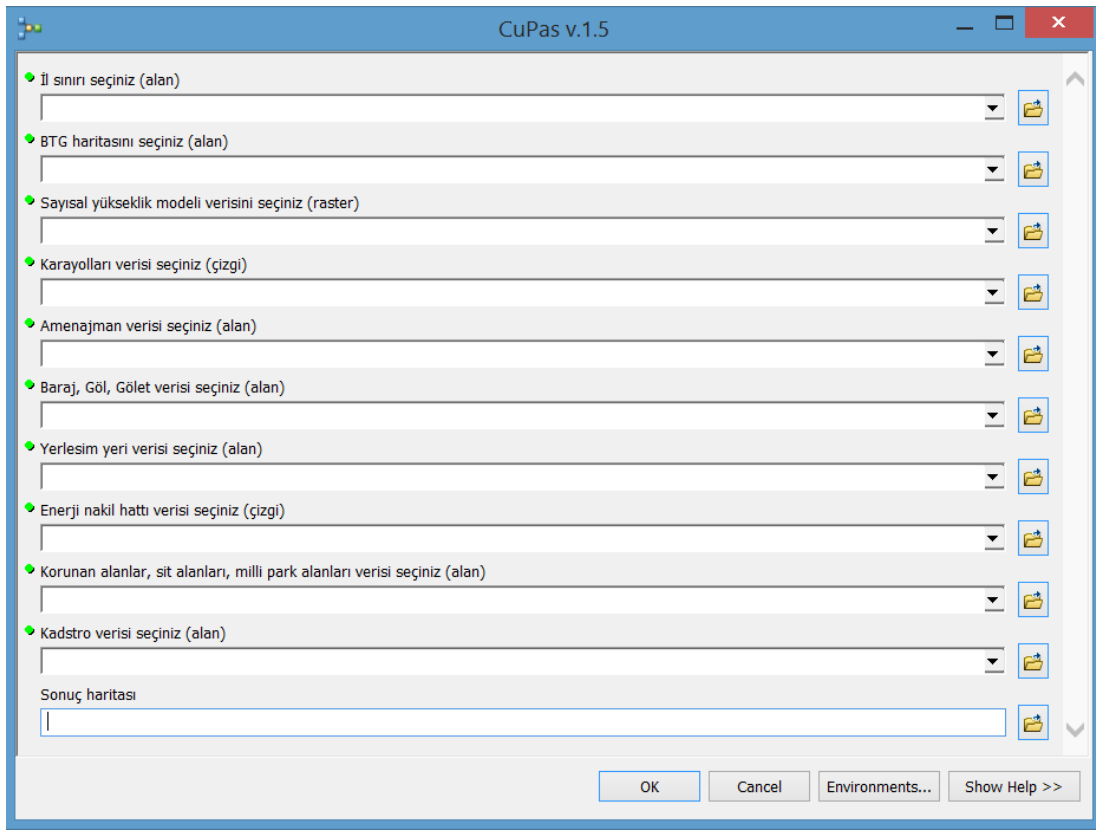


Şekil 4: Yeniden sınıflandırılan ölçüt haritaları

### 3.3 Kullanıcı Arayüz Programlarının Geliştirilmesi

CBS ortamında geliştirilen kullanıcı arayüz programları, gerçekleştirilmesi zor ve zaman alan birçok farklı coğrafi sorgulama ve analiz işlemi kısa sürede, kolay ve etkin olarak otomatik gerçekleştirme imkanı sunmaktadır (Türk, 2008, 2011). Çalışma kapsamında, ArcGIS CBS yazılımı ortamında model builder yardımıyla kullanıcı arayüz programı geliştirilmiştir. Bu arayüzün çalıştırılmasıyla birlikte kısa sürede ve kolaylıkla sonuç haritalara ulaşılabilmektedir (Şekil 5). Arayüzde kullanılan araçlar aşağıda sıralanmaktadır.

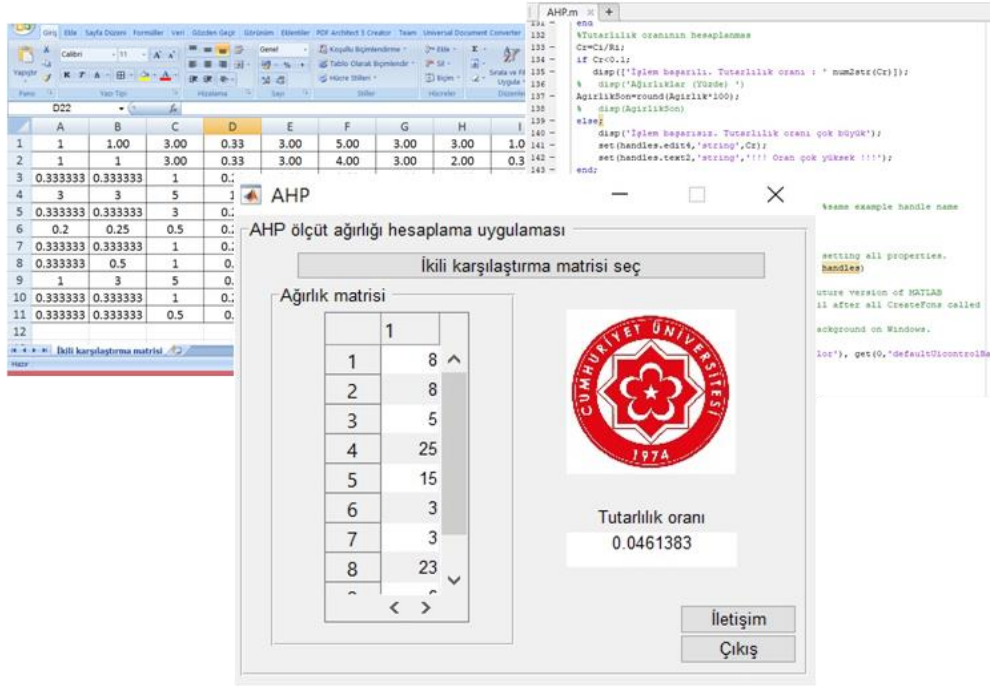
- Kesme (Clip),
- Vektörden Raster'a dönüşüm (Feature to Raster),
- Yeniden Sınıflandırma (Reclassify),
- Eğim (Slope),
- Bakı (Aspect),
- Öklit Uzaklığı (Euclidean Distance),
- Ağırlıklı Çakıştırma (Weighted Overlay).



**Şekil 5:** Geliştirilen kullanıcı arayüz programı

Ayrıca, ölçüt ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla Matlab tabanlı bir arayüz programı da geliştirilmiştir. Geliştirilen arayüzde Excel formatında 1 ile 15 arasındaki boyutta ikili karşılaştırma matrisi işleme sokularak CR değerinin uygun olması durumunda ölçüt ağırlıkları yine Excel formatında dosyaya yazılmaktadır. Aynı zamanda, arayüz formu üzerinde CR değeri de görülebilmektedir (Şekil 6). CR değerinin uygun olmadığı durumlarda ise uygulama kullanıcıyı uyarmaktadır.





Şekil 6: Matlab tabanlı AHS ağırlık hesaplama arayüzü

İkili karşılaştırma matrisi oluşturmak için yapılan anket doğrultusunda AHS yöntemi uygulanmış ve ölçüt ağırlıkları hesaplanmıştır (Tablo 6).

Tablo 6: Kullanılan ölçütler ve ağırlıklar

Toprak Derinliği Verisi Kullanılarak Elde Edilen Ölçüt Ağırlıkları	Ağırlık (%)	Kadastro Verisi Kullanılarak Elde Edilen Ölçüt Ağırlıkları	Ağırlık (%)
Amenajman Durumu	26	Amenajman Durumu	25
Toprak Derinliği	21	Kadastral Durum	23
AKK	14	AKK	14
Yükseklik	9	Yükseklik	8
Eğim	7	Eğim	8
Erozyon Riski	6	Erozyon Riski	6
Bakı	5	Bakı	5
Yerleşim Yerlerine Yakınlık	5	Yerleşim Yerlerine Yakınlık	5
Karayollarına Yakınlık	3	Karayollarına Yakınlık	3
Baraj, Göl, Gölet Gibi Alanlara	4	Baraj, Göl, Gölet Gibi Alanlara	3
CR: 0.07		CR: 0.05	

#### 4. Bulgular ve Tartışma

**Senaryo 1:** Geliştirilen arayüz ile kadastro verileri kullanılmadan sadece toprak derinliği ölçütü dikkate alınarak elde edilen sonuç haritalar; kısıtlı sahalara, 1. derece potansiyele sahip sahalara, 2. derece potansiyele sahip sahalara, 3. derece potansiyele sahip sahalara olarak 4 sınıfa indirgenerek incelenmiştir. Farklı disiplinlerden elde edilen amenajman, yükseklik ve BTG verilerindeki sınır farklılıklarından dolayı çalışma alanı, il yüz ölçümüne bire bir eşit değildir. Potansiyel sahalara alansal dağılımları Tablo 7'de gösterilmektedir.

Tablo 7: Potansiyel ağaçlandırma sahalara alansal dağılımı

Sınıf	Alan (km <sup>2</sup> )	Oran (%)
Çalışma Alanı	27 161.22	100
1. Derece Saha	9004.77	33.14
2. Derece Saha	7968.01	29.34
3. Derece Saha	7519.28	27.68
Kısıtlı Saha	2672.16	9.84

Ortaya konan sistem ile üretilen sonuç haritanın genel örtüşme oranının tespit edilmesi amacıyla çalışma alanında rastgele yaklaşık %5'lik bir alan seçilmiş ve bu alana karşılık gelen Google Earth'deki güncel uydu görüntüleri (2016-2019), Sivas Orman İşletme Müdürlüğü'nde ve özel mühendislik bürolarında görev yapan Orman Mühendisleri'nin görüşlerinden yararlanılarak alansal olarak karşılaştırılmıştır. Bu incelemeler neticesinde sonuç ürün haritanın yaklaşık %50 civarında örtüştüğü tespit edilmiştir.

Geçmiş yıllarda projelendirilen toplamda 8114.43 ha'lık farklı şefflik sınırlarındaki 20'den fazla çalışma sahası ile elde edilen veriler karşılaştırıldığında ise 238.13 (%3.04) ha alanın kısıtlı sahada, 4162.93 (%51.30) ha alan 1. derece potansiyele sahip sahada, 2496.05 (%30.76) ha alanın 2. derece potansiyele sahip sahada, 1217.16 (%15.00) ha alanın 3. derece potansiyele sahip sahada bulunduğu belirlenmiştir (Tablo 8).

**Tablo 8:** Mevcut ağaçlandırma sahaları ile potansiyel sahaların karşılaştırmalı alansal dağılımı

Sınıf	Alan (ha)	Oran (%)
Projelendirilmiş Saha	8114.43	100
1. Derece Saha	4162.93	51.30
2. Derece Saha	2496.05	30.76
3. Derece Saha	1217.16	15.00
Kısıtlı Saha	238.13	2.94

**Senaryo 2:** Bu senaryoda ise ilk senaryoda eksik olan kadastro verileri çalışmaya dahil edilmiş ve yüksek doğruluğa sahip olmayan toprak derinliği verileri dikkate alınmadan analiz gerçekleştirilmiştir. Kadastro verileri kullanılarak elde edilen ağırlıklara göre çakıştırma analizi sonucunda üretilen haritanın alansal dağılımı Tablo 9'da, elde edilen değerlerin geçmiş yıllarda projelendirilen sahalarla karşılaştırılmasına ait alansal dağılımlar ise Tablo 10'da gösterilmektedir.

**Tablo 9:** Kadastro verisi kullanılarak elde edilen potansiyel sahaların alansal dağılımı

Sınıf	Alan (km <sup>2</sup> )	Oran (%)
Çalışma Alanı	27 220.83	100
1. Derece Saha	6839.76	42.23
2. Derece Saha	7797.96	48.14
3. Derece Saha	1560.37	9.63
Kısıtlı veya Veri Yok	11 022.74	-

**Tablo 10:** Mevcut ağaçlandırma sahaları ile kadastro verisi kullanılarak elde edilen potansiyel sahaların karşılaştırmalı alansal dağılımı

Sınıf	Alan (ha)	Oran (%)
Projelendirilmiş Saha	8114.60	100
1. Derece Saha	4891.44	81.13
2. Derece Saha	1133.62	18.80
3. Derece Saha	4.44	0.07
Kısıtlı veya Veri Yok	2085.11	-

Toprak derinliği verileri kullanılarak elde edilen sonuç harita (Şekil 7) ile daha önceden projelendirilmiş sahalar karşılaştırıldığında, 1.derece potansiyel sahaya denk gelen alan yüzdesi 51.30, Google Earth'deki güncel uydu görüntülerinin incelenmesi sonucunda örtüşme oranının ise yaklaşık %50 olduğu tespit edilmiştir. Kadastro verileri kullanılarak elde edilen sonuç harita (Şekil 8) ile daha önceden projelendirilmiş sahalar karşılaştırıldığında, 1. derece potansiyel sahaya denk gelen alanın %81.13 olarak tespit edildiği, Google Earth'deki güncel uydu görüntülerinin incelenmesi sonucunda örtüşme oranının ise yaklaşık %70 civarında olduğu görülmektedir.

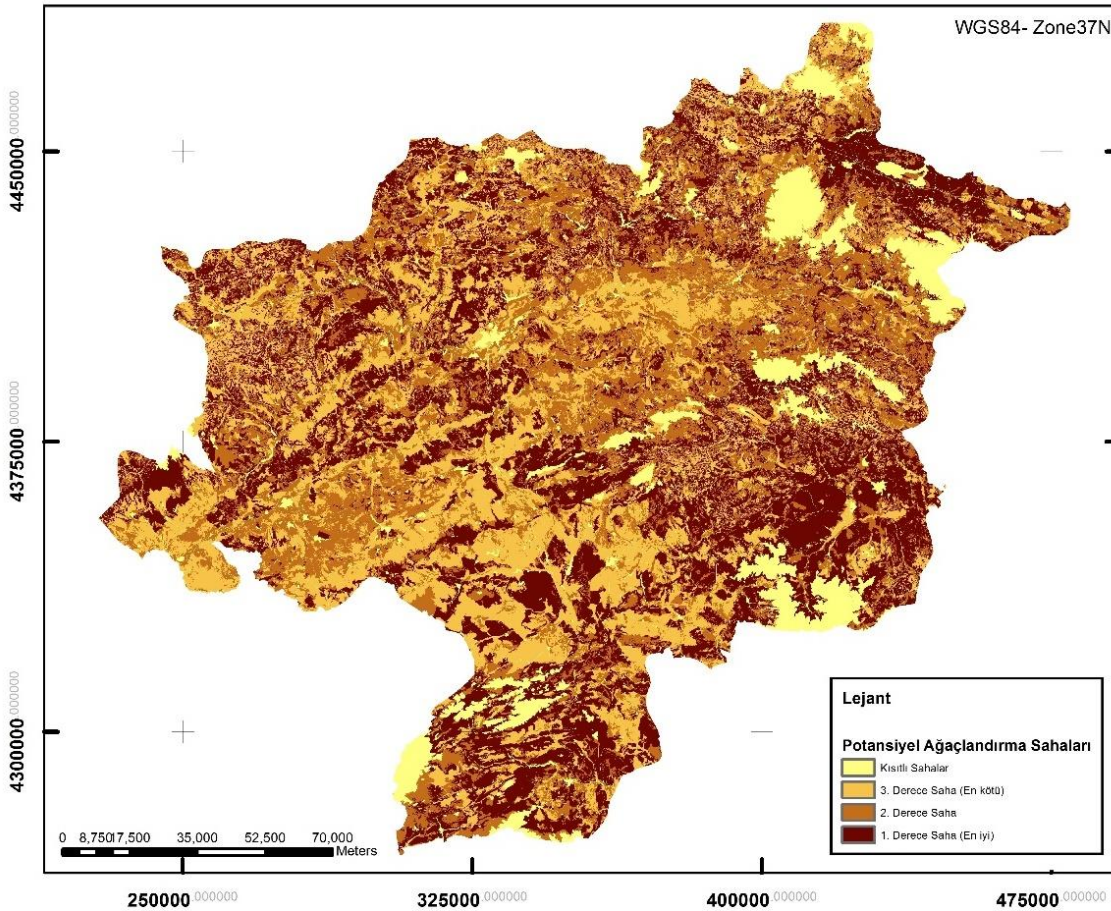
Geliştirilen arayüz yardımıyla potansiyel ağaçlandırma sahası olarak belirlenen alanlar ile geçmiş yıllarda projelendirilmiş ağaçlandırma sahaları ve arazide incelenen diğer sahalar arasında ortaya çıkan farkın ve tespit edilen genel örtüşme oranının

düşük olmasının birçok farklı nedeni bulunmaktadır. Çalışma gerçekleştirilirken kadastro verilerinin tamamına ulaşılamadığından bu verilerin uygulamaya dahil edilememesi ve amenajman planlarının tamamen kadastral duruma dayandırılarak yapılmamış olması örtüşme oranını azaltan durumlardan biridir. Literatürde potansiyel ağaçlandırma sahalarının belirlenmesine yönelik çalışmalarda genel olarak Landsat uydu görüntülerine sınıflandırma işlemleri uygulanmaktadır. Bu tür çalışmalarda kadastro verileri kullanılmadan yüksek oranda bir örtüşme elde etmek mümkün değildir.

Çalışmada örtüşme oranını azaltan bir diğer durum ise, toprak derinliği haritasının yüksek doğruluklu olmamasıdır. Ağaçlandırma sahası projelendirmelerinde 10 ha'lık alanda 1 tane olmak üzere toprak numunesi alınarak toprak derinliğinin ve diğer durumların kontrol edilmesi gerekmektedir (Muğla, 2019). 27 164 km<sup>2</sup>'lik çalışma alanında yeterli miktarda toprak numunesi alınması zaman ve maliyet açısından mümkün olmadığından, Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan resmi olarak temin edilen BTG Haritası'ndaki toprak derinliği verileri dikkate alınmıştır.

## 5. Sonuç ve Öneriler

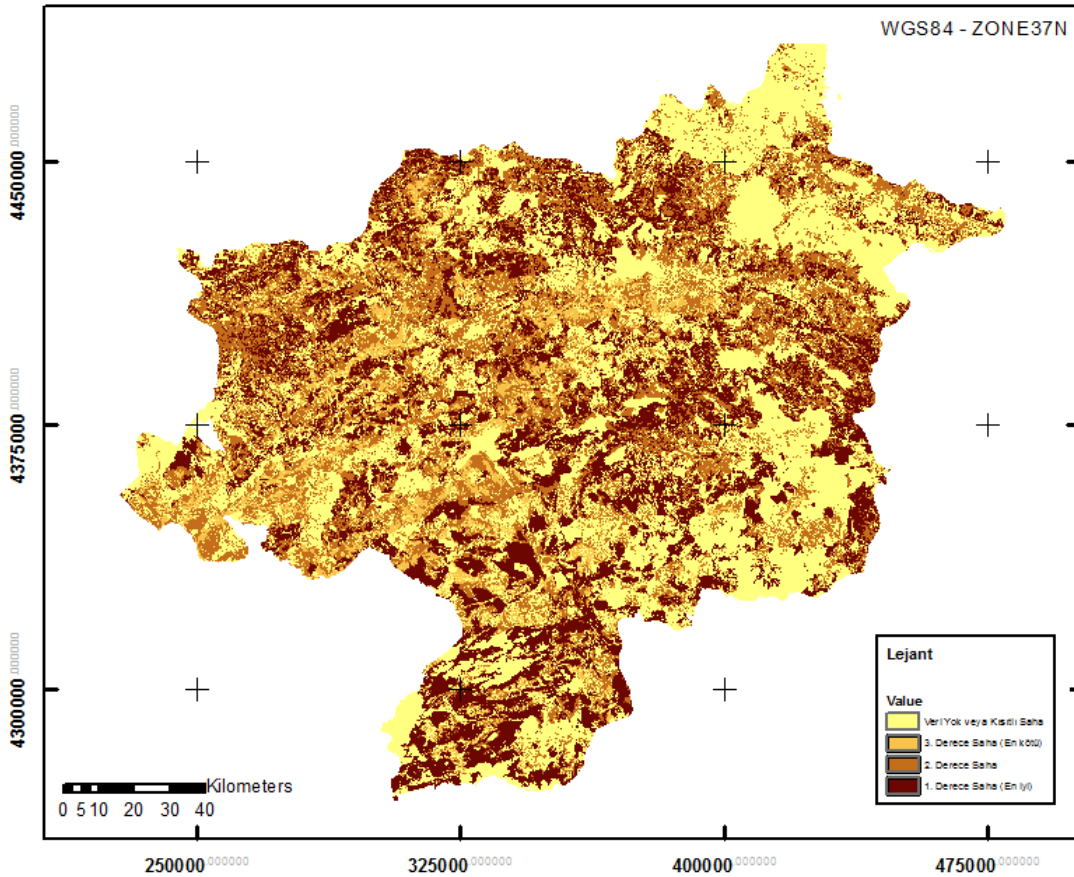
Bu çalışma kapsamında potansiyel ağaçlandırma sahalarının kısa sürede, yüksek doğrulukla etkin olarak CBS tabanlı çok ölçütlü karar analizi (AHS) yardımıyla üretilmesine yönelik bir yöntem ortaya konmuştur. Bu yöntem doğrultusunda üretilen sonuç haritalar incelendiğinde, 1. derece potansiyel ağaçlandırma sahası olarak belirlenen sınıf ağaçlandırmaya en uygun sahalar olarak kabul edilmektedir.



Şekil 7: Kadastro verileri kullanılmadan elde edilen sonuç harita

Çalışma alanı çok büyük olduğundan sağlıklı bir toprak verisi oluşturulmasına imkan vermemektedir. Bu anlamda yüksek doğruluklu sonuçlar elde edilebilmesi için daha küçük çalışma alanları seçilmesi gerekmektedir. Ayrıca, ada/parsel bilgileri bilinen sağlıklı ve eksiksiz kadastro verileri kullanılarak, parsellere atanan potansiyel saha verileri sayesinde parsel bazında incelemeler ve sorgulamalar yapılabilir. Bununla birlikte çalışmanın kapsamı genişletilerek belirlenen potansiyel sahalarda uygulanabilecek proje türlerinin, ağaçlandırma tekniklerinin ve ekilebilecek/dikilebilecek ağaç türlerin tespit edilebilmesine yönelik bir çalışmanın gerçekleştirilmesi bu çalışmanın işlevselliğini artırabilir.

Verilerin uygun şartlarda analizi için AHS yöntemi uygulanmıştır. AHS yöntemindeki ölçüt ağırlıklarının hesaplanması işlemi için Matlab tabanlı arayüz, sonuç haritaların en kısa sürede yarı otomatik olarak üretilmesi için de CBS yazılımı ortamında arayüz programları geliştirilmiştir. Böylece, değişen durumlara göre parametrelere müdahale edilmesini sağlayan ve çalışma süresince defalarca yapılması gereken birçok coğrafi sorgulama ve analiz işlemlerini otomatik olarak gerçekleştirebilen bir yöntem ortaya konulmuştur. Bu arayüzler ile hem veri güncellenmelerinde hem de görüş ve ölçütlerde meydana gelebilecek değişikliklerde arayüz üzerinde farklı seçimler yapılarak tüm işlemlerin tekrar edilmesine gerek duyulmadan sonuca ulaşılabilir. Sonuç olarak, potansiyel ağaçlandırma sahaları kolaylıkla tespit edilerek ağaçlandırma çalışması için bir sonraki sürece hızlı bir şekilde geçilebilecektir. Gelecek süreçte python vb. programlama dilleri yardımıyla CBS yazılımı ortamında AHS arayüzünün geliştirilmesi ile çalışmanın tek bir platform üzerine inşa edilerek daha esnek bir yapıda olması sağlanabilir.



Şekil 8: Kadastro verileri kullanılarak elde edilen sonuç haritası

Ormansızlaşmayla mücadele kapsamında ülkemizde ve dünya genelinde yetkili kurum ve kuruluşlar tarafından ağaçlandırma çalışmalarının yapıldığı bilinmektedir. Fakat ağaçlandırma çalışmalarının yapılabilmesi için projelendirilecek sahalardan



tespitinde kullanılacak ölçüt sayısının fazla olması, karar verme sürecini zorlaştırmakta ve süreci uzatmaktadır. Bu süreçte CBS'den faydalanılması yapılacak işlemleri kolaylaştırmakla birlikte etkin ve doğru karar verme sürecini hızlandırmaktadır.

## Teşekkür

Bu çalışma, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CÜBAP) Komisyonu tarafından CÜBAP M709 No'lu proje kapsamında desteklenmiştir.

## Yazar Katkısı


**Muhammed Kürşad Muğla:** Fikir, Literatür taraması, Veri toplama ve işleme, Analiz ve yorumlama, Yazım. **Tarık Türk:** Fikir, Tasarım, Analiz ve yorumlama, Yazım, Denetleme, Makale değerlendirme.

## Kaynaklar

- AA. (2018). <https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/tema-ankara-temsilcisi-ozer-turkiye-yilda-750-milyon-ton-toprak-kaybediyor/1329955>, (Erişim Tarihi: 15 Aralık 2018).
- Aboumarsa, H. Y., & Karagöz, M.Ö. (2015). *Verimliliğe Etki Eden Faktörler*. İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü Toprak İlimi ve Ekoloji Anabilim Dalı, Bitki Beslenme Ders kitabı, İstanbul.
- Alparslan, E., & Aydöner, C. (2004). Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfı Bilgilerinin Topoğrafya Bilgileriyle Birlikte Analizi: Kocaeli İli Uygulaması. *3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*, 41-46.
- Ateşoğlu, A. (2015). Remote sensing and GIS applications for suitable afforestation area selection in Turkey. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 65(1), 53-59.
- Bhagat, V. S. (2009). Use of Landsat ETM+ data for detection of potential areas for afforestation. *International Journal of Remote Sensing*, 30(10), 2607-2617.
- Bunruamkaew, K., & Murayam, Y. (2011). Site suitability evaluation for ecotourism using GIS & AHP: A case study of Surat Thani province, Thailand. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 21, 269-278.
- 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.
- Con, E., Fındık, S., Gem, E., Yener, Y., Korkmaz, M., Ateşoğlu, A., Nefeslioğlu, H.A., Tolunay, A., Akgün, A., Göl, C., Erpul, G., Küçükkay, İ., Doğan, O., Mutlu, Ö.M., & Bilir, H. (2013). Potansiyel Ağaçlandırma Sahaları Veritabanı ile Havza İzleme Sisteminin Geliştirilmesi (Y401-G500000 no'lu TÜBİTAK Projesi).
- Deniz, T., & Ok, K. (2016). Erozyon kontrolü çalışmalarında değer analizi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 66(1), 139-158.
- Dubovyk, O., Menz, G., & Khamzina, A. (2016). Land suitability assessment for afforestation with *Elaeagnus angustifolia* L. in degraded agricultural areas of the lower amudarya river basin. *Land Degradation & Development*, 27(8), 1831-1839.
- Eslami, A., Roshani, M., & Hassani, M. (2010). The application of GIS in selection of suitable species for afforestation in southern forest of caspian sea. *Research Journal of Environmental Sciences*, 4(3), 223-236.
- Gönensin, S. (1992). Peyzaj mimarları için bazı toprak özelliklerinin arazide belirlenmesi ve değerlendirilmesinin pratik esasları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 42(1-2), 139-155.
- Göral, R. (2015). E-WOM'A dayalı çok kriterli karar verme teknikleri ile en uygun otelin belirlenmesi ve bir uygulama. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (33), 1-17.
- Gürkaynak, M. (2014). *Potansiyel Ağaçlandırma Sahalarının Önceliklerinin Belirlenmesinde CBS'nin Kullanılması* (Yüksek Lisans Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, Türkiye.

- Hossain, M. S., Lin, C. K., & Hussain, M. Z. (2003). Remote sensing and GIS applications for suitable mangrove afforestation area selection in the coastal zone of Bangladesh. *Geocarto International*, 18(1), 61-65.
- Kuşçu Şimşek, Ç., Türk, T., & Ödül, H. (2019). CBS tabanlı Analitik Hiyerarşi Süreci ile Yamaç Paraşütü Sahalarının Belirlenmesi. *Journal of Geography*, (38), 1-10.
- Macharis, C., Springael, J., De Brucker, K., & Verbeke, A. (2004). PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis.: Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP. *European journal of operational research*, 153(2), 307-317.
- Mahdavi, A., Ghasemi, M., & Jafarzadeh, A. (2017). Determination of suitable areas for reforestation and afforestation with indigenous species. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 15(1), 29-46.
- Min, H. (1994). Location analysis of international consolidation terminals using the analytic hierarchy process. *Journal of Business Logistics*, 15(2), 25.
- Moeinaddini, M., Khorasani, N., Danehkar, A., & Darvishsefat, A. A. (2010). Siting MSW landfill using weighted linear combination and analytical hierarchy process (AHP) methodology in GIS environment (case study: Karaj). *Waste management*, 30(5), 912-920.
- Muşla, M.K. (2019). *Potansiyel ağaçlandırma sahalalarının belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin kullanılması: Sivas ili örneği* (Yüksek Lisans Tezi). Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, Türkiye.
- OGM. (2012). *Ağaçlandırma Yönetmeliği* (28390 sayılı TC Resmi Gazete).
- OGM. (2015). *Hazinenin Özel Mülkiyetinde veya Devletin Hüküm ve Tasarrufu Altında Taşınmazların Bulunan Taşınmazların Orman Rejimine Alınma Usul ve Esasları* (13.4.2015 tarih ve 2015/1 sayılı tamim). OGM Kadastro ve Mülkiyet Daire Başkanlığı, Ankara.
- OGM. (2018). <http://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/Orman%C4%B1n%20Faydalar%C4%B1.pdf>, (Erişim Tarihi: 15 Ekim 2018).
- OGM. (2019). <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Sunumlar/A%C4%9Fa%C3%A7land%C4%B1rma%20Et%C3%BCt%20ve%20Proje%20C5%9Eubesi.pdf>, (Erişim Tarihi: 15 Ekim 2018).
- Piran, H., Maleknia, R., Akbari, H., Soosani, J., & Karami, O. (2013). Site selection for local forest park using analytic hierarchy process and geographic information system (case study: Badreh County). *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 6(7), 930-935.
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, 15(3), 234-281.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting. Resource Allocation*. New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1), 83-98.
- Sivas Valiliği. (2019). <http://www.sivas.gov.tr/ilimiz-hakinda-genel-bilgiler>, (Erişim Tarihi: 30 Ocak 2019).
- Tavşanoğlu, F. (1974). *Sel Yataklarının Tahkimi. Dağlık Arazi Dere Havzalarında Sel Kontrolü*, İstanbul
- Türk, T. (2008). Adres Kayıt Sistemi ile Kent Bilgi Sistemleri'nin Bütünleştirilmesi. *HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2, 99.
- Türk, T. (2011). Türkiye'de Meydana Gelen Suçların Coğrafi Bilgi Sistemleri CBS ile İncelenmesi. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, (104), 14-20.
- Ustaoglu, E., & Aydinoglu, A. C. (2020). Site suitability analysis for green space development of Pendik district (Turkey). *Urban Forestry & Urban Greening*, 47, 126542.
- van Loi, N. (2008). *Use of GIS Modelling in Assessment of Forestry Land's Potential in Thua Thien Hue Province Of Central Vietnam* (Doktora Tezi). Georg-August-Universität Göttingen, Mathematical and Natural Science Faculties, Göttingen, Almanya.
- Yaraloğlu, K. (2001). Performans değerlendirmede analitik hiyerarşi proses. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(1), 129-142.

## Tekrarlı yaya yürüyüşü ve kısa süreli kinematik GPS+GLONASS gözlemleriyle PPP yönteminin performans analizi

Nursu Tunaloğlu<sup>1\*</sup> 

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

**Öz:** Küresel Konum Belirleme ve Uydu Sistemleri (Global Navigation Satellite Systems, GNSS) tabanlı konum belirleme uygulamalarında Hassas Nokta Konum Belirleme (Precise Point Positioning-PPP) yönteminin etkinliği ve kullanımı bağlı konum belirlemeye göre giderek artmaktadır. Buna karşın farklı platformlarda gerçekleştirilen statik ve kinematik moddaki birçok çalışmada geleneksel standart PPP yöntemi için en büyük dezavantaj taşıyıcı faz gözlemleri için yakınsama süresinin uzun olmasıdır. Bu nedenle PPP'ye dayalı statik ve kinematik moddaki çalışmalarda gözlem süresi sıklıkla uzun tutulmaktadır. Gerçekleştirilen bu çalışmada PPP'de gözlem süresine ve dolayısıyla tamsayı belirsizliği çözümüne bağlı olarak elde edilen konum doğruluğu dikkate alınarak, tekrarlı ve kısa süreli yaya yürüyüşleriyle elde edilen kinematik GPS+GLONASS gözlemlerinin PPP konum belirleme performansı kısa, orta ve uzun bazlar için bağlı konum belirleme çözümleriyle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma için dünya genelinde yaygın olarak kullanılan ve taşıyıcı faz gözlemleri için yakınsama süresinin kısaltılması için yeni algoritmik yaklaşımlar kullanan internet tabanlı GNSS veri değerlendirme servisi CSRS-PPP tercih edilmiştir. Sonuçlar PPP yönteminin kısa süreli kinematik gözlemler için de bağlı çözümlere eşdeğer sayılabilecek yüksek doğrulukta konum bilgisinin elde edilmesinde etkin olarak kullanılabileceğini açıkça ortaya koymaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** Hassas nokta konum belirleme, Kinematik konum belirleme, GPS+GLONASS, Kısa gözlem süresi

### Performance analysis of PPP method with repeatedly pedestrian walk and short-time kinematic GPS+GLONASS observations

**Abstract:** In Global Navigation Satellite Systems (GNSS)- based positioning applications, the efficiency and use of Precise Point Positioning (PPP) technique have gradually increased compared to the relative positioning technique. However, in many studies performed on different platforms in static and kinematic modes, the largest disadvantage for the traditional standard PPP method is the long convergence time for carrier phase observations. Therefore, observation duration in studies that are based on the PPP method in static and kinematic modes is often kept long. In this study, considering the positioning accuracy obtained depending on observation duration and ambiguity resolution in PPP, the performance of kinematic GPS+GLONASS observations obtained by repeated and short pedestrian walks were compared with relative positioning solutions for short, medium and long bases. For comparison, the internet-based GNSS data processing service namely CSRS-PPP, which is widely used worldwide and uses new algorithmic approaches to shorten the convergence time for carrier-phase observations, was preferred. The results clearly demonstrate that the PPP method for short-term kinematic observations can be used effectively for obtaining high-accurate positioning information, which is also equivalent to relative solutions.

**Keywords:** Precise point positioning, Kinematic positioning, GPS+GLONASS, Short observation duration

\* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Tel: +90 212 383 5298

Geliş Tarihi/Received: 05.06.2020  
Kabul Tarihi/Accepted: 11.08.2020

## 1. Giriş

Hassas Nokta Konum Belirleme (Precise Point Positioning, PPP) yöntemi, 1990'ların sonunda bağıl konum belirleme tekniğine alternatif olarak geliştirilmiş, tek bir Küresel Konum Belirleme ve Uydu Sistemleri (Global Navigation Satellite Systems, GNSS) alıcısının kullanıldığı özel bir mutlak konum belirleme tekniğidir (Zumberge, Heflin, Jefferson, Watkins & Webb, 1997). GNSS gözlemleri için çift frekanslı iyonosfer-bağımsız doğrusal (lineer) kombinasyonun kullanımı temel olarak geleneksel standart PPP'yi tanımlamaktadır (Chen & Gao, 2005; Héroux vd., 2004; Zumberge vd., 1997). PPP yöntemi küresel ölçekte, statik ve kinematik modda cm-dm seviyesinde doğruluk sağladığından büyük ilgi görmüş ve yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle CSRS-PPP, GAPS, APPS, MagicGNSS-PPP ve Trimble Center-Point RTX gibi internet (web) tabanlı online GNSS veri değerlendirme servislerinin gelişimiyle beraber ölçü sonrası değerlendirme (post-processing) için PPP yöntemi yaygın kullanıma sahip olmuştur (Öcalan, Erdoğan, Tunaloğlu & Durdağ, 2016). Ardından International GNSS Service (IGS) başta olmak üzere Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG), Centre National D'Etudes Spatiales (CNES), German Research Centre for Geosciences (GFZ), European Space Agency (ESA) gibi sivil organizasyonların RTCM veri formatı ve NTRIP protokolü üzerinden ücretsiz olarak sağladıkları gerçek zamanlı hassas uydu yörünge ve saat düzeltme bilgileriyle, PPP yönteminin gerçek zamanlı (real-time) uygulamalarında da büyük bir artış olmuştur (Erdoğan, Karlıtepe, Öcalan & Tunaloğlu, 2018). Bu nedenle GNSS tabanlı hassas konum belirlemede, jeodezik-jeofizik çalışmalar, iklimbilim ve atmosferik araştırmalar, hidrografik-öşinografik ölçmeler, deformasyonların izlenmesi, tarım, madencilik, inşaat ve enerji alanı uygulamaları gibi pek çok alanda PPP yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır (Erdoğan vd., 2018; Lipatnikov & Shevchuk, 2019). Yakın bir gelecekte ise özellikle araç park etme, kargo teslimatı, ortak araç kullanımı, acil durum müdahalesi ve otonom sürüş gibi akıllı şehir mobil servis uygulamalarında da etkin olarak kullanımı beklenmektedir (Robustelli, Baiocchi & Pugliano, 2019).

PPP yönteminin gerek ölçü sonrası değerlendirme, gerekse gerçek zamanlı konum belirleme için sağladığı birçok avantaj bulunmaktadır. Tek bir GNSS alıcısının kullanılması, maliyetin görece düşük olması, referans bir istasyona/istasyonlara gereksinim duyulmaması ve dolayısıyla ek bir veriye ihtiyaç duyulmadan hassas konum bilgisini mutlak olarak kullanıcıya sağlayabilmesi bunların başlıcalarıdır. Bu yönüyle maliyet, işgücü ve konum doğruluğu kriterleri açısından bağıl konum belirleme tekniğine önemli bir alternatif oluşturmaktadır (Erdoğan vd., 2018; Öcalan vd., 2016). PPP yönteminde, başta hassas uydu yörünge ve saat bilgileri olmak üzere, kod ve taşıyıcı faz gözlemlerine ait sinyal kayıklık (bias) bilgileri, iyonosferik ve troposferik gecikmeler ve diğer özel hatalar (katı yeryüvarı gelgiti, okyanus yüklemesi, alıcı ve uydu anteni faz dönmesi vd.) ve modellemeler düzeltme olarak kullanılmaktadır. PPP için bu düzeltmeler genel olarak Durum Uzay Temsili (State Space Representation, SSR) parametreleri olarak adlandırılmaktadır. Bu bağlamda gerek ölçü sonrası değerlendirme ile PPP, gerekse gerçek zamanlı PPP uygulamalarında, sivil organizasyonlar ya da ticari kuruluşların internet ve/veya haberleşme uydu linklerinden sağladıkları SSR düzeltme parametreleri kullanılmaktadır (Wübbena, Schmitz & Bagge, 2005).

Geleneksel PPP'de taşıyıcı faz tamsayı belirsizliği çözümü (carrier-phase ambiguity resolution) için gerekli olan yakınsama süresinin bağıl konum belirlemeye göre çok daha uzun olması, tekniğin en büyük dezavantajı olarak görülmektedir. Bu süre uydu dizilişine ve veri kalitesine göre değişkenlik göstermekle birlikte, 30 dakika ile saatler arasında zaman alabilmektedir (Bisnath & Gao, 2008). Bu nedenle geleneksel PPP yöntemi ile gerçekleştirilen çalışmalarda ölçü süresinin uzun olması tercih edilmektedir. Bu dezavantajın giderilmesi yönünde pek çok araştırma yapılmış, süreç içerisinde yakınsama süresinin kısaltılmasına ve dolayısıyla ölçü süresinin azalmasına katkı sağlayacak PPP with Ambiguity Resolution (PPP-AR) olarak adlandırılan algoritmik yaklaşım geliştirilmiştir (Bezcioglu, Yiğit & Bodur, 2019; Li, Ge, Zhang & Wickert, 2013).



PPP uygulamalarında dünya genelinde sıklıkla kullanılan CSRS-PPP servisi, geleneksel PPP uygulamalarında taşıyıcı faz belirsizliğinin çözümünde yakınsama süresinin kısaltılmasına katkı sağlayan PPP-AR yönteminin gelişim dinamiğini dikkate alarak bu yönde servis yazılımını geliştirmektedir. CSRS-PPP servisi, sistemin sürekli iyileştirilmesi ve geliştirilmesi adına modernize edilmektedir. Servisin önemli bir dönüşümü yazılım altyapısının 2018 yılında “GPSPACE v1.05\_11216” dan “SPARK v2.11.0” geçmesiyle olmuştur. SPARK yazılımının en önemli özelliği geleneksel PPP’den PPP-AR algoritmasına geçiş için belli ön deneysel algoritmaları içermesidir. PPP-AR’a geçiş için bir ön arayüz olan SPARK sürümü ile taşıyıcı faz belirsizliği çözümü için daha hızlı yakınsama sağlaması ve böylece daha kısa ölçü süreleri ile yüksek konum doğruluğunun sağlanması amaçlanmıştır. NRCan tarafından yapılan deneylerde SPARK yazılımıyla kinematik çözümlerde %20-30 oranında gelişme, yükseklik belirlemede 4-5 mm arasında iyileşme sağlandığı tespit edilmiştir. Böylece CSRS-PPP’nin yeni SPARK yazılım sürümüyle, daha etkin PPP çözümlerinin gerçekleştirilmesi, ilerleyen süreçte de yapılan güncellemelerle birlikte geleneksel standart PPP algoritmasından, yani faz başlangıç belirsizliğinin tam sayı değil kesirli bir sayı olarak kestirilmesinden, PPP-AR algoritmasına, yani faz başlangıç belirsizliğinin tam sayı olarak kestirilmesine geçiş hedeflenmiştir (URL-1).

Bu gelişim dinamiği dikkate alınarak gerçekleştirilen bu çalışmada, Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ) Davutpaşa Kampüsü spor sahasında kinematik bir test gerçekleştirilmiştir. 1 Hz veri kayıt aralığıyla tekrarlı yaya yürüyüşü ve kısa süreli kinematik GPS+GLONASS gözlemleriyle veri toplanmıştır. Elde edilen GPS+GLONASS gözlemleri hem farklı baz uzunluklarına sahip bağıl konum belirleme çözümleriyle değerlendirilmiş, hem de CSRS-PPP online veri değerlendirme servisinin SPARK sürümüyle değerlendirilmiştir. Böylece PPP yönteminin performansı, tekrarlı ve kısa süreli kinematik GPS+GLONASS gözlemleri kullanılarak test edilmiş, farklı baz uzunluklarındaki bağıl konum belirleme çözümleriyle karşılaştırılarak incelenmiştir.

## 2. Geleneksel PPP ve PPP-AR Yaklaşımları

Geleneksel PPP’de temel olarak SSR düzeltme parametrelerinden hassas uydu yörünge ve saat ürünleri kullanılmaktadır. PPP-AR modelinde ise hassas uydu yörünge ve saat düzeltme ürünlerine ek olarak kod ve taşıyıcı faz sinyal kayıklık (bias) düzeltme bilgileri kullanılmaktadır. PPP-AR yaklaşımında SSR düzeltme parametrelerinin kullanımında özellikle taşıyıcı faz sinyal kayıklık (phase biases) düzeltme bilgilerinin kullanımı önemlidir. Bu unsur taşıyıcı faz tamsayı belirsizliği çözümü için gerekli olan yakınsama süresinin kısaltılmasında da belirleyicidir. Bu yaklaşımların gerçek zamanlı uygulamalarda adlandırılması yaygın kullanımıyla Real-Time PPP (RT-PPP) şeklindedir. Gerçek zamanlı uygulamalar açısından, tamsayı belirsizliğinin kısa sürede çözüldüğü ve SSR düzeltme parametrelerinden hassas uydu yörünge ve saat, kod ve taşıyıcı faz sinyal kayıklığı (bias) ile iyonosferik ve troposferik gecikme düzeltme ürünlerinin kullanıldığı yaklaşım ise PPP-RTK olarak adlandırılmaktadır (Choy & Harima, 2019). Geleneksel PPP, PPP-AR ve PPP-RTK yaklaşımlarının SSR düzeltme ürünleri, yakınsama zamanı ve yatay doğruluk açısından karşılaştırmaları Tablo 1’de verilmektedir.

Kara, hava ve deniz gibi farklı platformlardaki kinematik GNSS gözlemleriyle gerçekleştirilen uygulamalarda, geleneksel PPP’nin sağladığı konum doğruluğu ve duyarlılık açısından yapılan birçok araştırma bulunmaktadır. Alkan, Saka, Ozulu ve İlçi (2017), kısıtlı uydu görüşü olması durumunda kinematik geleneksel PPP yönteminin performansını yalnızca GPS ve GPS+GLONASS kombinasyon çözümleriyle karşılaştırarak incelemişler, GLONASS uydularının çözüme olan katkısını vurgulamışlardır. Alkan ve Öcalan (2013), yüksek maliyetli jeodezik alıcı ile düşük maliyetli Original Equipment Manufacturer (OEM) alıcıyı deniz platformunda teknede kullanarak eş zamanlı ölçme çalışması gerçekleştirmiş, kinematik geleneksel PPP yönteminin performansını bağıl yöntemden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırmışlardır. Geng, Teferle, Meng ve Dodson (2010), uzak deniz platformlarında kinematik geleneksel PPP yönteminin performansını kısa ve uzun süreli

gözlemler yönünden incelemişler, uzun süreli gözlemlerin doğruluk açısından getirdiği katkıyı belirtmişlerdir. [Bezcioğlu vd. \(2019\)](#), Antarktika’da deniz platformunda botla gerçekleştirdikleri çalışmada, PPP-AR ve geleneksel PPP tekniklerinin performansını, bağıl konum belirleme çözümleri ile karşılaştırmış, PPP-AR yönteminin çözüme katkısını ortaya koymuşlardır. [Grayson, Penna, Mills ve Grant \(2018\)](#) insansız hava aracı (İHA) ile gerçekleştirdikleri 25-30 dakikalık uçuş sonrasında İHA-fotogrametrisi için elde edilecek ürünlerde uçuş kinematik GPS verilerini geleneksel PPP ve bağıl konum belirleme teknikleri ile değerlendirmiş, fotogrametrik haritalama için PPP’nin yatayda cm doğruluk sağladığını ortaya koymuşlardır. [Gross, Watson, D’Urso ve Gu \(2016\)](#) çalışmalarında 5 dakika ve daha kısa süreli İHA uçuşlarından elde edilen kinematik GPS verilerini farklı PPP analiz yöntemleri ile değerlendirmiş, sonuçta cm-dm mertebesindeki doğruluklarla referans diferansiyel çözümlere yakınsadığını belirtmişlerdir. Farklı platformlarda gerçekleştirilen kinematik PPP uygulamalarının yanında 1 Hz ve daha yüksek frekanslı GNSS verileriyle kinematik geleneksel PPP’nin performansının araştırıldığı yapı sağlığının izlenmesi, tektonik çalışmalar, heyelanların izlenmesi vb. gibi deformasyonların izlenmesine yönelik araştırmalar da bulunmaktadır ([Xu vd., 2013](#); [Yiğit, 2016](#)).

**Tablo 1:** Geleneksel PPP, PPP-AR, PPP-RTK yaklaşımlarının karşılaştırması ([Choy & Harima, 2019](#))

Yöntem	SSR düzeltme ürünleri	Yakınsama zamanı	Yatay doğruluk
Geleneksel PPP	Uydu yörüngeleri Uydu saatleri	> 40 dakika (kısmi/float çözümler)	cm
PPP-AR	Uydu yörüngeleri Uydu saatleri Kod sinyal kayıklığı (code biases) Taşıyıcı faz sinyal kayıklığı (phase biases)	~30 dakika	cm
PPP-RTK	Uydu yörüngeleri Uydu saatleri Kod sinyal kayıklığı (code biases) Taşıyıcı faz sinyal kayıklığı (phase biases) İyonosferik gecikme Troposferik gecikme	< 1 dakika	cm

Bu çalışmada yukarıda belirtilen çalışmalardan farklı olarak standart ölçülere sahip bir spor sahasında, aynı güzergâh izi üzerinde tekrarlı yaya yürüyüşü ve kısa süreli GPS+GLONASS gözlemleriyle kinematik bir test yapılmıştır. Her bir tam tur yürüyüş süresi ortalama 6 dakika olacak biçimde, 4 tam tur tekrarlı yürüyüş yapılmış, elde edilen 1 Hz verilerin PPP performansı farklı bağıl konum belirleme çözümleri ile karşılaştırılmıştır. Böylece ölçü süresinin kısaltılması durumunda PPP yöntemi ile kinematik uygulamalarda elde edilecek yatay ve düşey konum doğruluklarındaki performans tekrarlılık analizi ile vurgulanmıştır.

### 3. Uygulama

#### 3.1 Kinematik Test

Tekrarlı yaya yürüyüşü ve kısa süreli kinematik GPS+GLONASS gözlemleriyle PPP yönteminin performans analizi için YTÜ Davutpaşa Kampüsü’nde bulunan spor sahası çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Çalışmada iki adet Topcon Hiper-SR GNSS alıcısı kullanılmıştır. Topcon Hiper-SR, Fence anten yapısını kullanan, GPS ve GLONASS uydularına ait L1+L2+L2C frekanslarında sinyal alabilen jeodezik nitelikte bir alıcıdır. Uygulama için alıcılardan biri bağıl konum belirleme ile elde edilecek referans koordinat çözümleri için YTÜ İnşaat Fakültesi çatısında yer alan ERBD noktasına statik modda kurulmuştur. Kısa süreli tekrarlı test yürüyüşü için kullanılacak kinematik moddaki diğer alıcı ise yürüyüş yapan kişinin sırt çantasına jalonla düşeyde sabitlenerek bağlanmıştır (Şekil 1). Sabit referans alıcısının bulunduğu ERBD noktası ile kinematik testin yapıldığı spor sahası arasındaki ortalama baz uzunluğu 240 m’dir (Şekil 2). Kinematik testin yapıldığı spor sahasında

yaya yürüyüşü, koşu platformunun en dış kulvarındaki çizgi üzerinde gerçekleştirilerek GNSS gözlemlerinin aynı güzergâhtaki iz üzerinde tekrarlılığı sağlanmıştır.



Şekil 1: Sabit ve hareketli GNSS alıcıları

4 Mart 2020 (ölçü epoğu: 2020.1753) tarihinde gerçekleştirilen uygulamada GPS+GLONASS gözlemleri 1 saniye veri kayıt aralığı ve  $10^\circ$  yükseklik açısı ile eş zamanlı olarak elde edilmiştir. Spor sahası koşu pistinin en dış kulvarındaki başlangıç noktası dikkate alınarak, aynı güzergâh iz çizgisi üzerinde aynı tempo ve hızla 4 tam tur tekrarlı yürüyüş gerçekleştirilmiştir. Dört tam tur için tekrarlı kinematik test yürüyüş süresi 24 dakika 36 saniye sürmüştür. Sabit GNSS alıcısının bulunduğu ERBD noktasında ise 5 saat statik GNSS gözlem verisi elde edilmiştir.



Şekil 2: Çalışma bölgesi

### 3.2 Verilerin Değerlendirilme Stratejisi

PPP yönteminin ölçü sonrası değerlendirme için yaygın kullanımında etkili olan CSRS-PPP, GAPS, APPS, MagicGNSS-PPP ve Trimble Center-Point RTX gibi internet (web) tabanlı online GNSS veri değerlendirme servisleri bulunmaktadır. Bu servisler içerisinde NRCan tarafından geliştirilen ve 2003 yılından bu yana hizmet veren CSRS-PPP servisi, L1 (tek frekans) ve L1+L2 (çift frekans) sinyallerini, yalnızca GPS veya GPS+GLONASS gözlemlerini statik ya da kinematik modda değerlendirebilen, hızlı çözüm sağlayan efektif yapıya sahip bir servis olarak ön plana çıkmaktadır. International Terrestrial Reference Frame (ITRF) ve North American Datum of 1983 (NAD83) datumlarında koordinat bilgisi üreten CSRS-PPP servisi, 1 Hz ve daha yüksek frekanslı verileri çözüme yeteneğine sahiptir. PPP çözümlerinde ölçü epoğunu dikkate alarak IGS ve NRCan tarafından sağlanan en yüksek doğruluğa sahip uydu yörünge ve saat ürünlerini kullanmaktadır. Faz kesikliği

filtrelemesi, uydu ve alıcı anteni faz merkezi kayıklığının giderilmesi, referans datum dönüşümü ve okyanus yüklemesi etkisinin giderilmesi gibi düzeltmeleri de içermektedir (Bezcioglu vd., 2019; El-Mowafy, 2011; URL-1). CSRS-PPP servisi, SPARK yazılımıyla ön deneysel olarak PPP-AR algoritmasına geçiş için hazırlık yapmaktadır. Servisin PPP-AR algoritmasını kullanımında SPARK bir araç olarak sunulmaktadır. CSRS-PPP servisinin 2020 yılında tam olarak PPP-AR algoritmalarını kullanan yeni yazılım sürümünün hizmet vermesi beklenmektedir (URL-1).

Gerçekleştirilen bu çalışmada 24 dakika 36 saniye süren kısa süreli ve tekrarlı kinematik GPS+GLONASS gözlemleri CSRS-PPP ile değerlendirilerek analiz edilmiştir. Elde edilen ITRF2014 datumu ve ölçü epogundaki PPP sonuçlarının doğruluğunu epok-epok analiz etmek için referans alınan bağıl konum belirleme çözümleri ise Topcon Magnet Tools programı kullanılarak GPS+GLONASS uydu kombinasyonu çözümleriyle karşılaştırılmıştır. Tüm bağıl konum belirleme çözümlerinde IGS tarafından yayınlanan hassas uydu yörünge (final) dosyaları kullanılmıştır.

Çalışmada bağıl konum belirleme çözüm stratejisi için üç farklı yaklaşım kullanılmıştır. Kısa, orta ve uzun baz çözümlerinin ölçü süresinin azaltıldığı kinematik GPS+GLONASS gözlemlerine olan etkisinin de incelenmesi için çalışma bölgesine en yakın ERBD noktası (ortalama baz uzunluğu 240 m), ISTN noktası (ortalama baz uzunluğu 6 km) ve ISTA noktasına (ortalama baz uzunluğu 14 km) dayalı olarak bağıl çözümler elde edilmiştir. Bağıl konum belirleme çözümlerinde referans alınan tüm sabit noktaların (ERBD, ISTN, ISTA) konumları ITRF2014 datumunda ve ölçü epogunda (2020.1753) hesaplanmıştır. Böylece CSRS-PPP ile epok-epok elde edilen kinematik PPP çözümleri daha sonra referans ERBD noktasına dayalı bağıl çözümler, TUSAGA-Aktif ağına ait ISTN referans istasyonu ile uluslararası IGS ağına ait ISTA referans istasyonu noktalarına dayalı olarak yapılan bağıl çözümlerle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmaların tamamı ITRF2014 datumu ölçü epogunda ve GRS80 elipsoidi kullanılarak elde edilen 3° dilim genişliği, 30° dilim orta meridyeni TM projeksiyon koordinatları (x, y) ile elipsoidal yüksekliğe (h) göre yapılmıştır.

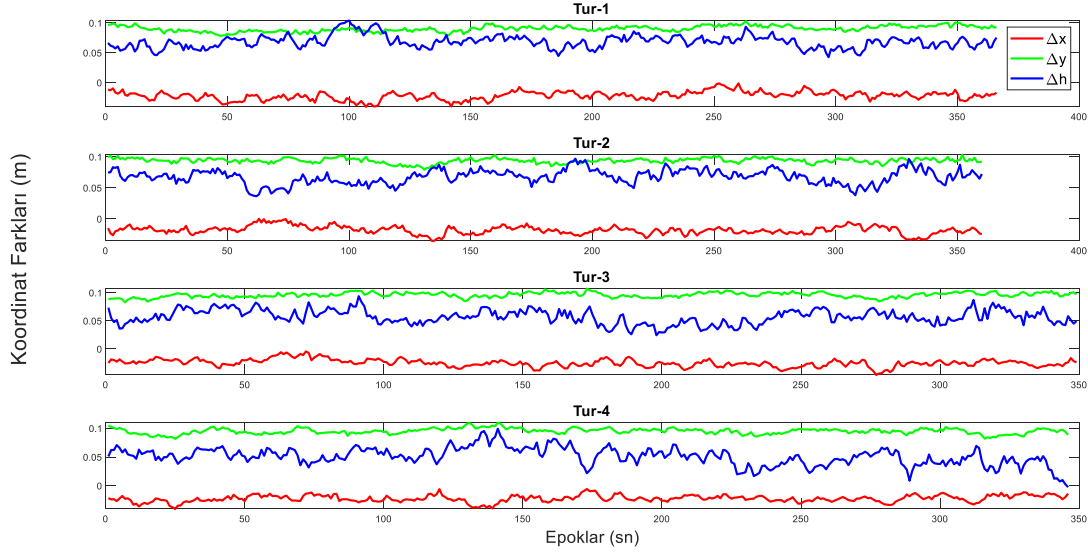
### 3.3 Bulgular

Çalışmada kullanılan spor sahası koşu pistinde en dış kulvara ait çizgi üzerinde yaklaşık yaya yürüyüş hızına (~1.5 m/s) yakın bir hızla gidilerek toplam 24 dakika 36 saniye süren ölçü süresi esnasında 4 tam tur için (her bir tur ortalama 6 dk.) tekrarlı kinematik GPS+GLONASS gözlemleri elde edilmiştir. Her turda başlangıç noktası göz önüne alınıp alt veri gruplarına ayrılarak değerlendirmeler bu veri grupları için ayrı ayrı yapılmıştır. Analizlerde kısa (ERBD), orta (ISTN), uzun (ISTA) baz olmak üzere 3 farklı bağıl çözümleme değeri elde edilmiştir. Üç farklı bağıl çözüm için elde edilen epok-epok koordinat değerlerinin, yaya yürüyüşü ile elde edilen kinematik PPP çözümlerinden farkları alınarak  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta h$  koordinat fark bileşenleri elde edilmiştir.

Yaya yürüyüş hızında (~1.5 m/sn) toplanan kinematik verilerin PPP yöntemi ile elde edilen koordinat değerlerinden kısa baz bağıl çözümlerinin çıkarılmasıyla elde edilen farklar Şekil 3'te gösterilmektedir. Bununla birlikte elde edilen koordinat farklarına ait istatistiksel bilgiler minimum ve maksimum karesel ortalama hata (KOH) değerleri koyu renkte belirtilerek Tablo 2'de sunulmuştur. Koordinat farklarına ait istatistiksel analizlerde ortalama, minimum ve maksimum değerler, aralık değeri, KOH ve ortalama mutlak hata (OMH) değerleri göz önüne alınmıştır. Şekil 3 incelendiğinde,  $\Delta y$  bileşenine ait farkların  $\Delta h$  bileşenine göre sıfırdan daha uzak olmasına rağmen aralık değerinin daha az olduğu yani daha stabil bir farka sahip olduğu görülmektedir. Kısa baz bağıl çözüme göre alınan farklarda,  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  ve  $\Delta h$  değerlerine ait KOH değerleri sırasıyla  $\pm 0.0193$  m ile  $\pm 0.0259$  m;  $\pm 0.0906$  m ile  $\pm 0.0962$  m;  $\pm 0.0532$  m ile  $\pm 0.0692$  m aralıklarında elde edilmiştir. Dört tur için oluşan altı kombinasyona bakıldığında yatay koordinat bileşenleri için KOH farkları mm seviyesinde kalırken,  $\Delta h$  bileşeninde cm seviyesinde ( $\Delta x_{maks} = 0.0066$  m ve  $\Delta x_{min} = 0.0002$  m;  $\Delta y_{maks} = 0.0056$  m ve  $\Delta y_{min} = 0.0011$  m;  $\Delta h_{maks} = 0.0160$  m ve  $\Delta h_{min} = 0.0005$  m) olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, farkların mutlak değerlerine bağlı hesaplanan OMH değerlerinin KOH



değerlerine göre her turda ve her bileşen için bir miktar düştüğü görülmektedir.



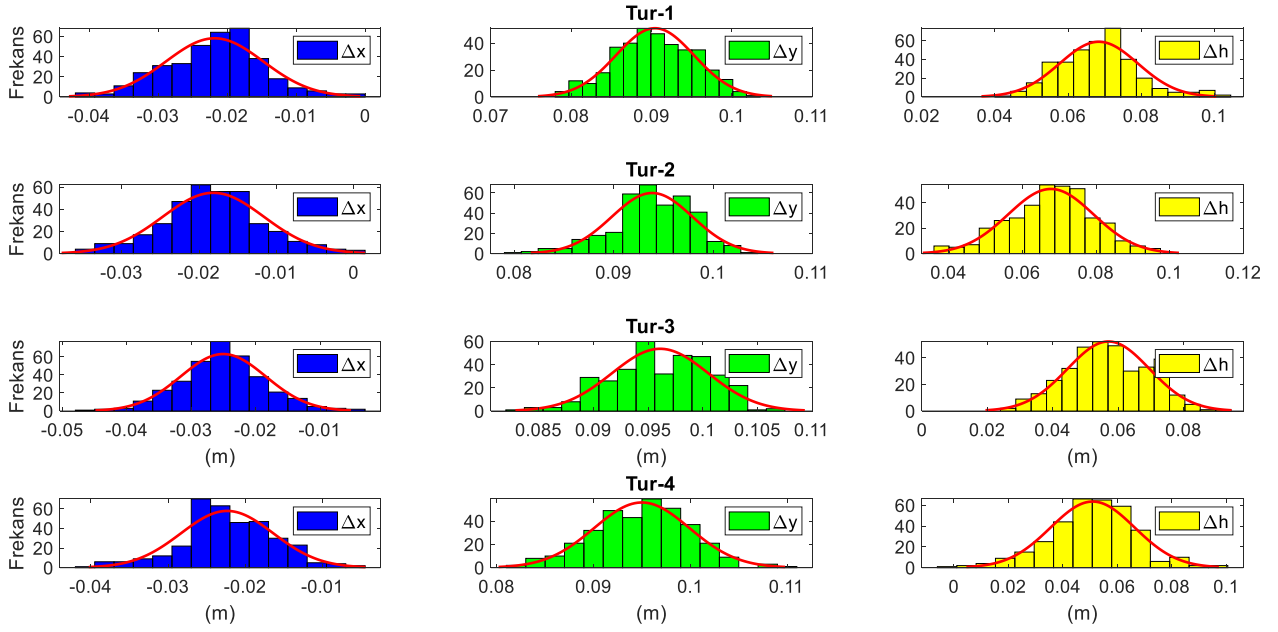
Şekil 3: PPP ile kısa baz (ERBD) bağlı çözüm koordinat farkları

Tablo 2: PPP ile kısa baz (ERBD) bağlı çözüm arasındaki farklara ait istatistiksel sonuçlar

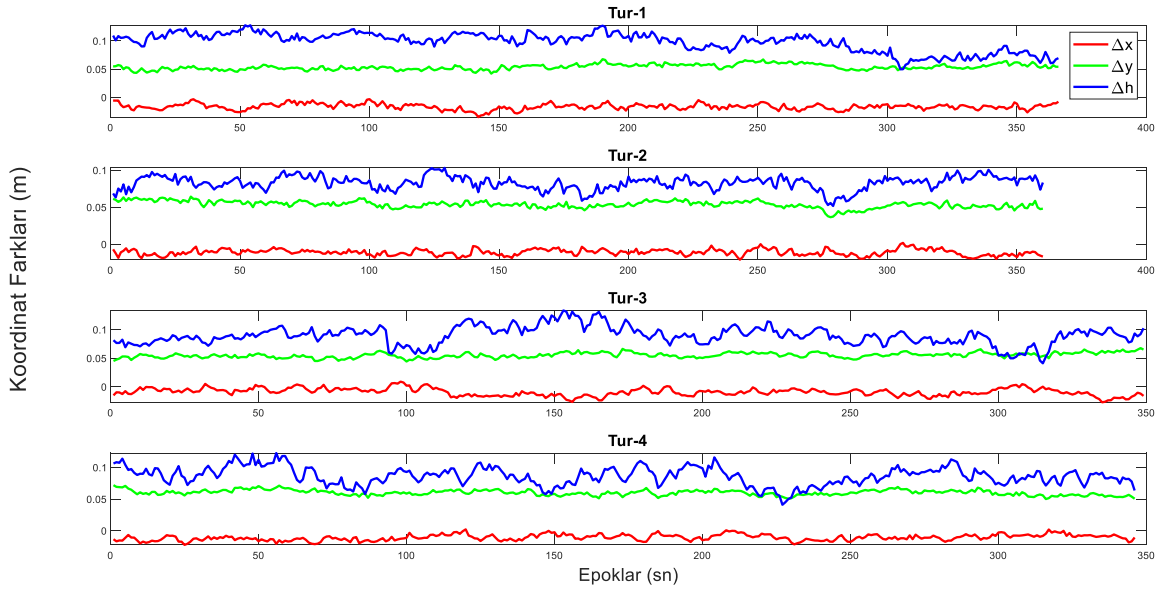
	TUR-1			TUR-2		
	$\Delta x$ (m)	$\Delta y$ (m)	$\Delta h$ (m)	$\Delta x$ (m)	$\Delta y$ (m)	$\Delta h$ (m)
Ortalama	-0.0218	0.0904	0.0684	-0.0181	0.0939	0.0677
Minimum	-0.0406	0.0783	0.0426	-0.0355	0.0792	0.0366
Maksimum	-0.0013	0.1028	0.1040	0.0002	0.1036	0.0970
Aralık	0.0393	0.0245	0.0614	0.0357	0.0244	0.0604
KOH	0.0229	<b>0.0906</b>	<b>0.0692</b>	<b>0.0193</b>	0.0940	0.0687
OMH	0.0218	0.0904	0.0684	0.0181	0.0939	0.0677
	TUR-3			TUR-4		
	$\Delta x$ (m)	$\Delta y$ (m)	$\Delta h$ (m)	$\Delta x$ (m)	$\Delta y$ (m)	$\Delta h$ (m)
Ortalama	-0.0250	0.0961	0.0570	-0.0224	0.0950	0.0509
Minimum	-0.0463	0.0828	0.0243	-0.0404	0.0816	-0.0025
Maksimum	-0.0045	0.1073	0.0938	-0.0057	0.1098	0.0992
Aralık	0.0418	0.0245	0.0695	0.0347	0.0282	0.1017
KOH	<b>0.0259</b>	<b>0.0962</b>	0.0584	0.0231	0.0951	<b>0.0532</b>
OMH	0.0250	0.0961	0.0570	0.0224	0.0950	0.0509

Ayrıca koordinat bileşenlerine ait farkların dağılım grafikleri de çizilmiştir. Şekil 4'te gösterilen kırmızı çizgi, her bir dağılım grafiğine uyan Gauss normal dağılım eğrisini ifade etmektedir. Buna göre  $\Delta x$  değerleri her turda,  $\Delta y$  ve  $\Delta h$  koordinat fark bileşenlerinden daha fazla sıfıra yakınsamıştır.

Toplanan kinematik verilerin PPP yöntemi ile elde edilen koordinat değerleri ile orta baz (ISTN) bağlı çözümde olan farkları Şekil 5'te verilmiştir. Bu çözüme ait elde edilen koordinat farklarının istatistiksel bilgileri ise minimum ve maksimum KOH değerleri koyu renkte belirtilerek Tablo 3'te sunulmuştur. Şekil 5'te,  $\Delta y$  değerlerinin sıfıra yakınsamasının  $\Delta h$  değerlerine göre daha fazla olduğu görülmektedir. Aynı zamanda,  $\Delta y$  farklarının aralık değeri de ERBD bağlı çözümüne benzer şekilde bulunmuştur.



Şekil 4: PPP ile kısa baz (ERBD) bağlı çözüm arasındaki farkların dağılım/frekans grafiği



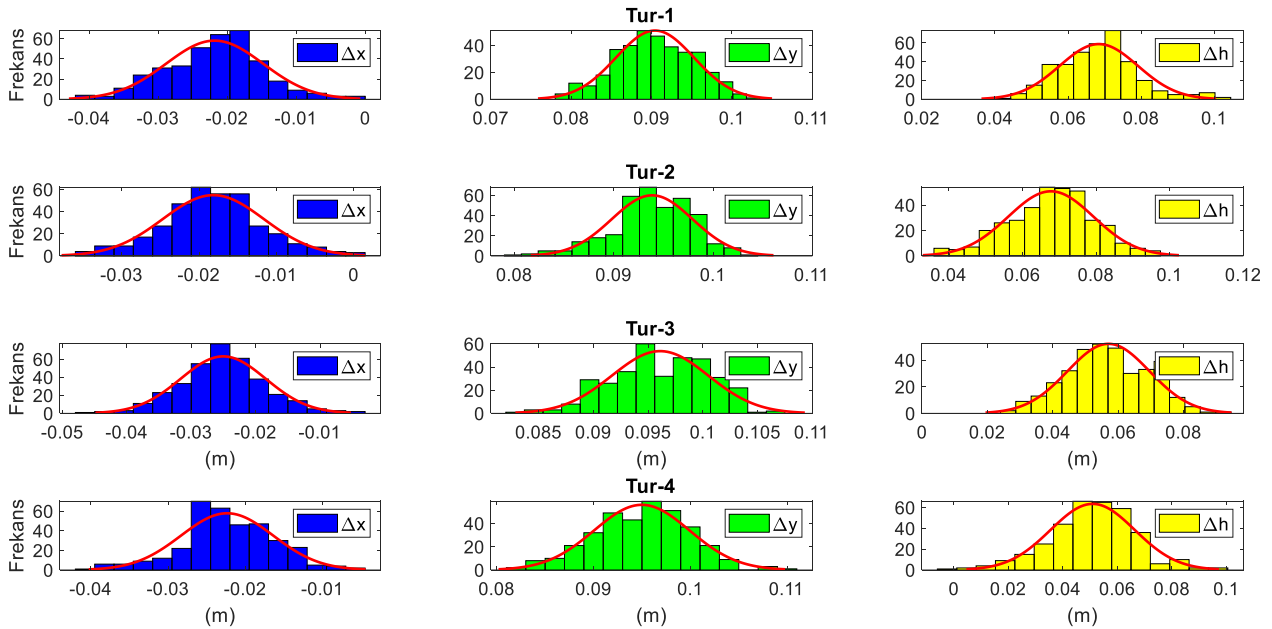
Şekil 5: PPP ile orta baz (ISTN) bağlı çözüm koordinat farkları

Orta baz (ISTN) bağlı çözüme göre alınan farklarda,  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  ve  $\Delta h$  değerlerine ait KOH değerleri sırasıyla  $\pm 0.0113$  m ile  $\pm 0.0173$  m;  $\pm 0.0540$  m ile  $\pm 0.0602$  m;  $\pm 0.0834$  m ile  $\pm 0.0995$  m aralıklarında elde edilmiştir. Bu çözüm için de turlar arasında KOH değerlerine ait farklara bakıldığında, yatay koordinat bileşeni için mm seviyesi ve  $\Delta h$  için en büyük farkın cm seviyesinde ( $\Delta x_{\text{maks}} = 0.0060$  m ve  $\Delta x_{\text{min}} = 0.0000$  m;  $\Delta y_{\text{maks}} = 0.0062$  m ve  $\Delta y_{\text{min}} = 0.0001$  m;  $\Delta h_{\text{maks}} = 0.0161$  m ve  $\Delta h_{\text{min}} = 0.0036$  m) olduğu görülmüştür. Farkların mutlak değerlerine bağlı hesaplanan OMH değerlerinin KOH değerlerine göre her turda ve her bileşen için bir miktar azaldığı görülmektedir.

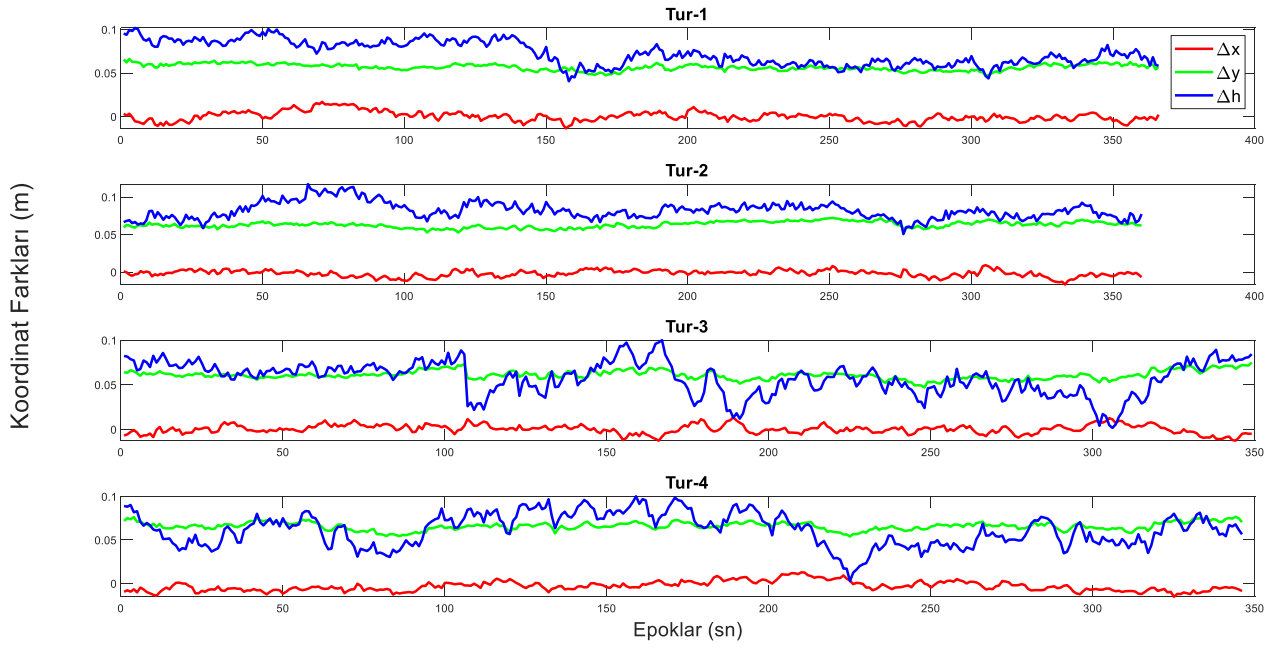
Şekil 6'da verilen dağılım grafiğinde, çözümlerin farklarından elde edilen koordinat bileşenlerinin her turda Gauss normal dağılım eğrisine uyduğu ve Şekil 4'te elde edilen sonuçlara benzer bir durumun oluştuğu görülmektedir.

**Tablo 3:** PPP ile orta baz (ISTN) bağıl çözüm arasındaki farklara ait istatistiksel sonuçlar

	TUR-1			TUR-2		
	$\Delta x$ (m)	$\Delta y$ (m)	$\Delta h$ (m)	$\Delta x$ (m)	$\Delta y$ (m)	$\Delta h$ (m)
Ortalama	-0.0165	0.0539	0.0981	-0.0110	0.0538	0.0829
Minimum	-0.0350	0.0420	0.0497	-0.0209	0.0365	0.0516
Maksimum	-0.0032	0.0676	0.1276	0.0018	0.0643	0.1031
Aralık	0.0318	0.0256	0.0779	0.0227	0.0278	0.0515
KOH	<b>0.0173</b>	0.0541	<b>0.0995</b>	0.0118	<b>0.0540</b>	<b>0.0834</b>
OMH	0.0165	0.0539	0.0981	0.0110	0.0538	0.0829
	TUR-3			TUR-4		
	$\Delta x$ (m)	$\Delta y$ (m)	$\Delta h$ (m)	$\Delta x$ (m)	$\Delta y$ (m)	$\Delta h$ (m)
Ortalama	-0.0092	0.0553	0.0896	-0.0108	0.0600	0.0862
Minimum	-0.0271	0.0442	0.0410	-0.0224	0.0500	0.0409
Maksimum	0.0090	0.0676	0.1334	0.0021	0.0719	0.1226
Aralık	0.0361	0.0234	0.0924	0.0245	0.0219	0.0817
KOH	<b>0.0113</b>	0.0555	0.0910	0.0118	<b>0.0602</b>	0.0874
OMH	0.0097	0.0553	0.0896	0.0108	0.0600	0.0862

**Şekil 6:** PPP ile orta baz (ISTN) bağıl çözüm arasındaki farkların dağılım/frekans grafiği

PPP ile elde edilen kinematik veriye ait koordinat bileşenleri son çözüm stratejisi olan uzun baz (ISTA) bağıl çözüm ile elde edilen koordinat bileşenleri ile epok-epok karşılaştırılmış ve sonuçlar Şekil 7’de verilmiştir. Bu çözüme ait elde edilen koordinat farklarının istatistiksel bilgileri ise Tablo 4’te minimum ve maksimum KOH değerleri koyu renkte belirtilerek sunulmuştur. Uzun baz bağıl çözüme göre alınan farklarda,  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  ve  $\Delta h$  değerlerine ait KOH değerleri sırasıyla  $\pm 0.0046$  m ile  $\pm 0.0063$  m;  $\pm 0.0568$  m ile  $\pm 0.0661$  m;  $\pm 0.0605$  m ile  $\pm 0.0826$  m aralıklarında elde edilmiştir. Burada, dört tur arasında oluşan altı farklı kombinasyona göre KOH değerleri arasındaki farklara bakıldığında,  $\Delta x$  ve  $\Delta y$  bileşenleri için mm seviyesinde bir değişim olduğu,  $\Delta h$  için ise en büyük farkın cm seviyesinde kaldığı ( $\Delta x_{\max} = 0.0017$  m ve  $\Delta x_{\min} = 0.0003$  m;  $\Delta y_{\max} = 0.0093$  m ve  $\Delta y_{\min} = 0.0020$  m;  $\Delta h_{\max} = 0.0221$  m ve  $\Delta h_{\min} = 0.0040$  m) görülmüştür. Bu değerler, kısa süreli yürüyüş verisinde belirgin bir fark meydana getirmemekle birlikte farkların mutlak değerlerine bağlı hesaplanan OMH değerlerinin KOH değerlerine göre her turda ve her bileşen için bir miktar azaldığı bu çözümde de görülmektedir.



Şekil 7: PPP ile uzun baz (ISTA) bağlı çözüm koordinat farkları

Tablo 4: PPP ile uzun baz (ISTA) bağlı çözüm arasındaki farklara ait istatistiksel sonuçlar

	TUR-1			TUR-2		
	$\Delta x$ (m)	$\Delta y$ (m)	$\Delta h$ (m)	$\Delta x$ (m)	$\Delta y$ (m)	$\Delta h$ (m)
Ortalama	0.0002	0.0567	0.0727	-0.0018	0.0631	0.0819
Minimum	-0.0136	0.0467	0.0406	-0.0166	0.0527	0.0506
Maksimum	0.0170	0.0662	0.1018	0.0092	0.0722	0.1173
Aralık	0.0306	0.0195	0.0612	0.0258	0.0195	0.0667
KOH	0.0056	<b>0.0568</b>	0.0740	<b>0.0046</b>	0.0633	<b>0.0826</b>
OMH	0.0043	0.0567	0.0727	0.0036	0.0631	0.0819
	TUR-3			TUR-4		
	$\Delta x$ (m)	$\Delta y$ (m)	$\Delta h$ (m)	$\Delta x$ (m)	$\Delta y$ (m)	$\Delta h$ (m)
Ortalama	0.0002	0.0611	0.0576	-0.0032	0.0660	0.0618
Minimum	-0.0127	0.0470	0.0016	-0.0153	0.0539	0.0027
Maksimum	0.0134	0.0750	0.1001	0.0128	0.0770	0.1002
Aralık	0.0261	0.0280	0.0985	0.0281	0.0231	0.0975
KOH	0.0049	0.0613	<b>0.0605</b>	<b>0.0063</b>	<b>0.0661</b>	0.0645
OMH	0.0039	0.0611	0.0576	0.0053	0.0660	0.0618

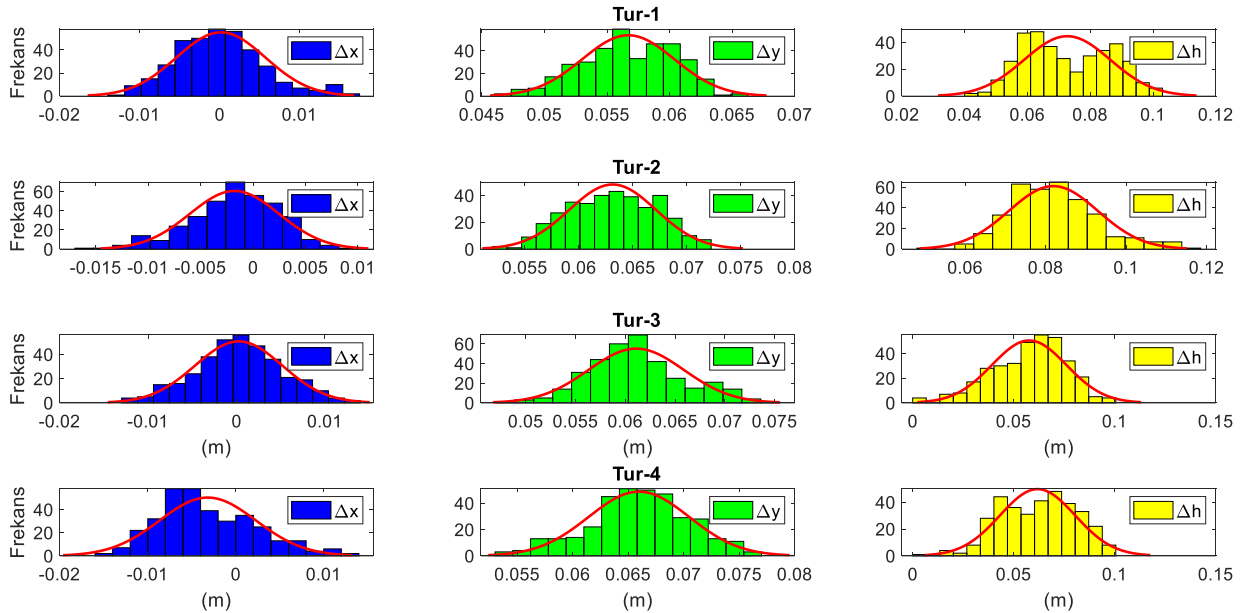
Son olarak, Şekil 8'de uzun baz (ISTA) bağlı çözümü ile PPP yöntemi ile hesaplanan koordinat değerlerinin birbirinden epok-epok çıkarılması ile elde edilen farklara ait dağılım grafiği verilmiştir. Koordinat farkları sıfır değerine kısa ve orta baz çözümlerine göre daha iyi yakınsamıştır. Bu durum uzun baz çözümleri ile kinematik PPP çözümlerinin yakın sonuçlar verdiğini göstermektedir.

#### 4. Sonuçlar ve Değerlendirme

Gerçekleştirilen bu çalışmada GNSS ölçme süresinin azaldığı durumlarda, kısa süreli kinematik GPS+GLONASS gözlemlerinin PPP yöntemi kullanılarak elde edilen 3 boyutlu koordinatlarının kısa, orta ve uzun baz mesafelerine dayalı bağıl konum belirleme çözümlerinden elde edilen koordinat değerlerine hangi oranda ulaşabileceği yapılan tekrarlı turlar ile incelenmiştir. Bilindiği gibi GNSS literatüründe bağıl konum belirleme çözümlerinde baz uzunluğu arttıkça konum doğruluğu düşmektedir. Buna göre yapılan çalışmada, en iyi konumlama değerlerinin kısa baz bağlı çözümünden geleceği



dikkate alındığında epok-epok elde edilen PPP çözümlerinin en kısa baz (ERBD) çözümünden farklarının alınması ile elde edilen  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  ve  $\Delta h$  bileşenleri en büyük farkları oluşturmuştur. Bağlı çözümde baz uzunluğu arttıkça çözüm hatası da artacağından dolayı, orta ve uzun baz bağlı çözümler ile karşılaştırılan PPP çözümünde farkların azalması anlamlıdır. Bu durumda, sırasıyla PPP çözümlerinin orta baz (ISTN) ve sonrasında uzun baz (ISTA) ile olan bağlı konum çözüm farkları daha da azalmıştır. PPP çözümleri en fazla ve yaklaşık değer olarak uzun baz (ISTA) bağlı konum koordinat çözümlerine yakınsamakla birlikte, genel olarak ITRF2014 datumu ölçü epogunda yapılan tüm çözümler arasındaki farklar birbirine cm seviyesinin altında yakınsamıştır.



Şekil 8: PPP ile uzun baz (ISTA) bağlı çözüm arasındaki farkların dağılım/frekans grafiği

Çalışmada koordinat farkları için elde edilen KOH ve OMH değerleri (Tablo 2-3-4) incelendiğinde  $\Delta y$  değerinin  $\Delta x$  değerine göre daha büyük olduğu ve  $\Delta x$  değerinde elde edilen düşüşün bu bileşende olmadığı görülmüştür. Bu durum,  $\Delta y$  değeri için orta ve uzun bazlarda daha stabil çözümlerin elde edildiğini göstermektedir. Yükseklik bileşeni  $\Delta h$  için kısa baz fark değerleri ile karşılaştırma yapıldığında KOH değerlerinin orta ve uzun baz çözümleri için arttığı görülmektedir. Yine Tablo 2-3-4 incelendiğinde, kısa baz (ERBD) bağlı çözüm için alınan farklara ait KOH değerlerinin,  $\Delta x$  bileşeni için  $\Delta y$  ve  $\Delta h$  bileşenlerine ait KOH değerlerinden küçük olduğu, bu durumun orta baz (ISTN) ve uzun baz (ISTA) bağlı çözümleri için de korunduğu ve bununla birlikte fark değerlerinin yaklaşık aynı oranda azaldığı görülmektedir. Bununla birlikte, Şekil 4-6-8'de farklara ait dağılım grafikleri, farkların beklenen değerinin sıfır olma durumuna göre incelendiğinde, bu durumun her turda ve üç bileşen için uzun baz (ISTA) bağlı çözümünden (Şekil 8) elde edilen farklarda daha belirgin şekilde ortaya çıktığı görülmektedir. Şekil 8'de dağılım grafikleri incelendiğinde  $\Delta x$  değerinin Gauss normal dağılımına diğer çözümlerden daha iyi uyduğu ve beklenen değer sıfıra yaklaştığı görülmektedir. Bu çözüme ait koordinat bileşenlerinin diğer çözümlerden daha fazla sıfıra yaklaştığı görülmektedir. Ayrıca, farkların mutlak değerlerine bağlı hesaplanan OMH değerlerinin KOH değerlerine göre her turda ve her bileşen için bir miktar düştüğü görülmektedir. Her ne kadar, KOH ve OMH değerleri, fark değerlerinin işaretinden bağımsız olsa da her ikisinde düşük değerlerin elde edilmesi, sırasıyla modelin presizyonu ve doğruluğunu göstermesi açısından önemlidir. Tüm sonuçlar kısa süreli kinematik GPS+GLONASS gözlemleri için PPP yönteminin etkin biçimde tüm bağlı konum belirleme çözümlerine koordinat değerleri için cm doğrulukta yakınsadığını göstermektedir. Bu bulgular kara, deniz ve hava gibi farklı platformlarda yapılacak kısa ölçü süresine sahip GNSS uygulamalarında, PPP yönteminin kullanım potansiyelinin bağlı konum belirlemeye göre önemli derecede artacağını göstermektedir. Yakın bir gelecekte etkin olarak kullanılacak PPP-AR algoritma çözümleri ile bu gelişimin daha da artacağı düşünülmektedir.

## Teşekkür

ISTN ve ISTA sabit GNSS referans istasyonu veri katkılarından ötürü TKGM ve IGS'ye, CSRS-PPP yazılım desteğinden ötürü NRCan'a teşekkür ederim.

## Kaynaklar

- Alkan, R. M., & Öcalan, T. (2013). Usability of the GPS precise point positioning technique in marine applications. *The Journal of Navigation*, 66(4), 579-588.
- Alkan, R. M., Saka, M. H., Ozulu, İ. M., & İlçi, V. (2017). Kinematic precise point positioning using GPS and GLONASS measurements in marine environments. *Measurement*, 109, 36-43.
- Bezciöğlü, M., Yiğit, C. Ö., & Bodur, M. N. (2019). Kinematik PPP-AR ve Geleneksel PPP Yöntemlerin Performanslarının Değerlendirilmesi: Antarktika Yarımadası Örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(1), 162-169.
- Bisnath, S., & Gao, Y. (2008). Current state of precise point positioning and future prospects and limitations. *Observing our changing earth*, 615-623. Springer, Berlin.
- Chen, K., & Gao, Y. (2005). Real-time precise point positioning using single frequency data. *Proceedings of ION GNSS*, 1514-1523.
- Choy, S., & Harima, K. (2019). Satellite delivery of high-accuracy GNSS precise point positioning service: an overview for Australia. *Journal of Spatial Science*, 64(2), 197-208.
- El-Mowafy, A. (2011). Analysis of web-based GNSS post-processing services for static and kinematic positioning using short data spans. *Survey review*, 43(323), 535-549.
- Erdoğan, B., Karlitepe, F., Öcalan, T., & Tunalıoğlu, N. (2018). Performance analysis of Real Time PPP for transit of Mercury. *Measurement*, 129, 358-367.
- Geng, J., Teferle, F. N., Meng, X., & Dodson, A. H. (2010). Kinematic precise point positioning at remote marine platforms. *GPS solutions*, 14(4), 343-350.
- Grayson, B., Penna, N. T., Mills, J. P., & Grant, D. S. (2018). GPS precise point positioning for UAV photogrammetry. *The Photogrammetric Record*, 33(164), 427-447.
- Gross, J. N., Watson, R. M., D'Urso, S., & Gu, Y. (2016). Flight-test evaluation of kinematic precise point positioning of small UAVs. *International Journal of Aerospace Engineering*, 2016 id 1259893.
- Héroux, P., Gao, Y., Kouba, J., Lahaye, F., Mireault, Y., Collins, P., Tètreault, P., & Chen, K. (2004). Products and applications for Precise Point Positioning-Moving towards real-time. *Proceedings of ION GNSS*, 1832-1843.
- Li, X., Ge, M., Zhang, H., & Wickert, J. (2013). A method for improving uncalibrated phase delay estimation and ambiguity-fixing in real-time precise point positioning. *Journal of Geodesy*, 87(5), 405-416.
- Lipatnikov, L.A., & Shevchuk, S.O. (2019), *Cost Effective Precise Positioning with GNSS*, The International Federation of Surveyors (FIG), No: 74.
- Öcalan, T., Erdoğan, B., Tunalıoğlu, N., & Durdağ, U.M. (2016). Accuracy Investigation of PPP Method Versus Relative Positioning Using Different Satellite Ephemerides Products Near/Under Forest Environment. *Earth Sciences Research Journal*, 20(4), D1-D9.
- Robustelli, U., Baiocchi, V., & Pugliano, G. (2019). Assessment of dual frequency GNSS observations from a Xiaomi Mi 8 Android smartphone and positioning performance analysis. *Electronics*, 8(1), 91.
- Wübbena, G., Schmitz, M., & Bagge, A. (2005). PPP-RTK: precise point positioning using state-space representation in RTK networks. *Proceedings of ION GNSS*, 5 13-16.
- Xu, P., Shi, C., Fang, R., Liu, J., Niu, X., Zhang, Q., & Yanagidani, T. (2013). High-rate precise point positioning (PPP) to measure seismic wave motions: an experimental comparison of GPS PPP with inertial measurement units. *Journal of Geodesy*, 87(4), 361-372.
- Yiğit, C. Ö. (2016). Experimental assessment of post-processed kinematic Precise Point Positioning method for structural health monitoring. *Geomatics, natural hazards and risk*, 7(1), 360-383.
- Zumberge, J. F., Heflin, M. B., Jefferson, D. C., Watkins, M. M., & Webb, F. H. (1997). Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks. *Journal of geophysical research: solid earth*, 102(B3), 5005-5017.
- URL-1: <https://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/documentation.php>, (Erişim Tarihi: 2 Mayıs 2020).

## Telekomünikasyon sektöründe kullanılan ek odası kapaklarının sokak düzeyi görüntülerinden tespit edilme başarımının değerlendirilmesi

Ahmet Eğri<sup>1</sup> , Caner Güney<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Ayazağa Yerleşkesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sarıyer, İstanbul, Türkiye.

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Ayazağa Yerleşkesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Sarıyer, İstanbul, Türkiye.

**Öz:** Çalışma kapsamında yenilikçi olarak nitelendirilen yöntemle sokak düzeyi görüntülerinden derin öğrenme yaklaşımı ile telekomünikasyon sektöründe kullanılan ek odası kapakları tespit edilmekte ve bu kapakların konum bilgileri üretilmektedir. Sözü edilen yöntemin başarımının değerlendirilmesi için İstanbul ili sınırlarında yer alan üç farklı çalışma bölgesinde elde edilen sonuçlar halihazırda telekomünikasyon sektöründe kullanılmakta olan geleneksel yöntemin sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalı analiz sırasında her iki yöntemle üretilmiş olan ek odası koordinat değerleri arasındaki farklar belirlenmiş, bu farklılıkların nedenleri üzerinde durulmuş ve yapılabilecek iyileştirmelerin neler olabileceği üzerine tartışılmıştır. Elde edilen bulgular ışığında yenilikçi yöntemin mevcut durumda doğruluk başarımı özelinde geleneksel yöntemin yerini alamayacağı ve birlikte kullanılmaları durumunda telekomünikasyon sektöründeki uygulamalarda verimliliğin artacağı sonucuna ulaşılmıştır. Bu türden bir yenilikçi yöntemin kullanıldığı varlık tanımlama ve varlıkların koordinatlarını belirleme çözümlerinde, çalışma kapsamında yapılan önerilerin dikkate alınması durumunda yakın gelecekte yenilikçi yöntemin, geleneksel yöntemin yerine geçeceği öngörülmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Haberleşme, Sokak düzeyi görüntü, Etiketlenmiş mekansal veri, Derin öğrenme, Başarım değerlendirmesi, Mekansal zeka

### Evaluation of the performance of detecting the manhole used in the telecommunication sector from the street-level images

**Abstract:** Within the scope of the study, with the proposed method, called innovative method, the manholes used in the telecommunication sector are identified with the deep learning approach from the street-level images and location information of these manholes are produced. In order to evaluate the performance of the innovative method, the results obtained with it in three different study regions located within the borders of the city of Istanbul were compared with the results of the traditional method currently used in the telecommunication sector. During the comparative analysis, the differences between coordinate values of the manholes produced by both methods were determined, the reasons for these differences were emphasized and the possible improvements were discussed. According to the findings, it is concluded that the innovative method cannot replace the traditional method in the current situation. However, if both methods are used together, effectiveness and efficiency in the applications in the telecommunications sector will increase. Nevertheless, in the near future, it is anticipated that the innovative method will replace the traditional method if the suggestions made within the scope of the study are taken into consideration in the solutions of detecting the assets and determining the assets' coordinates.

**Keywords:** Telecommunication, Street-level image, Tagged (geo)spatial data, Deep learning, Performance evaluation, (Geo)Spatial intelligence

## 1. Giriş

### 1.1 Motivasyon

Telekomünikasyon/haberleşme sektörü teknolojik gelişmeler, kullanıcılarından gelen talepler ve artan beklentilerle birlikte günden güne değişim ve gelişim göstermektedir. Haberleşme sektörünün en önemli bileşenlerinden biri fiber optik altyapıdır. Fiber optik altyapı üzerinden sabit geniş bant internet haberleşmesi tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de hızla yaygınlaşmaktadır. Telekomünikasyon firmaları yatırım yaptıkları şebeke sistemlerinden maksimum verim elde etmek, kullanıcılarına kesintisiz hizmet sunmak için telekomünikasyon sektörünün bu alanında oldukça yoğun bir rekabet içerisinde bulunmaktadır (Hussain, Kazmi, & Arsalan, 2017).

Telekomünikasyon hizmetlerinin sürdürülebilmesi için baz istasyonları, saha dolapları gibi yer üstü varlıklar ile borular, boruların içinden geçen kablolar, kabloların birbirine bağlandığı ek yerleri gibi yer altında bulunan varlıklardan yararlanılmaktadır. Fiber optik altyapı yatırımları kapsamında kurulan şebekelerin temel bileşenleri kazı, boru, göz, kablo ve ek odalardan oluşmaktadır. Bu bileşenlerden boru, göz, kablo, vb. varlıklar şebeke kurulumundaki kazı sonrasında yerin altında kalırken, yalnızca ek odası kapakları yer üstünde görülebilmektedir. Haberleşme şebekelerine erişmek, altyapının bakım hizmetlerini gerçekleştirmek, kabloları ekleme yapabilmek için sözü edilen bu ek odalar/ekleme odaları (manhole) kullanılmaktadır.

Haberleşme şebekesi altyapılarının planlanması, yönetilmesi ve son kullanıcıya kadar kesintisiz haberleşme hizmetlerinin sunulabilmesine ilişkin birçok işletim sürecinin etkin ve verimli biçimde yerine getirilebilmesi için Mekansal Bilgi Sistemi (Coğrafi Bilgi Sistemi, CBS; Geospatial Information System, GIS) teknolojisinden yararlanılmaktadır. Bunun için öncelikle fiziksel olarak arazide bulunan yukarıda sözü edilen tüm varlıklar CBS ortamına getirilmekte, sonrasında da topolojik modeller üzerinden mekansal ağ analizleri gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, arazide taşınabilir platformlarda bulunan gezgin/hareketli CBS (mobile GIS) uygulamaları kullanılarak operasyonel işlemler de yapılabilmektedir. Özetle büroda yapılan planlamalardan arazide yapılan uygulamalara kadar varlıkların yönetimi ve işletimi bütünsel olarak CBS teknolojisi üzerinden gerçekleştirilebilmektedir. Kısaca ifade edilen bu yaklaşımların ve iş süreçlerinin başarılı biçimde uygulanabilmesi için öncelikle şebekelere ait varlıkların doğru, güvenilir ve düşük maliyetli mekansal veri kümelerinin üretilmesi gerekmektedir.

### 1.2 Problem Tanımı

Telekomünikasyon firmalarının hizmetlerinin sürekliliğini sağlayabilmek için; şebeke sistemlerinde bulunan varlıkların konum bilgilerini doğru bir şekilde üretebilmeleri, altyapı sistemlerinde olan değişikliklerden sonra bu varlıkların konum bilgilerini güncelleyebilmeleri ve yeni eklenen servis uçları nedeniyle genişleyen sisteme eklenen yeni varlıkların konum bilgilerini üretip mevcut sistemle bütünleştirebilmeleri gerekmektedir. Tüm bu ve benzeri işler için telekomünikasyon firmaları önemli miktarda kaynak kullanmakta, yoğun iş gücünden yararlanmakta ve aşırı zaman harcamaktadır.

Her ne kadar yoğun emek ve zaman harcansa da ve CBS tabanlı varlık yönetim sistemlerine önemli yatırımlar yapılsa da, sonuçta uygulamada mekansal veri tabanlarında şebeke varlıklarına ilişkin önemli oranda eksiklikler bulunabilmekte ve yanlışlıklar görülebilmektedir. Şehirlerin genellikle plansız gelişmesi, kentte yaşayan nüfus oranının artması, “akıllı” şehir kavramının uygulamada yer bulması gibi nedenlerle haberleşme altyapılarında ve dolayısıyla şebekelerde sürekli değişim ve gelişim olmaktadır. Bu durum, planlamada kullanılacak olan envanter veri kümelerinin eksiksiz, doğru ve güvenilir özellikte olmasını gerektirmektedir. Doğru planlamalar ve yatırımlar yapabilmek, son kullanıcıların taleplerini ve beklentilerini gecikme olmadan karşılayabilmek için sürekli olarak arazi ölçmeleri yapılarak varlıklara ilişkin konum bilgisinin üretilmesi



ya da güncellenmesi gerekmektedir (Hebbalaguppe, Garg, Hassan, Ghosh, & Verma, 2017).

Şebeke varlıklarının mekansal bilgilerinin üretilmesi ve güncellenmesi çalışmalarında oluşan gecikmeler, son kullanıcılara/abonelere daha geç ulaşılmasına neden olmaktadır. Telekomünikasyon firmaları haftalarca sürebilen bu gecikmelerden ötürü önemli ölçüde maddi kayıplar yaşamaktadır. Bu nedenle, yol ağları boyunca uzanan on binlerce kilometrelik şebeke altyapı sistemlerinin genişleme ve bakım faaliyetlerinin yürütülebilmesi için CBS tabanlı varlık yönetim sistemlerinin veri elde edinim ve güncelleme gereksinimlerine hızlı biçimde yanıt verilebilecek çözümlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Telekomünikasyon firmaları varlık yönetim sistemlerindeki veri kümelerini güncellemek ve doğrulamak amacıyla genellikle yılda bir defa olmak üzere periyodik biçimde arazi çalışmaları yapmaktadır. Söz konusu çalışmalarda görevli personel, şebeke envanter bilgi sisteminde yer alan ve arazide tespit edilen varlıkların doğrulama işini genellikle bir gezgin CBS uygulaması kullanarak gerçekleştirmektedir. Şebeke elemanlarında bir değişiklik gözlemlenmesi halinde, ilgili personel bilgi sistemiyle uyumsuzluk olduğunu ifade eden geri bildirimlerde bulunmaktadır. Aylarca sürebilen bu arazi çalışmalarıyla güncellenen veri kümeleri, çalışma süresinin uzun olması nedeniyle çalışma sonunda güncelliğini yitirmiş veri kümeleri haline dönüşebilmektedir. Bununla birlikte, görevli personel tarafından tek yönlü ve bir kez gerçekleştirilen bu güncelleme ve doğrulama işlerinin güvenilirliği ve doğruluğu da kontrol edilememektedir.

Bunların yanı sıra, telekomünikasyon firmaları fiber optik altyapı yatırım planlamaları yaparken, yüksek son kullanıcı potansiyeline sahip bölgeleri tespit edebilmek için diğer firmaların altyapı veri kümelerine gereksinim duymaktadır. Bir bölge hakkında yatırım kararı alınması sırasında ilgili bölgede diğer firmalara ait altyapının olmaması veya eksik durumda olması gibi bilgiler, karar verme aşamasında yararlanılabilecek en önemli ölçütlerdendir. İlgili bölgeye ilişkin hangi firmaların nerede altyapısı olduğunu gösterir açık kaynaklı veri kümeleri olmadığından dolayı bölgedeki durumun keşfi için yine arazi çalışması yapılması gerekmektedir. Ancak bu tür arazi çalışmaları hem kentin bütününün incelenmesi gerektiği için doğru bölgelerin tespit edilmesinde yetersiz kalmakta hem de sözü edilen arazi çalışmaları firmalara önemli miktarda maliyet oluşturmaktadır.

Yukarıda ifade edilen tüm bu ve benzeri nedenlerden ötürü telekomünikasyon firmaları; arazi çalışmalarıyla büro ortamı arasındaki veri ve bilgi akışını insan faktörüne daha az bağımlı, daha hızlı, daha düşük maliyetle ve daha yüksek veri kalitesiyle sağlayacak bir çözüm arayışı içerisinde. Böylece telekomünikasyon firmaları zaman ve maliyet giderlerini azaltacak, son kullanıcılarına daha yüksek kalitede hizmet verebilecek ve fiber optik altyapı üzerinden başarılı hizmet sunma rekabetinde öne çıkabileceklerdir.

Çalışma kapsamında fiber optik haberleşme şebekelerinin en önemli düğüm noktalarından olan Şekil 1’de gösterilen ek odalarının konum bilgilerinin üretilmesinde ve güncellenmesinde, geleneksel yöntemle yenilikçi yöntem arasında karşılaştırmalı bir başarımlı değerlendirme yapılacaktır. Bu başarımlı analizi kapsamında doğruluk, zaman, maliyet gibi farklı ölçütler kullanılacaktır. Her iki yaklaşımla üretilmiş olan ek odası kapaklarının iki boyutlu konum değerleri karşılaştırılacak, mevcut farkların nedenleri analiz edilecek ve ne tür iyileştirmelerin yapılabileceği konularına değinilecektir.

## 2. İlgili Çalışmalar

Son yıllarda sokak düzeyi görüntülerini kullanarak farklı tür harita bilgisi üretmeyi amaçlayan çok sayıda çalışma yapılmıştır. Krylov, Kenny, ve Dahyot (2018) yaptıkları çalışmada geliştirdikleri algoritma ile Google Street View platformundaki görüntüleri kullanarak trafik ışıklarının ve telgraf direklerinin konum bilgilerini üretmiştir. Sözü edilen harita bilgileri, bir

güzergah üzerinde art arda elde edilen görüntülerle kurulan üçgenleme (triangulation) yöntemiyle hesaplanan derinlik mesafesinin görüntülerin elde edildiği konum bilgisiyle ilişkilendirilmesiyle üretilmiştir.



Şekil 1: Ek odası (manhole) örneği (URL-1)

Hebbalagubbe vd. (2017) de yine Google Street View platformundan elde ettikleri görüntülerle ve Krylov vd. (2018)'nin yararlandıkları çözüme benzer şekilde nesne tanımlama yaklaşımını ve üçgenleme tekniğini kullanarak telekomünikasyon sektöründe kullanılan, yer üstünde bulunan varlıklardan olan ek odası, saha dolabı ve baz istasyonu kulesi gibi nesnelere konum bilgilerini üretmişlerdir.

Akademik çalışmaların yanı sıra benzer konularda farklı firmaların geliştirdiği farklı çözümler de bulunmaktadır. 2009 yılında OpenStreetView adıyla başlayan, 2016 yılında Telenav firması, 2019 yılında Grab firması tarafından satın alınan ve OpenStreetCam olarak yeniden isimlendirilen projeye sokak düzeyi görüntülerden nesne tanımlama yaklaşımı kullanılarak trafik işaretleri ve trafik ışıkları tespit edilebilmektedir. OpenStreetCam platformunun temel amacı navigasyon uygulamalarında gereksinim duyulan hız limitleri ve dönüş kısıtlamalarına yönelik harita bilgilerinin sokak düzeyi görüntüler kullanılarak üretilmesidir.

Benzer biçimde Türkiye'de DECE firmasının GEODI 360 uygulaması araç kamerası veya cep telefonu ile elde edilen görüntülerden trafik işaretleri ve rögar kapakları gibi nesnelere ait mekansal veri kümelerini üretebilmektedir.

Çalışma kapsamında sokak düzeyi görüntülerden telekomünikasyon sektöründe kullanılan ek odası kapaklarının tespit edilmesi ve konum bilgilerinin üretilmesi için OpenStreetMap (OSM) projesine de destek veren Mapillary firmasının Mapillary platformunun yapay öğrenme temelli nesne tanımlama çözümünün kullanılması tercih edilmiştir. Böylece, çalışma kapsamında elde edilmiş olan sokak düzeyi görüntüler OSM projesinin veri iyileştirmesine katkı sunmak amacıyla da kullanılmıştır. 2019 yılında yapay zeka platformunu OSM kullanımına açan Facebook; Google, Apple, Yandex gibi firmaların GoogleStreetView gibi ürünleri ile rekabet edebilmek için Mapillary platformunu 2020 yılının Haziran ayında bünyesine katmıştır.

### 3. Yöntem

Çalışma kapsamında geleneksel ve yenilikçi olarak isimlendirilen iki farklı yöntem İstanbul sınırları içerisinde Kadıköy ilçesinde bulunan Feneryolu Mahallesi, Ataşehir ilçesinde yer alan Küçükbakkalköy Mahallesi ve Silivri ilçesine bağlı Yeni

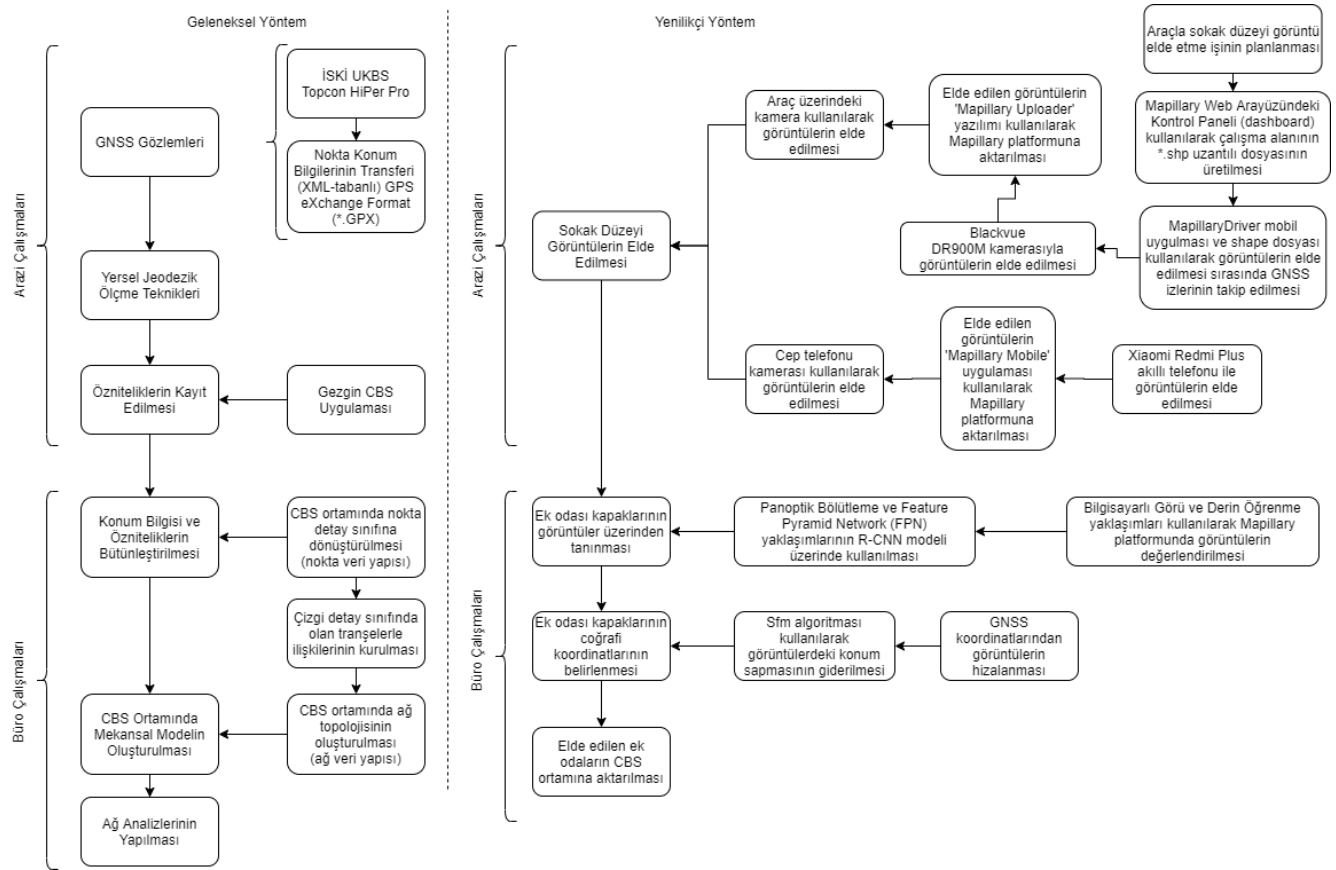
Mahalle olmak üzere üç farklı çalışma alanında uygulanmıştır. Sözü edilen çalışmalar kapsamında her iki yöntemle elde edilen veri kümeleri aşağıda ayrıntılı biçimde ifade edildiği biçimlerde karşılaştırılmıştır.

### 3.1 Geleneksel Yöntemle Mekansal Verinin Elde Edilmesi ve Değerlendirilmesi

Telekomünikasyon firmaları halihazırda mekansal verinin üretilmesinde, değerlendirilmesinde ve varlık yönetiminde kullanılmasında geleneksel yaklaşımdan yararlanmaktadır. Sözü edilen geleneksel yaklaşımın iş akışı ana hatlarıyla Şekil 2'de gösterilmektedir.

Geleneksel yöntemde arazi personeli tarafından jeodezik ölçme yöntemleri uygulanarak ek odası kapaklarının konum bilgileri üretilmektedir. Ardından, ölçmesi yapılan varlığa ilişkin öznitelikler kayıt edilmektedir. Son olarak, büro ortamında konum bilgisi ve öznitelik bilgileri bütünleştirilerek CBS ortamında oluşturulmuş olan mekansal modele aktarılmaktadır. Bu işlemler şebeke altyapısının genişlemesi ya da bakım ve yenileme kapsamında şebekeye yeni varlıkların eklenmesi durumunda tekrarlanmaktadır.

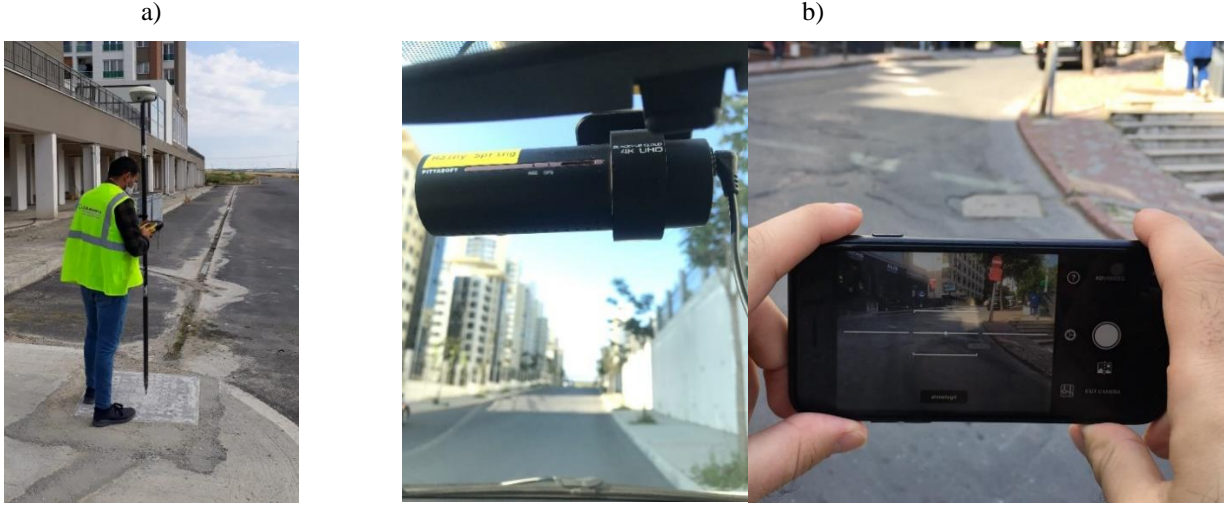
Jeodezik ölçme işlemi, temel olarak Global Uydur Navigasyon Sistemi (Global Navigation Satellite System, GNSS) gözlemleri kullanılarak Şekil 3 (a)'da gösterildiği biçimde uygulanmaya çalışılmaktadır. Uydudan gelen sinyallerin sağlıklı bir şekilde alınmadığı sık ve yüksek yapılaşmanın yoğun olduğu bölgelerde yersel ölçme teknikleri kullanılmaktadır.



Şekil 2: Geleneksel ve yenilikçi yöntemlerin iş akışları

Çalışma kapsamında referans (ground truth) olarak kullanılan noktaların üç boyutlu konum bilgileri; sürekli gözlem yapan GNSS istasyonlarından (Continuously Operating Reference Stations, CORS) oluşan İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Uydularla Konum Belirleme Sistemi'ne (İSKİ-UKBS) bağlı olarak Gerçek Zamanlı Kinematik (Real-Time Kinematic) ölçme tekniği uygulanarak üretilmiştir. Gezici GNSS alıcısı olarak Trimble firmasının çift frekanslı R6 alıcısı ile Topcon firmasının

Hiper Pro GNSS alıcısı kullanılmıştır. Feneryolu ve Küçükbakkalköy Mahalleler’inde gerçek zamanlı GNSS gözlemleri 2019 yılının Ağustos ayında, Yeni Mahalle’de ise 2020 yılının Mayıs ayında gerçekleştirilmiştir. Tablo 1’de görüldüğü üzere çalışma kapsamındaki toplam 178 ek odası 9 günde toplam 70 saatlik bir çalışma süresiyle ölçülmüştür. GNSS gözlemleriyle gerçek zamanlı olarak elde edilen ek odası kapaklarının orta noktalarının koordinat değerleri CBS ortamına aktarılarak nokta veri yapısına dönüştürülmüştür.



Şekil 3: Geleneksel (a) ve yenilikçi (b) yöntemlerle veri üretiminin uygulama örneği

Tablo 1: Geleneksel yöntemin uygulanış bilgileri

Çalışma Bölgesi	GNSS Gözlem Tarihi	GNSS Tekniği ile Ölçülen Ek Odası Sayısı	GNSS Gözlem Süresi	Arazideki Ölçme Operatörü Sayısı	Ölçme Maliyeti
Feneryolu	Ağustos 2019	58	3 gün (25 saat)	2	5000.00 TL
Küçükbakkalköy	Ağustos 2019	45	2 gün (15 saat)	1	4000.00 TL
Yeni Mahalle	Mayıs 2020	75	4 gün (30 saat)	1	7000.00 TL
<b>Toplam</b>		<b>178</b>	<b>9 gün (70 saat)</b>		<b>16 000.00 TL</b>

### 3.2 Yenilikçi Yöntemle Mekansal Verinin Elde Edilmesi ve Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında tanımlanan problemin çözümü için önerilen ve yenilikçi olarak nitelendirilen yöntem, ek odası kapaklarının sokak düzeyi görüntüler (street-level images) üzerinden bilgisayarlı görü yaklaşımı ve derin öğrenme modelleri kullanılarak otomatik olarak tespit edilmesi ve konum bilgilerinin üretilmesidir. Başka bir ifadeyle, yenilikçi olarak nitelendirilen yöntem önceden eğitilmiş yapay öğrenme modellerinin kullanılmasıyla (execution of pre-trained models) makine tarafından harita bilgisinin (machine-generated map data) oluşturulmasıdır. Yöntemin iş akışı genel olarak Şekil 2’de verilmiştir.

Yenilikçi yöntem kapsamında sokak düzeyi görüntülerinin elde edilmesinde iki farklı teknik kullanılmıştır. Bunlardan ilki uygulama örneği Şekil 3(b)’de gösterildiği gibi olan araç üzerinde bulunan kamera ile araç hareket halindeyken görüntülerin kayıt edilmesidir. Diğer teknik ise bir veri üreticisinin yolda yürürken akıllı telefon kamerası ile yaptığı görüntü kayıdır. Yenilikçi yöntem kapsamında iki farklı tekniğin kullanılmasının nedeni aynı değerlendirme yaklaşımı kapsamında farklı görüntü elde etme tekniklerinin de başarımlarının karşılaştırılabilmesine olanak sağlamaktır. Her iki teknikle elde edilen görüntüler Mapillary platformunda bulunan tek bir derin öğrenme modeli kullanılarak birlikte değerlendirilmiştir.

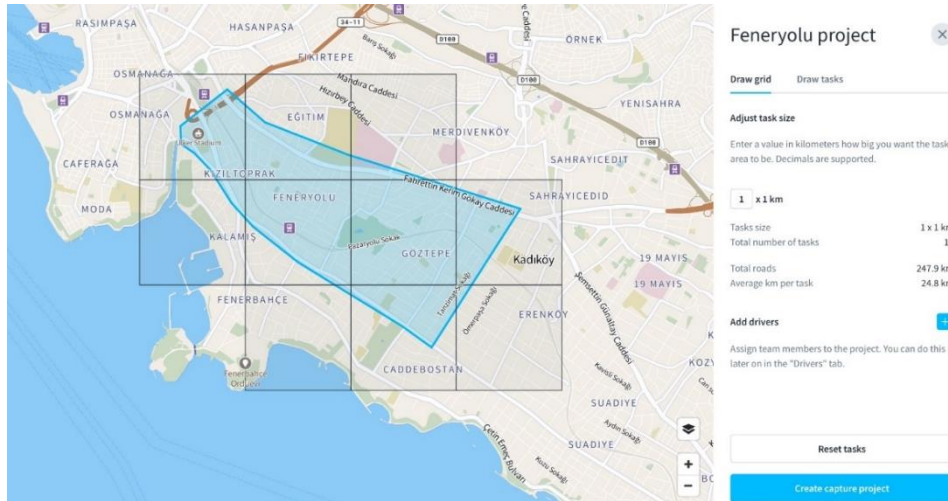
Mapillary platformu toplum/kitle kaynak (crowdsourcing) yöntemiyle kullanıcılardan sokak düzeyi görüntüleri toplayıp, bu görüntülerden derin öğrenme yöntemiyle trafik ışıkları, trafik levhaları gibi vektör veri yapısında ilgi noktası (Point-of-Interest, POI) özellikli harita bilgilerinin üretildiği bir girişim (start-up) çözümdür (Ertler vd. 2019; Neuhold, Ollmann, Rota



Bulo, & Kontschieder, 2017; URL-2).

Araçla sokak düzeyi görüntülerin elde edilmesinde araç kamerası (dash cam) olarak Blackvue markasının DR900M kamerası kullanılmıştır. Araçta kullanılan DR900M kamerası 160° geniş açılı lensiyle, 8 megapiksel çözünürlüklü CMOS sensörüyle 4K kalitesinde (3840x2160p @ 30 fps) görüntü kaydedebilmektedir. Blackvue ve Mapillary firmaları arasında yapılan anlaşma gereğince Mapillary firmasına özel olarak üretilmiş olan bu kamerada; görüntüleri elde edildikleri andaki koordinat bilgisi ile ilişkilendiren özel bir yazılım bulunmaktadır. Görüntülerin elde edildikleri andaki konum bilgileri kamera ile bütünleşik olarak çalışan GNSS alıcısı ile üretilmektedir. Araç üzerinde elde edilen görüntüler bir masaüstü yazılım olan Mapillary Uploader kullanılarak Mapillary platformuna aktarılmaktadır.

Araç kamerasıyla sokak düzeyi görüntülerin elde edilmesinin planlanması sırasında Mapillary firmasının web-tabanlı arayüzü (<https://www.mapillary.com/drive>) üzerinden erişilebilen kontrol paneli kullanılarak çalışma bölgesinin sınırları belirlenmiş ve \*.shp uzantılı dosya olarak bu planlama kaydedilmiştir. Şekil 4'te Feneryolu Mahallesi için yapılmış olan planlama örneği görülmektedir. Üretilmiş olan \*.shp uzantılı dosya, araçla görüntülerin elde edilmesi aşamasında MapillaryDriver mobil uygulamasında açılarak GNSS izleri sayesinde görüntü alınan güzergahların takip edilebilmesini ve böylece görüntü elde etme işinin yönetilmesini sağlamaktadır.



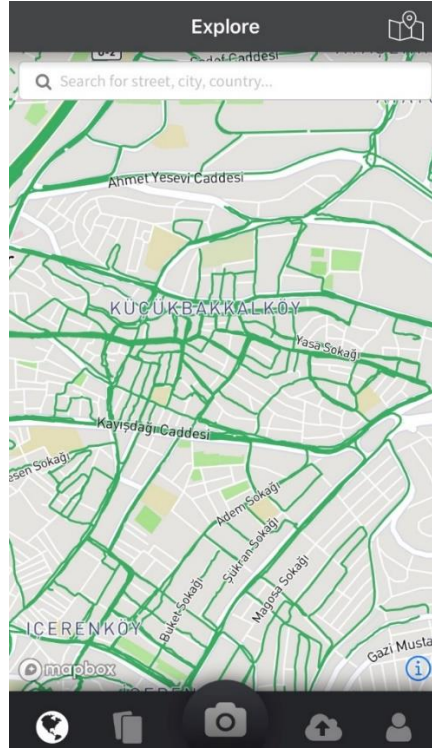
Şekil 4: Mapillary web arayüzünde Feneryolu Mahallesi çalışma alanının tanımlanması

Yürürken akıllı telefon kamerasıyla görüntü kaydetme tekniğinin uygulanması sırasında Mapillary Mobile uygulaması kullanılmıştır. Bu uygulama ile hem görüntü kaydı hem de Mapillary platformuna görüntülerin aktarımı yapılabilmektedir. Görüntüler ayrıca akıllı telefonun dahili hafızasına da kayıt edilebilmektedir. Çalışma kapsamında Xiaomi markasının Redmi 5 Plus modeli akıllı telefonu kullanılarak sokak düzeyi görüntüler kayıt edilmiştir. Xiaomi Redmi 5 Plus akıllı telefonunda bulunan kamerasının çözünürlüğü 12MP olup 4K kalitesinde (2160p @ 30 fps) görüntü kaydedebilmektedir. Şekil 5'te Ataşehir ilçesi Küçükbakkalköy Mahallesi'nde Mapillary Mobile uygulamasının kullanımına ilişkin ekran görüntüsü görülmektedir.

İki farklı yaklaşımla elde edilen sokak düzeyi görüntüleri Mapillary platformuna aktarıldıktan sonra Mapillary tarafından geliştirilmiş olan yapay öğrenme algoritmasının ek odaları tahmin etme doğruluğunun artırılması için doğrulama (verification) çalışması Mapillary firması tarafından başlatılmıştır. Tüm dünyadan ilgi gösteren herkesin katılımına açık olan doğrulama çalışması, derin öğrenme modelinin özellikle ek odası kapaklarını tanıma başarımının artırılması için modelin eğitimine katkıda bulunulmasına olanak sağlamaktadır. Şekil 6'da gösterildiği üzere uygulama; doğrulama çalışmasına katılan kullanıcılara, derin öğrenme sınıflandırıcısının ek odası olarak tanımladığı (recognition) nesnelere kare içerisine olarak

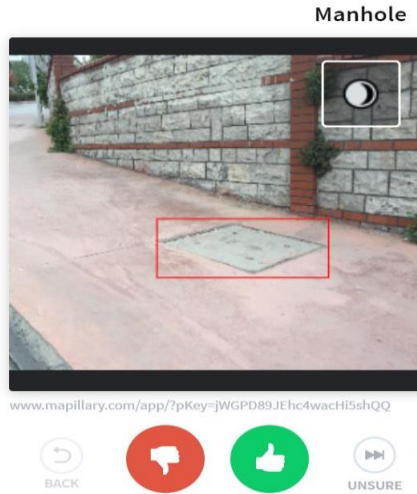


doğru tahmin yapıp yapılmadığını sormaktadır.



Şekil 5: Mapillary mobil uygulamasının arayüzü

Bu çalışma kapsamında üretilmiş olan görüntülerin de içinde bulunduğu tüm İstanbul'a ait veri kümesine ilişkin olarak algoritma tarafından içinde ek odası olma ihtimali bulunan 254 694 görüntü tespit edilmiştir. Şekil 7'de görüldüğü üzere 25 farklı gönüllü kullanıcının Mapillary Verifier Tool arayüzü üzerinden katıldığı veri doğrulama sürecinde, gönüllü kullanıcılar tarafından 254 694 görüntü arasından 5134 adet görüntüde ek odası kapaklarının doğru tespit edildiği ve 4413 görüntüde ise ek odası kapağı bulunmadığı belirlenmiştir (URL-3).



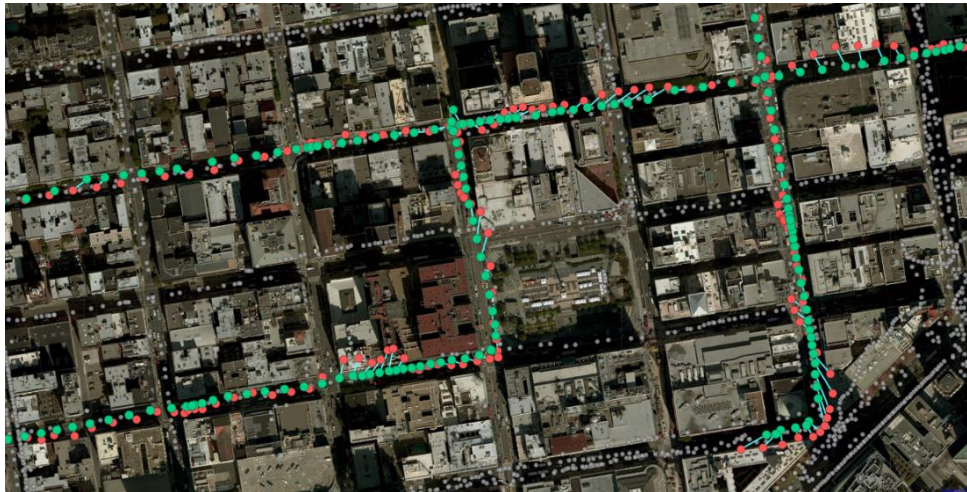
Şekil 6: Mapillary nesne doğrulama arayüzü

Mapillary platformunda görüntü üzerinden derin öğrenme modeli ile tespit edilen nesnelerin gerçek dünyadaki konum bilgileri, ilgili görüntülerin elde edildiği andaki kamera konumu ile doğrudan ilişkilidir. Çalışma kapsamında görüntülerin elde edildiği araç kamerası ve akıllı telefon kamerası bu nedenle gömülü GNSS alıcıları ile birlikte bütünlük yapıda kullanılmıştır. Ancak hem sözü edilen donanımlarda gömülü biçimde bulunan GNSS alıcılarının konum bilgisi üretme

doğruluğunun jeodezik ölçme için üretilmiş GNSS alıcılara göre düşük olması, hem de kent içinde, özellikle yüksek ve yoğun yapılaşmanın olduğu bölgelerde GNSS sinyallerinin kalitesinin azalmakta olması, görüntü elde etme anında üretilen konum bilgisinin kalitesini kötüleştirmektedir. Bu nedenle Mapillary platformu görüntülerin elde edildiği anda bozulan konum bilgi doğruluğunu iyileştirmek için Hareket ile Nesne Oluşturma (Structure from Motion, SfM) algoritmasından yararlanmaktadır. Geleneksel fotogrametrik yöntemlere göre daha hızlı ve düşük maliyetli olan insansız hava aracı fotogrametrisinde (drone photogrammetry) yaygın olarak kullanılan SfM algoritması, art arda gelen görüntü dizileri arasında yanlış hizalanmış olanların doğru konuma getirilmesine yardımcı olmaktadır (Schonberger ve Frahm, 2016; Ullman, 1979). Böylece görüntü üzerinde tespit edilen nesnelerin coğrafi konumları daha yüksek doğrulukla belirlenebilmektedir. Şekil 8’de kırmızı noktalar GNSS gözlemleri ile elde edilen görüntü elde etme konumlarını, yeşil noktalar ise Mapillary platformunda OpenSfM kütüphanesi (URL-4) kullanılarak mevcut yol ağına doğru yönlendirilmiş noktaları göstermektedir. GNSS tekniği ile elde edilen konumlara göre oluşturulan modele SfM algoritmasının uygulanması Şekil 8’de görüldüğü üzere gerçekliğin daha doğru temsil edilmesini sağlamaktadır.

Manhole		
Not verified yet	254 694	96.20%
Verifications pending	504	0.19%
Verified detections		
Confirmed	5 134	1.94%
Rejected	4 413	1.67%
Total detections in project	264 745	100.00%

Şekil 7: Ek odası tahminlerinin doğrulama çalışması sonuçları



Şekil 8: Görüntülerin elde edildiği konumların kalitesinin Mapillary platformunda iyileştirilmesi

Düşük maliyetli bir bilgisayar görüşü algoritması olan SfM, kalibrasyonu yapılmamış kameralarla farklı açılardan belirli örtü alanına sahip olacak biçimde yani stereo fotogrametri yaklaşımıyla elde edilen iki boyutlu görüntülerden, görüntüde yer alan nesnelerin 3 boyutlu (3B) grafik modellerinin oluşturulmasını sağlamaktadır. Başka bir ifadeyle farklı zamanlarda, rastgele dizilimde elde edilen görüntüler, eğer belirli bir oranda çakışıyorlarsa/örtüşüyorlarsa SfM yaklaşımı kullanılarak 3B grafik model üretilir. Geleneksel fotogrametrik teknikler geometrik model oluşturabilmek için, kamera ve yer kontrol

noktalarının 3B konum ve dönüklük bilgilerine gereksinim duyarken, SfM algoritmasında kamera konum ve dönüklük bilgileri model geometrisinin oluşturulmasıyla aynı anda ve otomatik olarak çözülmektedir. Bu durumda 3B grafik model oluşturmak için yer kontrol noktalarına da gereksinim bulunmamaktadır (Dellaert, Seitz, Thorpe, & Thrun, 2000; Fonstad, Dietrich, Courville, Jensen, & Carbonneau, 2013; Snavely, 2008; Snavely vd., 2008).

SfM yaklaşımının ilk adımı farklı görüntülerin örtü alanlarında bulunan aynı nesnelere Scale Invariant Feature Transform (SIFT) algoritması (Lowe, 2004) kullanılarak belirlenmesidir. Örtü alanlarında bulunan nesnelere ortak detaylar (feature) belirlendikten sonra, sözü edilen bu detaylar kamera koordinatlarının ve seyrek nokta bulutu biçiminde sahne geometrisinin oluşturulmasında kullanılır. RANdom SAMple Consensus (RANSAC) (Fischler & Bolles, 1981) gibi bir algoritma ve derinlik bilgisini ortaya çıkaran üçgenleme tekniği kullanılarak ortak noktaların en az 3 resim üzerinde iki farklı üçgen oluşturulmasıyla görüntü uzayında noktaların koordinatları belirlenir. Bu yaklaşımlarla tüm görüntüler hizalandıktan ve tüm görüntülere ait kamera konum bilgileri ortaya çıkarıldıktan sonra sahnenin yeniden ve daha kaliteli oluşturulması için görüntülerden yoğun nokta bulutu oluşturulur (Snavely, 2008; Snavely vd., 2008). Sahneye ilişkin geometrik model olarak nokta bulutu oluşturulduktan sonraki aşamalar mesh modelin oluşturulması ve mesh modelin doku ile kaplanmasıdır.

Ortaya çıkan 3B grafik model belirli bir iç doğrulukta görüntü uzayı koordinat sisteminde bulunmaktadır. Araç üzerinde bulunan GNSS alıcılarının görüntü kaydı sırasında ürettiği konum bilgileri kullanılarak 3B model coğrafi koordinat sistemine getirilebilmekte ve coğrafi referanslı bir mesh model oluşturulmuş olmaktadır.

Temel veri kaynağının sokak düzeyi görüntüleri olması nedeniyle SIFT algoritmasının dolayısıyla SfM algoritmasının başarımı; görüntüleri elde etmek için kullanılan kameranın özellikleri, görüntü çözünürlüğü, görüntü sayısı/yoğunluğu, gün ışığının aydınlatma durumu, çekim açısı gibi birçok etkene bağlı bulunmaktadır. Sonuç olarak tüm bu etkenler sokak düzeyi görüntülerinden ortaya çıkarılacak olan nokta bulutunun yoğunluğunu ve doğruluğunu etkilemektedir.

### 3.3 Yenilikçi Yöntemin Başarım Analizi

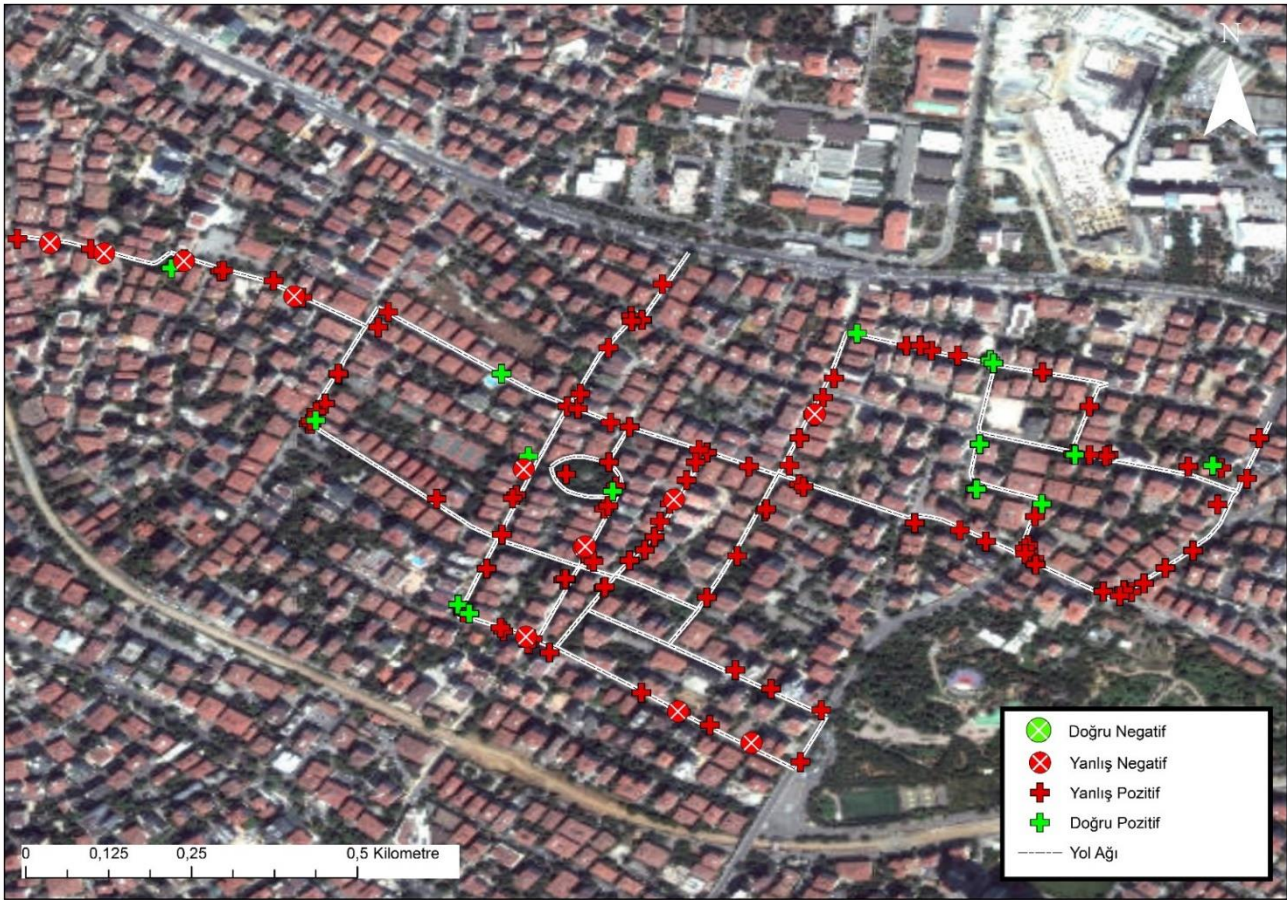
Üç farklı bölgede iki farklı yöntemle gerçekleştirilen çalışmalarla yenilikçi yöntem olarak nitelendirilen yöntemin başarım değerlendirmesi konum doğruluğu, veri değerlendirme süresi, üretim maliyeti gibi farklı açılardan karşılaştırılmalar yapılarak gerçekleştirilmiştir.

#### 3.3.1 Yenilikçi Yöntemle Tespit Edilen Ek Odası Kapaklarının Tanımlama Başarımının Değerlendirilmesi

Sınıflar arasındaki dağılımın yakın olmaması nedeniyle çalışma kapsamında kullanılan yapay öğrenme modelinin başarımını yalnız doğruluk (accuracy) ölçütü ile değerlendirmek yeterli olmayacaktır. Bu nedenle doğruluk ölçütünün yanı sıra, hassasiyet (precision) ve duyarlılık (recall) gibi diğer ölçütler de başarımı değerlendirmek için dikkate alınmıştır. Bunun için öncelikle yapay öğrenmede sınıflandırma problemlerinde kullanılan, gerçek değerlerle (actual values) tahmin edilen değerler (predictive values) arasındaki ilişkileri gösteren Doğru Pozitif (True Positive, TP), Yanlış Pozitif (False Positive, FP), Doğru Negatif (True Negative, TN), Yanlış Negatif (False Negative, FN) metriklerinden oluşan bir çapraşıklık matrisi (confusion matrix) oluşturulmuştur. Çapraşıklık matrisi, gerçek ve tahmin edilen değerlerle oluşturulan 4 farklı birleşimli bir tablodur. Geleneksel yöntem sonuçlarının referans veri alınarak, yenilikçi yöntemle üretilen sonuçların referans kümesiyle olan ilişkilerine göre sözü edilen metriklerin değerleri CBS ortamında belirlenmiştir. Şekil 9-11'de her üç bölge için CBS ortamında yapılan çalışmaların sonucunu, diğer bir ifadeyle yenilikçi yöntemle tahmin edilmiş olan ek odaların sözü edilen dört metriğe göre sınıflandırılmasını gösteren tematik haritalar bulunmaktadır. Tablo 2'de her üç çalışma bölgesine ait örnekleme veri kümeleri için oluşturulmuş çapraşıklık matrisleri verilmektedir. Çalışma amacı göz önünde bulundurularak sözü edilen metrikler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:



- TP: Gerçekte yeryüzünde ek oda olan nesnelerin görüntüde de 'ek oda' etiketiyle tespit edilerek doğru onaylanmasıdır.
- TN: Gerçekte yeryüzünde ek oda olmayan nesnelerin görüntüde de 'ek oda değil' etiketiyle tespit edilerek doğru reddedilmesidir.
- FP: Gerçekte yeryüzünde ek oda olmayan nesnelerin görüntüde 'ek oda' etiketiyle tespit edilerek hatalı onaylanmasıdır.
- FN: Gerçekte yeryüzünde ek oda olan nesnelerin görüntüde 'ek oda değil' etiketiyle tespit edilerek hatalı reddedilmesidir.



Şekil 9: Feneryolu Mahallesi çalışma bölgesindeki metriklerin dağılımı

Şekil 12'de çalışma kapsamında karşılaşılan ilginç FP örnekleri gösterilmektedir. Şekil 12 (a)'da görülen yol üzerindeki asfalt yaması ve Şekil 12 (b)'de görülen ağaç gölgesi derin öğrenme modeli tarafından ek odası olarak tahmin edilmiştir. Şekil 12 (c)'de derin öğrenme modeli yağmur suyu kapağını, ek odası kapağı olarak etiketlemiştir.

Tablo 2: Üç çalışma bölgesine ait çapraşıklık matrisleri

		Feneryolu		Küçükbakkalköy		Yeni Mahalle	
		Gerçek Değerler		Gerçek Değerler		Gerçek Değerler	
		Pozitif	Negatif	Pozitif	Negatif	Pozitif	Negatif
Tahmin Edilen Değerler	Pozitif	TP=16	FP=113	TP=24	FP=17	TP=16	FP=26
	Negatif	FN=12	TN=0	FN=0	TN=0	FN=5	TN=0



Tablo 2'deki değerler üç çalışma bölgesi için ayrı ayrı aşağıdaki biçimde açıklanmıştır:

- Feneryolu Mahallesi için Mapillary platformunda kullanılan derin öğrenme modeli araç kamerasıyla kaydedilen sokak düzeyi görüntülerinden 141 noktayı ek odası olarak tahmin etmiştir. Belirlenen 141 noktanın 16 tanesi TP, 113 tanesi FP ve 12 tanesi de FN olarak etiketlenmiştir. Aynı bölgede akıllı telefon kamerasıyla elde edilen görüntülerden ek oda tespit edilememiştir.
- Küçükbakkalköy Mahallesi için derin öğrenme modeli akıllı telefon kamerasıyla kaydedilen sokak düzeyi görüntülerden 41 noktayı ek odası olarak tahmin etmiştir. Belirlenen 41 noktanın 24 tanesi TP, 17 tanesi de FP olarak etiketlenmiştir. Aynı bölgede Mapillary platformunda kullanılan yapay öğrenme modeli araç kamerasıyla elde edilen görüntülerden 8 noktayı ek oda olarak tahmin etmiş olmasına rağmen, bu noktaların tümü gerçekte ek oda olmayıp FP olarak etiketlenmiştir.
- Yeni Mahalle için Mapillary platformunda kullanılan derin öğrenme modeli araç kamerasıyla kaydedilen sokak düzeyi görüntülerinden 47 noktayı ek odası olarak tahmin etmiştir. Belirlenen 47 noktanın 16 tanesi TP, 26 tanesi FP ve 5 tanesi de FN olarak etiketlenmiştir.



Şekil 10: Küçükbakkalköy Mahallesi çalışma bölgesindeki metriklerin dağılımı





Şekil 11: Yeni Mahalle çalışma bölgesindeki metriklerin dağılımı

Feneryolu Mahallesi örnekleme için derin öğrenme algoritmasının başarımı genel olarak değerlendirildiğinde bu çalışma bölgesi için FP olarak etiketlenen yani gerçekte ek oda olmayan ancak model tarafından ek oda olarak kabul edilen örneklerin sayısının, gerçekten ek oda olup ek oda olarak etiketlenen örnek sayısının yaklaşık 7 katı olduğu görülmektedir. Ayrıca aynı



veri kümesinde yanlış negatif diğer bir ifadeyle gerçekte ek oda olan ancak model tarafından ek oda olarak kabul edilmeyen örnekler de bulunmaktadır. Bu durumda yapay öğrenme modelinin Feneryolu Mahallesi veri kümesi için tahmin başarımının oldukça düşük kaldığı söylenebilir.



Şekil 12: FP örnekleri

Benzer değerlendirmenin Küçükbakkalköy Mahallesi'nden akıllı telefon ile elde edilen görüntüler üzerinden yapılması durumunda TP sayısının FP sayısından fazla olduğu görülmektedir. Derin öğrenme modelinin başarımı Küçükbakkalköy Mahallesi'nde elde edilen görüntüler için Feneryolu Mahallesi sonuçlarına göre görece daha yüksektir. Bununla birlikte, Küçükbakkalköy veri kümesi sonuçlarının akıllı telefon kamerasıyla elde edildiği, Feneryolu veri kümesi sonuçlarının ise araç kamerasıyla kaydedilen görüntülerden elde edilen sonuçlar olduğu unutulmamalıdır. Bu nedenle her iki veri kümesini birbirleriyle karşılaştırmak anlamlı olmayacaktır. Her ne kadar aynı derin öğrenme algoritması kullanılmış olsa da farklı görüntüleme donanımlarının ve teknolojinin kullanılmış olması girdi veri kümesine etki edeceğinden, her örnekleme bölgesinin kendi içinde değerlendirilmesi daha anlamlı bir yaklaşım olacaktır.

Küçükbakkalköy bölgesinde araç kamerası görüntülerine dayalı olarak model tarafından tahmin edilmiş olan 8 ek odası kapağı gerçekte ek odası kapağı olmayıp FP olarak etiketlenmiştir. Bu nedenle çalışma kapsamında Küçükbakkalköy

Mahallesi'nde araç kamerasıyla elde edilen görüntüler değerlendirmeye alınmamıştır.

Yeni Mahalle'ye ilişkin veri kümesi araç kamerasıyla elde edilen görüntülerden oluşmaktadır. Feneryolu örneklemesinde olduğu gibi Yeni Mahalle örneklemesinde de FP sayısı TP sayısından daha fazladır. Ancak bu kez aradaki oran daha azdır. Benzer olarak veri kümesi içerisinde FN örnekler bulunmaktadır. Bu durumda Yeni Mahalle veri kümesi için de derin öğrenme algoritmasının sınıflandırma başarımı düşük kalmıştır. Bununla birlikte Feneryolu ve Yeni Mahalle veri kümeleri çapraşıklık matrisinde bulunan metrikler üzerinden karşılaştırıldığında Yeni Mahalle örneklemesinin daha başarılı sonuç verdiği ifade edilebilir.

Tablo 2'deki metriklere bakıldığında araç kamerası ile elde edilen görüntülerde ek odası kapakları, derin öğrenme modeli tarafından başarılı biçimde tahmin edilip sınıflandırılmamıştır. Diğer taraftan akıllı telefon kamerasıyla elde edilen görüntülerin başarımı araç kamerası ile elde edilen veri kümesine göre daha yüksek çıkmaktadır. Bunun nedeni akıllı telefon kamerasıyla elde edilen görüntülerin daha yakın mesafeden kayıt edilmiş olmaları olabilir. Araç kamerasıyla elde edilen görüntülerde başarımın düşük çıkmasının bir nedeni de yol güzergahında ilerleyen araç kamerası yol üstünde farklı birçok rögar, izgara vb. kapakları kayıt etmektedir. Bu kapakların ayrı ayrı sınıflandırılmasında model başarılı olamamaktadır.

Çalışma kapsamında, görüntüler üzerinden ek odası kapağı tanımlama başarımının daha iyi analiz edilebilmesi için çapraşıklık matrisinde yer alan metrikleri kullanan doğruluk, hassasiyet, duyarlılık gibi başkaca ölçütlerden yararlanılmıştır.

Doğruluk yapay öğrenme modelinin sınıflandırıcısının ne kadar başarılı çalıştığını veya ne sıklıkta doğru tahmin gerçekleştirdiğini gösterirken, tahmin hatası (prediction error) da tersine tahminlerdeki hata miktarını göstermektedir. Bu nedenle her ikisinin toplamları bire eşit olmalıdır (Fawcett, 2006; Tharwat, 2018).

Hassasiyet tahmin edilen pozitif sınıflarda gerçekte ne kadar doğru tahmin gerçekleştirildiği bilgisini verirken, duyarlılık ise gerçek pozitif sınıflarda ne kadar doğru tahmin yapıldığını göstermektedir. F1-ölçüsü (F1-score), aritmetik ortalama yerine harmonik ortalamayı kullanarak hassasiyet ve duyarlılığın aynı anda değerlendirilmesini sağlamaktadır (Fawcett, 2006; Tharwat, 2018).

Özgüllük (specificity) metriği gerçek negatif sınıflara ait olan doğru negatiflerin ne doğrulukta bulunabildiğini göstermektedir (Fawcett, 2006; Tharwat, 2018).

Alıcı İşletim Karakteristik Eğrisi (Receiver Operating Characteristic Curve, ROC Curve); TP oranı (TP Rate, TPR) ve FP oranını (FP Rate, FPR) metriklerinin X ve Y eksenlerine yerleştirildiğinde eğrinin altında kalan alanın hesaplanması ile elde edilmektedir. Eğrinin altında kalan alan ne kadar büyükse yapay öğrenme modelinin başarı oranı da o kadar yüksek demektir (Powers, 2011).

Sözü edilen ölçütlerin nasıl hesaplandığı aşağıdaki eşitliklerde gösterilmiştir (Tharwat, 2018):

$$\text{Doğruluk} = \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} \quad (1)$$

$$\text{Hassasiyet} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

$$\text{Duyarlılık} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

$$F1 - \text{ölçüsü} = \frac{2 \times \text{Hassasiyet} \times \text{Duyarlılık}}{\text{Hassasiyet} + \text{Duyarlılık}} \quad (4)$$

$$\text{Tahmin Hatası} = \frac{FP + FN}{TP + FP + TN + FN} \quad (5)$$

$$\text{Özgüllük} = \frac{TN}{FP + TN} \quad (6)$$

$$\text{Doğru Pozitif Oranı} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (7)$$

$$\text{Yanlış Pozitif Oranı} = \frac{FP}{FP + FN} \quad (8)$$

Tablo 2’de verilen matris üzerindeki metrikler kullanılarak her üç mahallenin veri kümelerine ilişkin yapay öğrenme algoritmasının sınıflandırıcısının başarımlar ölçütleri Tablo 3’te verilmiştir.

**Tablo 3:** Yapay öğrenme modelinin tanımlama başarısı için kullanılan ölçütler

Ölçütler	Çalışma Bölgesi					
	Feneryolu		Küçükbakkalköy		Yeni Mahalle	
Doğruluk	0.11	% 11	0.59	% 59	0.34	% 34
Tahmin Hatası	0.89	% 89	0.41	% 41	0.66	% 66
Hassasiyet	0.12	% 12	0.59	% 59	0.38	% 38
Duyarlılık	0.57	% 57	1.00	% 100	0.76	% 76
F1-ölçüsü	0.20	% 20	0.74	% 74	0.51	% 51
Özgüllük	0.00	% 0	0.00	% 0	0.00	% 0
TPR	0.57	% 57	1.00	% 100	0.76	% 76
FPR	1.00	% 100	1.00	% 100	1.00	% 100

Tablo 3 incelendiğinde çalışma bölgeleri arasında başarımları en yüksek olan veri kümesinin Küçükbakkalköy örnekleme olduğu görülmektedir. Bunun temel nedeni Küçükbakkalköy çalışma bölgesinde akıllı telefon kamerasının kullanılmış olmasıdır.

Küçükbakkalköy Mahallesi’nde elde edilen görüntülerin Mapillary platformunda kullanılan derin öğrenme modelinde sınıflandırılması sonucunda model doğruluğu %59 düzeyinde olup üç mahalle arasında doğruluğu en yüksek çalışma bölgesidir. Bir diğer ifadeyle sınıflandırıcı görüntülerde bulunan 100 nesnenin yalnızca 59 tanesini doğru sınıflandırabilmiştir. Her ne kadar üç çalışma bölgesi arasında en yüksek doğruluk değeri olsa da gerçek uygulamalarda kullanmak için yeterli doğrulukta değildir. En yüksek hassasiyet değeri de Küçükbakkalköy veri kümesi için hesaplanmış ve doğruluk ölçütü ile aynı değer elde edilmiştir. Başka bir ifadeyle model, ek odası kapağı olarak tahmin ettiği nesnelerin yalnızca %59’u gerçekten ek odası kapağıdır. Küçükbakkalköy veri kümesinde sahte negatif bulunmadığı için duyarlılık metriği otomatik olarak 1 çıkmaktadır.

Tablo 3’teki başarımlar ölçütleri karşılaştırıldığında araç kamerasıyla görüntü elde edilen iki çalışma bölgesi arasında daha yüksek başarımlar sağlanan bölge Yeni Mahalle olmuştur. Yeni Mahalle veri kümesi için doğruluk %34, hassasiyet %38 ve duyarlılık %76 olarak hesaplanmıştır. Diğer bir ifadeyle, görüntülerde bulunan 100 nesneden 34 tanesi doğru tespit edilmiştir. Görüntüler üzerinde ek odası olarak tahmin edilen nesnelerin %38’i TP yani gerçekten ek odasıdır. Derin öğrenme modeli gerçekte ek odası olan nesnelerin ancak %76’sını TP olarak tespit edebilmektedir.

Çalışma kapsamındaki veri kümeleri içerisinde TN etiketlenmesi örneği hiç bulunmadığından FPR ölçütleri 1 olarak hesaplanmıştır. Bu nedenle ROC eğrileri anlamlı olmamaktadır. Özgüllük ölçütü görüntülerde ek odası olmadığı durumda



yani TN sınıflarda ek odası tespit edilme olasılığını göstermektedir. Ancak çalışma kapsamındaki örneklemelerde TN etiketlemesi olmadığı için özgüllük değerleri 0 çıkmaktadır.

Yenilikçi yöntemle ek odası kapaklarının tanıma başarımının iyileştirilebilmesi için öncelikle modelin kullandığı eğitim veri kümesindeki doğrulama çalışmalarının sayısal olarak artırılması gerekmektedir. Bölüm 3.2’de ifade edilen ve Şekil 7’de gösterilen gönüllü kullanıcıların gerçekleştirdiği doğrulama çalışmaları kapsamında, gönüllüler tarafından incelenen görüntü sayısının toplam görüntü sayısına oranı yaklaşık %3.7 düzeyindedir. Bir gözetimli öğrenme (supervised learning) süreci için bu oranın yükseltilmesi, en azından %10 düzeyine çıkarılması gerekmektedir.

Bu savı destekleyecek olan konulardan biri de dünyada ve Türkiye’de farklı telekomünikasyon firmalarının Şekil 13’te görüldüğü üzere farklı şekil, renk ve büyüklükte ek odası kapakları kullanmalarıdır. Başka bir ifadeyle ek odası kapağı için şekil, büyüklük ve renk açısından belirlenmiş bir standart bulunmamakta ve bu durumda ek odası kapağının sokak düzeyi görüntüler üzerinden tanımlanma başarımını etkilemektedir. Genelde daire veya dikdörtgen şeklinde olan ek odası kapakları geçmişte demir döküm malzemeden üretilmekteyken bugün daha ekonomik ve hafif olan kompozit malzeme kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında yapay öğrenme algoritması sınıflandırıcısının Şekil 12 (c)’de gösterilen yağmur suyu kapakları Şekil 13’te gösterilen ek odası kapaklarını ayırmadaki düşük başarımı FP örneklemelerin artmasına neden olmuştur.

### 3.3.2 Görüntülerden Tespit Edilen Ek Odası Kapaklarının Konum Kestirimi Açısından Değerlendirilmesi

Üç ayrı çalışma alanında bulunan tüm ek odası kapaklarının iki boyutlu koordinat değerleri Uluslararası Yersel Referans Sistemi (International Terrestrial Reference Frame 2005 (ITRF05) datumunda 2005.0 epoğunda 30° dilim orta meridyeni 3° dilim genişlikli Gauss-Krüger projeksiyonunda sağa ve yukarı koordinat çifti olarak hesaplanmıştır. GNSS uydu tekniğiyle ölçülen ek odaların 2B koordinat değerleri daha güvenilir ve yüksek doğrulukta olduğundan referans veri kümesi (ground truth data set) olarak kabul edilmiştir. Sokak düzeyi görüntülerinden tespit edilmiş olan ek odası kapaklarının World Geodetic System (WGS-84) datumunda ve ölçü epoğundaki koordinat değerleri doğruluk analizinde test noktası olarak alınmıştır.

Feneryolu Mahallesi’nde yapılan çalışmalarda Tablo 1’de görüleceği üzere 58 tane ek odası kapağının konumları GNSS gözlemleri ile belirlenmiştir. Tablo 2’de görüleceği üzere Feneryolu Mahallesi’nde sokak düzeyi görüntülerinden Mapillary platformu derin öğrenme yaklaşımı ile 16 adet TP ek odası tespit etmiştir. Küçükbakkalköy Mahallesi’nde yapılan çalışmalarda 45 tane ek odasının koordinatları GNSS gözlemleri ile belirlenmiştir. Küçükbakkalköy Mahallesi’nde sokak düzeyi görüntülerinden 24 adet TP ek odası tespit etmiştir. Yeni Mahalle’de GNSS tekniği kullanılarak koordinatları belirlenen ek odası sayısı 75’tir. Yeni Mahalle’de görüntüler üzerinden tespit edilen TP sayısı da 16’dır. Farklı yöntemlerle üretilen her iki veri kümesinde eşleşen ortak noktalar TP noktalarıdır. Bu durumda Feneryolu Mahallesi’nde 16, Küçükbakkalköy Mahallesi’nde 25 ve Yeni Mahalle’de 16 nokta üzerinden yenilikçi yöntemle elde edilen koordinat değerlerinin, geleneksel yöntemle üretilmiş referans koordinat değerlerinden olan farklılıkları ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Sağa ve yukarı koordinat bileşenlerinde ayrı ayrı koordinat farkları grafik üzerinden incelendiğinde farkların normal dağılımda olduğu görülmüştür. Tablo 4’te üç çalışma bölgesi için ayrı ayrı referans ve test noktalarının koordinat farklarına ilişkin en küçük ve en büyük koordinat farkları ile standart sapma gibi kalite bilgileri verilmiştir.

Tablo 4 incelendiğinde Feneryolu Mahallesi’nde GNSS tekniğiyle elde edilen koordinat değerleri ile yenilikçi yöntemle elde edilen koordinat değerleri farklarının ortalama 1.5 m dolayında olduğu görülmesine karşın en büyük farkların 20 m’yi geçtiği görülmektedir. Bu durum standart sapma değerlerine de yansımış ve standart sapma yaklaşık 10 m olarak hesaplanmıştır. Feneryolu Mahallesi gibi yoğun yerleşimin, yüksek yapılaşmanın, dar sokakların olduğu yerlerde koordinat farklarının ve dolayısıyla konum belirleme hatalarının yüksek olduğu, Yeni Mahalle gibi daha kırsal alanda bulunan yerlerde farkların ve

hataların görece daha düşük olduğu görülmektedir.

**Tablo 4:** Üç çalışma bölgesine ait koordinat farklarının kalite bilgileri

Koordinat Bileşeni	Çalışma Bölgesi					
	Feneryolu		Küçükbakkalköy		Yeni Mahalle	
	$\Delta$ Sağa (m)	$\Delta$ Yukarı (m)	$\Delta$ Sağa (m)	$\Delta$ Yukarı (m)	$\Delta$ Sağa (m)	$\Delta$ Yukarı (m)
Ortalama ( $\mu$ )	-1.38	-1.61	-0.42	1.16	0.30	0.09
Pozitif En Büyük Fark	16.92	11.68	3.97	9.20	7.26	5.24
Negatif En Büyük Fark	-23.90	-28.03	-4.94	-3.86	-3.55	-3.78
Standart Sapma ( $\sigma$ )	9.55	10.78	2.70	3.27	2.65	2.81
Standart Hata ( $m_\sigma$ )	2.39	2.69	0.55	0.67	0.66	0.70

Sokak düzeyi görüntülerinin elde edildiği kameraların bütünlük olarak çalıştığı tek frekanslı gömülü GNSS çipleri mutlak konum belirleme yöntemini kullanmaktadır. Literatürde bu yöntemin konum belirleme doğruluğu yaklaşık  $\pm 10$  m dolayındadır. Diğer taraftan geleneksel yöntemde jeodezik ölçme amaçlı geliştirilen çift frekanslı bir GNSS alıcısı bağlı konum belirleme yöntemiyle gerçek zamanlı kinematik konum belirleme tekniğini kullanarak dm altı doğrulukta konum bilgisi üretmektedir. Her ne kadar Mapillary platformu GNSS tabanlı konum bilgilerini SfM algoritması ile birlikte kullanarak ek odası kapaklarının konum bilgilerini üretiyor olsa da, yenilikçi yöntemle üretilen konum bilgisi kalitesi geleneksel yöntemle göre çok düşük düzeyde kalmaktadır.

Buradan hareketle çalışma kapsamındaki yenilikçi yöntemin yaklaşık olarak metre altı doğruluk gerektiren şebeke bilgi sistemlerinin oluşturulması için gerekli konum doğruluğunu sağlayamadığı görülmüştür.

Yenilikçi yöntemin konum belirleme kalitesinin iyileştirilebilmesi için kameraların görüntü elde etme anındaki konumları aşağıdaki yaklaşımlarla desteklenebilir:

- Kamera konumunu belirlemek için hem araçtaki kamerayla bütünlük çalışan hem de akıllı telefonda gömülü olarak bulunan GNSS kartları, L1 ve L2 gibi çift frekansta GPS sinyali alabilen özellikte seçilebilir. Ayrıca hem araç tarafında hem de akıllı telefonda yalnız gerçek zamanlı konum bilgisi üreten özellikte GNSS çipleri değil aynı zamanda ham veri kaydı yapabilen ve dolayısıyla daha sonra GNSS gözlemlerinin değerlendirilebilmesine olanak veren türde GNSS donanımları tercih edilebilir.
- Kamera konumunu belirlemek için mutlak konum belirleme tekniklerinden olan Hassas Nokta Konum Belirleme (Precise Point Positioning, PPP) tekniği kullanılarak konum kalitesi iyileştirilebilir. Bu tür bir tekniğin kullanılması, mevcutta kullanılan mutlak konum belirleme tekniğinden farklı olarak hassas uydu yörünge ve saat bilgilerinin konum belirleme sürecine dahil edilmesiyle daha yüksek doğrulukta konum bilgisinin üretilmesini sağlayacaktır. Bunun için de öncelikle araçta ve akıllı telefon tarafından çift frekanslı GPS sinyali alabilen bir alıcıya gereksinim bulunmaktadır.
- Kamera konumunun belirlenmesinde bağlı konum belirleme yöntemi geleneksel yöntemdekine benzer biçimde gerçek zamanlı kinematik konum belirleme tekniği yaklaşımıyla kullanılabilir. Örneğin İstanbul'da İSKİ UKBS gibi sürekli hizmet veren ağlardan destek alınarak kamera konum bilgisi daha yüksek doğrulukta üretilebilir. Yine burada da çift frekanslı bir alıcının kullanılması durumunda konum doğruluğu desimetre altında elde edilebilirken, tek frekanslı bir alıcı ile DGPS tekniğinin kullanılması durumunda ise metre altında bir doğruluk elde edilebilecektir.



Şekil 13: Türkiye'de kullanılan ek odası kapak örnekleri

Ayrıca yenilikçi yöntemin başarımını arttırmada konum bilgi üretiminin doğruluğunun arttırılmasına ek olarak, sokak düzeyi görüntülerinin sayısının arttırılması, dolayısıyla görüntülerden üretilecek nokta bulutunun yoğunluğunun artması olumlu katkı yapacaktır.

### 3.3.3 Diğer Açılardan Değerlendirme

Tablo 5 incelendiğinde çalışma kapsamındaki üç çalışma bölgesi için yenilikçi yöntemle harita bilgisi üretme işinin maliyet, zaman ve emek açısından geleneksel yöntemle karşılaştırıldığında çok daha üstün durumda bulunduğu görülmektedir. Yalnız bu açılardan değerlendirildiğinde yenilikçi yöntem, telekomünikasyon sektörünün beklentilerini geleneksel yöntemle göre daha çok sağlamaktadır. Bu durumda yenilikçi yöntemin doğruluk açısından başarımının yükselmesi durumunda geleneksel yöntemin yerini hızlıca alacağını göstermektedir.

Tablo 5: Geleneksel ve yenilikçi yöntemlerin maliyet bilgileri

Çalışma Bölgesi	GNSS Gözlem Tarihi	GNSS Tekniği ile Ölçülen Ek Odası Sayısı	GNSS Gözlem Süresi	Arazideki Ölçme Operatörü Sayısı	Ölçme Maliyeti
Feneryolu	Ağustos 2019	58	3 gün (25 saat)	2	5000.00 TL
Küçükbakkalköy	Ağustos 2019	45	2 gün (15 saat)	1	4000.00 TL
Yeni Mahalle	Mayıs 2020	75	4 gün (30 saat)	1	7000.00 TL
<b>Toplam</b>		<b>178</b>	<b>9 gün (70 saat)</b>		<b>16 000.00 TL</b>

Çalışma Bölgesi	Görüntülerin Elde Edildiği Tarih	Görüntülerden Elde Edilen Ek Odası Sayısı	Görüntü Kayıt Süresi	Operatör Sayısı	Ölçme Maliyeti	Araç Güzergahının Uzunluğu
Feneryolu	Ağustos 2019	Araçla 16/141	Araçla 1 gün (1.5 saat)	1	300.00 TL	4 km
Küçükbakkalköy	Ağustos 2019	Araçla 0/8 Telefonla 24/41	Araçla 1 gün (1 saat) Telefonla 1 gün (3 saat)	1	300.00 TL	5 km
Yeni Mahalle	Mayıs 2020	Araçla 16/47	Araçla 1 gün (1 saat)	1	200.00 TL	6 km
<b>Toplam</b>		<b>56/237</b>	<b>3 gün (6.5 saat)</b>	<b>1</b>	<b>800.00 TL</b>	<b>15 km</b>

Sokak düzeyi görüntülerinin elde edilmesinde bu çalışma kapsamındaki yenilikçi yöntemden farklı olarak Gezgin Harita Sistemleri (Mobile Mapping Systems, MMS) de kullanılmaktadır. Gezgin harita sistemleri de bu çalışmada kullanılan

tekniklere benzer biçimde hem birçok farklı tür alıcıyı barındıran hareketli platformlar hem de sırt çantası özelinde tasarlanan ve operatörün yürürken ortamı ölçen sistemler olarak kullanılabilir. Bu tür sistemler kullanılarak geliştirilmiş çözümlere örnek olarak Google Street View gösterilebilir.

Çalışma kapsamında kullanılan yenilikçi yöntemle, profesyonel bir çözüm olarak geliştirilen gezgin harita üretim sistemleri arasında maliyet açısından büyük farklar bulunmaktadır. Gezgin harita üretim sistemleri yüksek doğruluklu GNSS alıcıları, çoklu kameralı optik görüntüleme sistemleri, çoklu tarayıcı lazer tarama sistemleri, navigasyon sistemleri gibi üst düzey ve yüksek maliyetli donanımlar kullanmakta ve farklı yapıdaki veri kümelerinin bütünleştirilmesi için de yüksek maliyetli veri değerlendirme süreçlerini gerektirmektedir. Ayrıca, yüksek veri üretim ve değerlendirme maliyetleri aynı bölgeye ait verinin elde edilme sıklığını da azaltmaktadır. Oysaki çalışmada yararlanılan yenilikçi yöntem son derece düşük maliyetli ve hızlı sonuç üreten bir çözüm olup istenilen sıklıkta gerçekleştirilmesi yüksek bir maliyet oluşturmamaktadır.

### 3.3.4 Yenilikçi Yöntem Kapsamında Kullanılan İki Farklı Tekniğin Karşılaştırılması

Üç çalışma bölgesinin hiçbirinde her iki tekniğin aynı anda anlamlı veri kümesi üretebildiği bir örnekleme oluşturulmadığından çalışma kapsamında yenilikçi yöntem kapsamında kullanılan iki farklı tekniğin başarımı karşılaştırılamamıştır. Çalışma kapsamında elde edilen deneyimlere dayanılarak Tablo 6'da ifade edilen değerlendirmeler ortaya çıkarılmıştır.

**Tablo 6:** Geleneksel ve yenilikçi yöntemlerin maliyet bilgileri

Araç Üzerinden Görüntülerin Elde Edilmesi		Yürürken Akıllı Telefonla Görüntülerin Elde Edilmesi	
Olumlu Yönleri	Olumsuz Yönleri	Olumlu Yönleri	Olumsuz Yönleri
Araç hareketiyle ilerlendiği için görüntü elde etme hızının yüksek olması	Kaldırım üzerinde bulunan ek odası kapakları yol kenarına park eden araçlar nedeniyle görüntülenememekte	Araçla görüntü kaydına göre araç park sorunundan çok daha az etkilenmesi	İnsan hareketiyle ilerlendiği için görüntü elde etme hızının düşük olması
Geniş açılı görüntü elde edebilme	Görüntü kaydı sırasında araç camından yansıyan nesnelere hatalı tahmin yapılmasına neden olmakta	Camdan yansıyan ışıktan etkilenmemesi	Daha dar açılı görüntü elde etme
Sensörler için güç kaynağı kısıdının olmaması	Görüntüler yol üzerinden elde edildiği için yapay öğrenme modeli yol üzerinde bulunan yağmur suyu ve rögar kapaklarını da ek odası olarak etiketlemesi	Operatörün kaldırım üzerinde yürüyerek görüntü elde etmesi nedeniyle yol üzerinde bulunan yağmur suyu ve rögar kapaklarının modelin tahmin başarımını etkilememesi	Kamera akıllı telefon kapsamında olduğundan güç kaynağı kısıdının olması
Araç kullanımı dışında görüntü elde edilmesi tamamen otomatik			

## 4. Sonuçlar

Çalışma kapsamında telekomünikasyon sektöründe kullanılan ek odaların yenilikçi yöntem olarak nitelendirilen çözümlerle tespit etme ve konumlarını belirleme başarımı, telekomünikasyon sektöründe halihazırda kullanılan geleneksel yöntemle farklı açılardan karşılaştırılmıştır. Diğer bir ifadeyle temel olarak GNSS gözlemlerinin kullanıldığı ek odası mekansal bilgi üretme süreci ile sokak düzeyi görüntülerden derin öğrenme yaklaşımı ile ek odasının ilgi noktası olarak harita bilgisi biçiminde üretilme süreci doğruluk, zaman, maliyet gibi farklı yönlerden karşılaştırılarak başarımların analizi yapılmıştır. Genel

olarak yenilikçi yöntemin, ek odası kapaklarını otomatik tanıma başarımının düşük düzeyde kaldığı görülmüştür. Yenilikçi yöntemle tespit edilen ek odası kapaklarının belirlenen konum bilgilerinin de geleneksel yöntemle belirlenmiş olan konum bilgilerine göre oldukça farklı olduğu görülmüştür. Konum ve tanıma doğruluklarıyla ilgili başarımlar göz önüne alındığında yenilikçi yöntemin geleneksel yöntemin tamamen yerini alması bu çalışma kapsamındaki sonuçlarla olası görülmemektedir. Ancak değerlendirmeye konu sokak düzeyi görüntülerinin kalitesinin artması, görüntüleri değerlendiren derin öğrenme modelinin gelişmesiyle zaten daha az kaynak, zaman ve iş gücü gerektiren yenilikçi yöntemin geleneksel yöntemin yerini alacağı açıktır. Benzer durum derin öğrenme ile yüz tanıma modellerinde yaşanmış, önceleri başarımları düşük olan yapay öğrenme modelleri bugün gelinen noktada yüz tanıma konusunda insanın yüz tanıma başarımını geçmiştir. Bu benzeşimden yola çıkarak yenilikçi yöntemin, geleneksel yöntemin başarımını yakalamasının uzun sürmeyeceği söylenebilir.

Çalışma kapsamında yenilikçi yöntemin başarımını yalnız bir platformdan yani Mapillary platformundan elde edilen sonuçlara göre değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunun daha anlamlı olması için aynı veri kümesinin benzer işi yapan OpenStreetCam, GEODI 360 gibi diğer platformlarda da değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu tür bir yaklaşım aynı zamanda önceden eğitilmiş yapay öğrenme modelleri kullanılarak geliştirilmiş platformların; varlık/nesne tanıma ve tanımlanan nesnelerin konum bilgilerini üretme çözümleri arasında, nesne tanıma başarımları ve konum doğrulukları açısından karşılaştırma yapılabilmesini sağlayacaktır.

Telekomünikasyon firmaları tarafından gerçekleştirilen bakım onarım faaliyetleri kapsamında ek odaların varlığını koruyup koruyamadığı bilgisine gereksinim duymaları nedeniyle koordinatları bilinen noktalarla karşılaştırmak için çalışma kapsamında önerilen yöntemin kullanılabilmesi düşünülmektedir. CBS ortamında ve mekansal veri tabanında olmayıp yenilikçi yöntemle tespit edilmiş ek odası kapağı olması durumunda, ilgili noktanın daha yüksek doğrulukta konum bilgisinin üretilmesi için geleneksel yöntem başvurulabilir. Böylece yenilikçi yöntem, geleneksel yöntemin başarımını eniyilemek için kullanılabilir.

Telekomünikasyon firmaları, yeni bölgelerde yatırım yapmadan önce ilgili bölgelerde gerçekleştirdikleri keşif çalışmalarını hızlandırmak için yenilikçi yöntemden yararlanabilir. Böylece ilgili bölge hakkında daha düşük maliyetle ve daha az zaman harcayarak yatırım karar-desteği için genel bir bakış açısı sağlayabilirler. Bu sonuçlara göre daha ayrıntılı çalışma yapılması tercih edilirse geleneksel yöntem kullanılabilir.

Yerel yönetim çalışmaları kapsamında farklı amaçlarla çokça araç kente hizmet etmek için sürekli seyir halindedir. Çöp kamyonları, belediye otobüsleri, zabıta araçları vb. birçok araç işlerini yerine getirirken araç üzerinde bulunan GNSS alıcı entegreli kameralar sürekli görüntü kaydedebilir. Kaydedilen görüntüler bu çalışma kapsamında yararlanılan bilgisayar görüş amaçlı derin öğrenme modeline benzer yapay öğrenme modellerinde değerlendirilerek yüzlerce şehir nesnesi görüntüler üzerinden tespit edilip Kent Bilgi Sistemleri ile ilişkilendirilebilir. Akıllı Şehirlerin yoğun olarak tartışıldığı bu günlerde bu tür mekansal zeka uygulamaları yerel yönetimlerin şehirleri daha etkin yönetmesine katkı sağlayacaktır. Aynı zamanda elde edilen ve etiketlenen görüntü veri kümeleri farklı mekansal zeka uygulamaları için etiketli mekansal veri eğitim kümesi altyapısının oluşmasını sağlayacaktır.

## Yazar Katkısı

**Ahmet Eğri:** Fikir, Tasarım, Literatür Taraması, Veri toplama ve işleme, Yazım. **Caner Güney:** Analiz ve yorumlama, Denetleme, Yazım, Makale değerlendirme.



## Kaynaklar

- Dellaert, F., Seitz, S. M., Thorpe, C. E., & Thrun, S. (2000). Structure from motion without correspondence. *Proceedings IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2, 557-564.
- Ertler, C., Mislaj, J., Ollmann, T., Porzi, L., Neuhold, G., & Kuang, Y. (2019). The Mapillary Traffic Sign Dataset for Detection and Classification on a Global Scale. *arXiv:1909.04422*.
- Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. *Pattern recognition letters*, 27(8), 861-874.
- Fischler, M. A., & Bolles, R. C. (1981). Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography. *Communications of the ACM*, 24(6), 381-395.
- Fonstad, M. A., Dietrich, J. T., Courville, B. C., Jensen, J. L., & Carbonneau, P. E. (2013). Topographic structure from motion: a new development in photogrammetric measurement. *Earth surface processes and Landforms*, 38(4), 421-430.
- Hebbalaguppe, R., Garg, G., Hassan, E., Ghosh, H., & Verma, A. (2017). Telecom Inventory management via object recognition and localisation on Google Street View Images. *2017 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)*. 725-733.
- Hussain, A., Kazmi, J. H., & Arsalan, M. H. (2017). Integration of Telecom Databases with Geodatabase Model for The Effective Telecom Network Management Through Geo-Informatics. *Journal of Basic and Applied Sciences*, 13, 272-280.
- Krylov, V. A., Kenny, E., & Dahyot, R. (2018). Automatic discovery and geotagging of objects from street view imagery. *Remote Sensing*, 10(5), 661.
- Lowe, D. G. (2004). Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *International journal of computer vision*, 60(2), 91-110.
- Neuhold, G., Ollmann, T., Rota Bulò, S., & Kotschieder, P. (2017). The mapillary vistas dataset for semantic understanding of street scenes. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, 4990-4999.
- Powers, D.M.W. (2011). Evaluation: From Precision, Recall And F-Measure To ROC, Informedness, Markedness & Correlation. *Journal of Machine Learning Technologies*. 2(1), 37-63.
- Schonberger, J. L., & Frahm, J. M. (2016). Structure-from-motion revisited. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 4104-4113.
- Snavely K.N. (2008). *Scene reconstruction and visualization from internet photo collections* (Doktora Tezi). University of Washington, Amerika Birleşik Devletleri..
- Snavely, N., Seitz, S. M., & Szeliski, R. (2008). Modeling the world from internet photo collections. *International journal of computer vision*, 80(2), 189-210.
- Tharwat, A. (2018). Classification assessment methods. *Applied Computing and Informatics*.
- Ullman, S. (1979). The interpretation of structure from motion. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences*, 203(1153), 405-426.
- URL-1: The Economist - European telecoms: In a hole, <https://www.economist.com/business/2013/06/29/in-a-hole>, (Erişim Tarihi: 26 Ağustos 2019).
- URL-2: [blog.mapillary.com](http://blog.mapillary.com), (Erişim Tarihi: 6 Ekim 2019).
- URL-3: <https://www.mapillary.com/project/verification/t9qFVfNh3ltDtIDtDO2fb2mr>, (Erişim Tarihi: 12 Kasım 2019).
- URL-4: <https://www.mapillary.com/project/verification/t9qFVfNh3ltDtIDtDO2fb2mr>, (Erişim Tarihi: 12 Kasım 2019).

## Kamulaştırmaz el atma ve hukuki el atma kavramlarının tüzel gelişiminin incelenmesi

Ahmet Yılmaz<sup>1\*</sup> 

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

**Öz:** Ülkemizde, kamulaştırma tüzeti içerisinde hem idarelerin hem de taşınmaz sahiplerinin en büyük sorunlarından biri, kamulaştırmaz el atma kavramıdır. Bu kavram, 1950'lerden günümüze kadar farklı kanun düzenlemeleri ve yargı kararları ile şekillenen ve gelişen bir tüzel süreç yaşamıştır. Sürecin başlangıcında yalnızca fiili el atmalar, kamulaştırmaz el atma olarak değerlendirilirken; 2010 yılından itibaren hukuki el atmalar da kamulaştırmaz el atma olarak kabul edilmiştir. Bu durum, kamulaştırmaz el atma kavramının kapsamının hukuki el atmalar ile genişlemesine ve sorunun daha da büyümesine sebep olmuştur. Kamulaştırmaz el atmaların ve özellikle de hukuki el atmaların temel sebebi, imar programlarının ve imar planlarının idarelerin planda yer alan hizmet alanlarının edinimini sağlayacak finansmana ve diğer kaynaklara sahip olmaması sebebiyle uzun yıllar gerçekleştirilememesidir. Sorunun çözümüne ilişkin birçok yasal düzenleme yapılmıştır. Bu çalışmada, kamulaştırmaz el atma kavramının tüzel gelişiminin 1956 ile 2020 yılları arasındaki kanun düzenlemeleri ve yargı kararları bakımından incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca ulaşmak üzere kamulaştırmaz el atma ve hukuki el atma kavramlarına ilişkin kanun düzenlemelerinin ve mahkeme kararlarının değerlendirmeleri; etkileri, kapsamı, içerikleri ve sonuçları bakımından bir süreç içerisinde irdelenmiştir. Bu süreçte yapılan düzenlemeler, genellikle mülkiyet hakkına müdahale eden istisnai hükümleri içermektedir. Bu hükümler, yargı kararları ile iptal edilmesine rağmen kanun koyucu, bu kararlara karşı benzer hükümleri içeren yeni kanunlarla direnmiştir. Bu sürecin çözümüne ilişkin son düzenleme ise kamu tarafından edinimi sağlanamayan hizmet alanlarında, malikleri tarafından plandaki fonksiyonuna uygun özel tesis yapılabilmesidir. Çalışmanın sonucu olarak kamulaştırmaz el atma kavramı içerisinde, fiili ve hukuki el atma kavramlarının tüzel gelişimi, son düzenlemenin değerlendirmesi ve bu kavramlara ilişkin güncel hükümler verilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Kamulaştırmaz el atma, Fiili el atma, Hukuki el atma

### Investigating the legal progress of confiscation without expropriation and confiscation without expropriation by plans

**Abstract:** In our country, one of the biggest problems of both administrations and landowners in the expropriation legislation is the concept of confiscation without expropriation. This concept has experienced a legal process that has been shaped and developed through different regulations and judicial decisions from the 1950s until today. At the beginning of the legal process, only de facto expropriations were accepted as confiscation without expropriation, however, since 2010, interventions on property rights caused by urban development plans are also considered as confiscating without expropriation. This situation caused the expansion of the scope of confiscation without expropriation via confiscation without expropriation by plans and also caused an increase in the problem. The main reason of confiscation without expropriation and confiscation without expropriation by plans is the failure of the administrations to realize development programs and urban development plans due to the lack of financing and other resources. Many legal arrangements have been made regarding the solution of the problem. The aim of the study is to examine the legal development of confiscation without expropriation in terms of legal arrangements and judicial decisions between 1956 and 2020. In order to achieve this goal, evaluations of the legal arrangements and judicial decisions regarding the concepts of confiscation without expropriation and confiscation without expropriation by plans are examined as a process, in terms of their impact, scope, content and results. The regulations made in this process often include exceptional provisions that interferes with property right. Although these provisions are annulled by the judicial decisions, the legislator resists against these decisions via making new laws containing similar provisions. The final regulation regarding the solution of this process is that the service areas, which cannot be acquired by the public, can be built by their owners in accordance with the function in the plan. As a result of the study, the legal development of the concepts de facto expropriation and confiscation without expropriation by plans in confiscation without expropriation, the evaluation of the last regulation and the current provisions regarding these concepts are given.

**Keywords:** Confiscation without expropriation, De facto expropriation, Confiscation without expropriation by plans

## 1. Giriş

Anayasa'nın mülkiyet hakkını güvenceye alan 35'inci maddesine göre, herkes mülkiyet hakkına sahip olup bu hak yalnızca kamu yararı amacıyla kanunla sınırlandırılabilir ve kullanılması toplum yararına aykırı olamaz. Mülkiyet hakkı, başkasına zarar vermemek ve kanunların koyduğu sınırlamalara uymak koşuluyla kişinin bir şey üzerinde dilediği biçimde yararlanma, tasarruf etme, başkasına devretme, kullanma, biçimini değiştirme, harcama ve tüketme yetkilerini kapsamaktadır.

Anayasa'nın 35'inci maddesi ile güvence altına alınmış olan mülkiyet hakkı ancak kamu yararının gerektirdiği durumlarda sınırlandırılabilir. Mülkiyet hakkına getirilmiş anayasal sınırlamalardan bir tanesi de Anayasa'nın 46'ncı maddesinde öngörülen kamulaştırma (Çağdaş, 2001).

Kamulaştırma; kamu yararının zorunlu kıldığı durumlarda, gerçek ya da özel hukuk tüzel kişilerinin mülkiyetinde bulunan taşınmazlara, devlet ve kamu tüzel kişilerin el konulması işlemidir. Anayasa'nın 46'ncı maddesi, kamulaştırmanın devlet ve kamu tüzel kişileri tarafından yapılabilmesi, kamu yararına dayanması, kanunlarda gösterilen esas ve usullere uygun olması, bedelinin peşin ve nakden gerçek karşılığa göre ödemesi, istisnai durumlara ait esaslar gibi kamulaştırmaya ilişkin temel kuralları içermektedir. Bu kurallar, kamulaştırmanın anayasal unsurları olup bu unsurlardan birinin bulunmaması, kamulaştırma işlemini Anayasa'ya aykırı hâle getireceği gibi, Anayasa'nın 35'inci maddesi ile korunan mülkiyet hakkına da aykırılık oluşturacaktır.

Kamulaştırma işlemlerinde kamu, mülkiyet hakkına müdahalede bulunduğu maliklerin temel hak ve özgürlüklerinin sınırlandırılmasına ilişkin genel ilkeleri düzenleyen Anayasa'nın 13'üncü maddesini de göz önünde bulundurmak zorundadır. Bu sebeple kamulaştırma ile mülkiyet hakkına yönelik yapılan müdahalelerin Anayasa'ya uygun olabilmesi için kamulaştırma ile yapılan müdahalenin kanuna dayanması, kamu yararı amacı taşıması ve ayrıca ölçülülük ilkesine göre yapılması gerekmektedir. Ancak idareler, ihtiyaç duyduğu taşınmazların mülkiyetini elde etmek için her zaman Anayasa'da ve ilgili kanunlarda belirtilen esaslara uygun olarak hareket etmemekte, bazı durumlarda bilerek ya da bilmeyerek, hiçbir yasa kuralına dayanmadan da kişilerin mülkiyet hakkına el atabilmektedir (Kaplan, 2012). İdarelerin sahip olduğu yetkiler ile kamulaştırmayı düzenleyen hükümler düşünüldüğünde idarelerin bu haklarla yetinmesi ve kamulaştırmamız el atma kavramının tüzemizde hiç oluşmaması gerekmektedir. Bu kapsamda kamulaştırmamız el atma kavramı, hukuk sistemimizde yer almamasına rağmen idarelerin hukuka aykırı eylemlerine karşı açılan davaların bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır.

Kamulaştırmamız el atma, idarelerin kanun hükümlerine dayanan bir kamulaştırma kararı olmadan özel mülkiyette bulunan taşınmazlara el atmasıdır (Kaplan, 2012; Karaca, 2018; Yalçınduran, 2017). Kamulaştırmamız el atma kavramı, fiili ve hukuki olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Fiili el atmalar, idarelerin kamulaştırma yapmadan taşınmazlara fiilen müdahalesi ile ortaya çıkmakta; hukuki el atma ise fiili bir müdahale olmaksızın idarelerin eylemleri ya da eylemsizlikleri sonucunda uzun yıllar mülkiyet hakkının kısıtlanması ile ortaya çıkmaktadır. Kamu yararına dayanan sınırlandırmaların da en yaygın biçimi, imar planlarıdır. İdareler, imar planları ile kamunun gereksinim duyduğu hizmet alanları ve kamusal tesisler gibi alanlara ayrılan taşınmazların mülkiyet hakkını kısıtlamaktadır. Ancak bu durum, hukuki el atmanın oluşması için tek başına yeterli değildir çünkü mülkiyet hakkının kamu yararı olması durumunda sınırlandırılması mümkündür. Hukuki el atma, kamu tarafından yapılması gereken eylemlerin kanunlarda öngörülen süreler içinde gerçekleştirilememesinin bir sonucu olarak mülkiyet hakkındaki kısıtlılık durumunun uzun yıllar netleştirilememesi ile oluşmaktadır. Mülkiyet hakkından yoksun bırakma biçimindeki bu kısıtlamalar, hedeflenen kamu yararı ile malikin bireysel yararı arasında gözetilmesi gereken adil dengeyi bozmaktadır. Bu kapsamda, kamulaştırmamız el atmaların ve özellikle de hukuki el atmaların oluşmasının temel nedeni, imar planlarının uzun yıllar gerçekleştirilememesidir.

Ülkemizde 1950 sonrası artan kentsel nüfus, arsa talebini arttırarak imar planlarının gerçekleştirilmesini gerektirse de bu gereksinim, finansal yetersizlikler sebebiyle sağlanamamıştır. 1950 yılında toplam nüfusun sadece %25'i kentsel alanlarda yaşarken bu oran, 1980 yılında %44'e, 2010 yılında %76'ya (Demir & Çabuk, 2010) ve son olarak adrese dayalı nüfus kayıt sisteminin 2019 yılı verilerine (URL-1) göre %93'e yükselmiştir. Kentsel nüfusun hızla artması kentlerin genişlemesine sebep olmaktadır. Bu durum da altyapı, ulaşım, konut, sanayi alanı gibi donatı ve yerleşim alanlarına olan ihtiyacı arttırarak imar planlarının uygulanmasını gerektirmektedir. Ülkemizde, kentleşme ile imar planlarının gerçekleştirilmesi arasındaki ilişki, 3194 sayılı İmar Kanunu'nun 7'nci maddesinde, nüfusu 10 000'i aşan yerleşmelerde imar planlarının yapılması gerektiği şeklinde ifade edilmiştir. İmar planlarının yürürlüğe girmesiyle en geç üç ay içinde, uygulayıcı idareler tarafından bu planı tatbik etmek üzere beş yıllık imar programlarının hazırlanması gerekmektedir (3194/10). Planların gerçekleştirilmesini bütçe ve zaman açısından ortaya koyan imar programları, kentleşmenin zamanlamasını, düzenlemede kullanılacak yöntemi ve buna bağlı olarak da uygulama imar planlarında umumi hizmetlere ve resmî kurumlara ayrılan alanların kamu tarafından ne zaman ve nasıl edinileceğini belirtmesi bakımından önemlidir. Malikler, imar programında yer alan taşınmazlarının gelecekteki durumları (imar hakkı verilmesi, kamu tarafından edinimi) hakkında bilgi sahibi olacaktır. Böylelikle de katlanmaları gereken süre hakkında net bilgiye sahip olabileceklerdir. Ancak imar programlarının ve imar planlarının gerçekleştirilmemesi durumunda, taşınmazları üzerinde kısıtlılık bulunan maliklerin katlanmaları gereken sürenin belirsiz olması ve mülkiyetin getirdiği haklardan yararlanamaması ya da yararlanmasının zorlaşması, maliklere aşırı bir külfet yüklenmesine sebep olmaktadır. Malikler açısından bu kadar önem arz eden ve hazırlanması yasal bir zorunluluk olan imar programlarını hazırlamayan ya da var olan programlara uymayan belediyeler hakkında yasada tanımlanmış herhangi bir yaptırım bulunmamaktadır. Ülkemizde 2011 (URL-2), 2014 (URL-3) ve 2016 yılı verilerine (URL-4) göre, belediyelerin yalnızca yarısında imar programı bulunmaktadır. Ayrıca farklı yıllarda yapılan sorgulamaya göre belediyelerin imar programı yapma eğilimleri değişmemektedir.

İmar programlarındaki aksamanın sebebi, belediyelerin etaplar halinde de olsa 5 yıl içerisinde imar planının tamamını gerçekleştirecek finansmana ve diğer kaynaklara sahip olmamasıdır. Benzer şekilde ilgili diğer idareler de planda edinimi kendi sorumluluğunda olan hizmet alanlarını kamulaştıracak kaynaklara sahip değildir. Ülkemizde planların gerçekleştirilmesinde kullanılabilecek yöntemlerin tamamı, belirli bir finansman ve emek gerektirmektedir. İdarelerin bu amaçla kullanabilecekleri üç temel yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler: kamulaştırma yoluyla yapılan uygulamalar, maliklerin isteği üzerine parsel bazında yapılan uygulamalar ile arsa ve arazi düzenlemesidir. Kamulaştırma yoluyla yapılan uygulamalar; yüksek uygulama ön maliyeti, mülkiyetin devamlılığının sağlanamaması ve eşitlik bakımından sorunlar barındırmaktadır. İsteğe bağlı uygulamalar ise bütüncül olmaktan daha çok parsel bazında gerçekleşmekte ve yoğun kentsel alan gereksinimini karşılamada yetersiz kalmaktadır. Bu sebeplerle düzenlemede gerçekleşen değer artışı karşılığında, umumi hizmet alanlarının uygulamaya katılan maliklerden toprak kesintisiyle edinimini esas alan arsa ve arazi düzenlemesi yöntemi, arazi yönetimi açısından en verimli yöntemdir.

3194 sayılı İmar Kanunu'nun 18'inci maddesine dayanan arsa ve arazi düzenlemesi, 2020 yılında yapılan değişikliğe kadar, düzenleme bölgesinin %40'ına kadar olan genel hizmet alanlarının, maliklerden bedelsiz toprak kesintisi ile edinimini; %40'ı aşan durumlarda ise aşan kısmın kamulaştırılmasını ve kamusal hizmet alanlarının maliklere eşit oranlı dağıtılarak kamulaştırılmasını içermektedir. Yöntem ile tüm genel hizmet alanları bedelsiz edinilirken kamusal hizmet alanlarının edinimi ise uzun yıllara yayılmaktaydı. Yöntemde 04.07.2019 tarihli ve 7181 sayılı Kanun'un 9'uncu maddesiyle yapılan değişiklikle maksimum Düzenleme Ortaklık Pay Oranı (DOPO) %45'e çıkarılmıştır. Ayrıca ayırım olmaksızın tüm hizmet alanlarının 22.02.2020 tarihinde yayımlanan Arazi ve Arsa Düzenlemeleri Hakkında Yönetmelik ile belirlenen sıralamaya bağlı olarak edinilmesi ve %45 oranının üzerindeki alanların 5 yıl içerisinde kamulaştırılmak üzere maliklere tahsis edilmesi düzenlenmiştir. Yöntem, her ne kadar donatı alanlarının Kanun'da belirtilen oran kadarının bedelsiz toprak kesintisi ile



edinimini öngörmesi gibi diğer yöntemlere göre önemli bir avantaja sahip olsa da 2014 (URL-3) ve 2016 (URL-4) yılı verilerine göre idareler tarafından tercih edilmemektedir (Tablo 1).

**Tablo 1:** Belediyenin 2014 ve 2016 yıllarında imar uygulamaları kapsamında kullandıkları yöntemlerin dağılımı

Uygulama Tercihii Anket Yılı	Kamulaştırma		Arsa ve Arazi Düzenlemesi		İsteğe Bağlı Uygulama	
	2014 Yılı	2016 Yılı	2014 Yılı	2016 Yılı	2014 Yılı	2016 Yılı
<b>Büyükşehir İlçe Belediyeleri</b>	%26	%28	%34	%34	%40	%38
<b>İl Belediyeleri</b>	%28	%32	%36	%33	%36	%35
<b>İlçe Belediyeleri</b>	%24	%26	%32	%30	%44	%43
<b>Belde Belediyeleri</b>	%24	%22	%31	%28	%45	%50

*Tablo, URL-3 ve URL-4'te yer alan veriler kullanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur.*

Tablo 1 incelendiğinde, 2014 ve 2016 yıllarında farklı düzeydeki belediyelerin ancak üçte birinin imar uygulaması kapsamında arsa ve arazi düzenlemesi yöntemini kullandıkları ve ağırlıklı olarak malik ya da temsilcileriyle yapılan pazarlıklara dayanan isteğe bağlı uygulamaları kullandıkları görülmektedir (Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, 2009). Ayrıca teknik personel ve bütçe olanakları daha kısıtlı olan (URL-4) ilçe ve belde belediyelerinin neredeyse yarısında temel imar uygulama yöntemi, isteğe bağlı uygulamalardır. Buna ek olarak yıllar içerisinde idarelerin kamulaştırma yöntemini kullanma oranları artmakta iken arsa ve arazi düzenlemelerinin kullanımı azalmaktadır.

Bu verilerin işaret ettiği durumun temel sebebi, idarelerin bütüncül bir uygulamanın masraflarını karşılamaktan kaçınmalarıdır. İdareler, bu kapsamda isteğe bağlı uygulama yaparak hizmet alanlarını, maliklere verilecek imar haklarının karşılığında bedelsiz, ancak uzun sürede edinmeyi tercih etmektedir. Bir hizmet alanının özel bir önem arz etmesi ya da hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi gereken durumlarda ise diğer bir araç olarak kamulaştırma ile kısa bir sürede bu alanlar sağlanabilmektedir. Ancak idareler tarafından benimsenen bu kentleşme yaklaşımı, malikler bakımından sakıncalıdır. Bu yaklaşımla bazı malikler, bir imar parseline denk gelerek imar hakkına sahip olabilmektedir. Ancak bazı malikler, herhangi bir imar parseli oluşturamayacak şekilde tamamıyla ya da kısmen umumi hizmet alanlarında kalabilmektedir. Bu taşınmazlar için isteğe bağlı uygulama avantajlı olmayacağından malikler, genellikle kamulaştırma ya da arsa ve arazi düzenlemesini beklemek zorunda bırakılmaktadır. Bu sebeple ülkemizde imar planlarının uygulanması ve maliklerin taşınmazları üzerinde kısıtlılık oluşturan umumi hizmet alanlarının edinimi, idarelerin maddi olanaksızlıkları sebebiyle geniş zamana yayılmaktadır. Bu durum da maliklerin taşınmazları üzerinde belirsiz bir kısıtlılık oluşturmaktadır. Türkiye genelinde 416 belediyenin, 1932 ile 1990 yılları arasında yapılan imar planlarıyla; geri kalan 1526 belediyenin ise 1990 yılı ve sonrası yapılan imar planlarıyla 2011 yılında uygulama yaptıkları görülmektedir (URL-2). Yalnız bu veriye bağlı olarak bile imar planlarıyla taşınmazları üzerindeki tasarrufu kısıtlanan maliklerin imar planlarının uzun yıllar boyunca gerçekleştiril(e)memesi sebebiyle taşınmazları üzerindeki belirsiz kısıtlılık durumunun kaldırılmasını bekledikleri açıktır. Mülkiyet hakkından yoksun bırakma biçimindeki bu kısıtlamalar, hedeflenen kamu yararı ile malikin bireysel yararı arasında gözetilmesi gereken adil dengeyi bozmaktadır. İmar planı ile kamu hizmetine ayrılmış ya da tasarruf hakkı kısıtlanmış taşınmazların uzun süre kamulaştırılmaması veya imar hakkı tanımlanmaması sebebiyle “kamulaştırmasız el atma” durumu oluşmaktadır. İçtihatla sıklıkla, bir taşınmaza eylemli olarak el atıp tamamen veya kısmen kullanılmasına engel olunması ile imar uygulaması sonucu taşınmazı hukuken kullanmaya engel sınırlamalar getirilmesi arasında, sonucu itibarıyla bir fark bulunmadığı ve mülkiyet hakkının sınırlandırılması sonucunu doğurduğu belirtilmektedir. İdarelerin, imar planının yürürlüğe girmesi ile planın gerçekleştirilmesi için imar programını hazırlamakla yükümlü olmalarına rağmen; pasif ve suskun kalarak, imar programına almayarak planları fiilen hayata geçirmemesi, kamulaştırma ya da takas ile çözüm üretmemesi yargı tarafından kamulaştırmasız el atmanın varlığı için yeterli görülmektedir.

Kamulaştırmasız el atma sorununun temel sebebi, imar programlarının ve imar planlarının, idarelerin planda yer alan hizmet

alanlarının edinimini sağlayacak finansmana ve diğer kaynaklara sahip olmaması sebebiyle uzun yıllar gerçekleştirilememesidir. Ancak bu durum, kanun koyucu tarafından sorunun çözümüne ilişkin çıkarılan kanunların çoğunda göz ardı edilerek sorunun çözümü yerine çözümün ertelenmesi benimsenmiştir. Süreç içinde kanun koyucunun mülkiyet hakkını kısıtlayıcı benzer yaklaşımları, sıklıkla yüksek mahkeme kararlarına konu olmuş, bazı hükümler iptal edilirken bazı hükümler günümüze kadar yürürlükte kalmıştır. Bu durum, kamulaştırmaz el atma kavramını düzenleyen hükümlerin bir karmaşa haline gelmesine ve farklı dönemlerde el atmanın niteliğine ve tarihine göre farklılaşmasına sebep olmuştur. Kamulaştırmaz el atma kavramının tüzel gelişimini oluşturan bu süreç, maliklerin mülkiyet haklarını ve idareleri doğrudan etkilemiştir. Bu makalede, kamulaştırmaz el atma kavramının tüzel gelişimini oluşturan kanun düzenlemelerinin ve yargı kararlarının bir süreç içerisinde tanımlanarak incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaca ulaşmak üzere izleyen bölümde, 1956 ile 2020 yılları arasında kamulaştırmaz el atma kavramının tüzel gelişimini oluşturan kanun düzenlemeleri ve yargı kararları, süreç içinde farklı hükümlerin geçerli olduğu dönemlere ayrılmıştır. Her bir dönem; geçerli olan hükümler, kanun koyucunun kamulaştırmaz el atma sorununa olan yaklaşımı, yüksek yargı makamlarının duruşu, maliklerin mülkiyet hakkına ve idarelere olan etkileri ve elde edilen sonuçlar bakımından irdelenmiştir. Makalenin son bölümünde kamulaştırmaz el atma kavramının tüzel gelişimi özetlenmiş, el atmanın niteliğine bağlı olarak geçerli olan güncel hükümler ile bu hükümlere dair değerlendirmeler verilmiştir.

## 2. Kamulaştırmaz El Atma Kavramının Tüzel Gelişimi

Kamulaştırmaz el atma kavramı, 1950'lerden günümüze kadar farklı kanun düzenlemeleri ve yargı kararları ile şekillenmiş ancak yaşanan sorunlar halen tamamıyla çözümlenememiştir. Sürecin başlangıcında yalnızca fiili el atmalar, kamulaştırmaz el atma olarak değerlendirilirken; 2010 yılından itibaren hukuki el atmalar da kamulaştırmaz el atma olarak kabul edilmiştir. Kanun koyucu tarafından kamulaştırmaz el atma ve hukuki el atma sorunlarına dair birçok yasal düzenleme yapılmıştır. Bu düzenlemeler, genellikle kamulaştırmaz el atılan taşınmazların kapsamının daraltılması, kamulaştırılmış sayılması, dava hakkının kısıtlanması ya da ötelenmesi gibi mülkiyet hakkının ölçsüz biçimde sınırlandırılmasına ve hakkın özüne dokunarak kullanılamaz hâle gelmesine yol açacak niteliktedir. Süreç içerisinde bu nitelikteki düzenlemeler, yargı kararları ile iptal edilmesine rağmen kanun koyucu iptal kararlarına karşı benzer hükümleri içeren yeni kanunlar çıkararak direnmiştir. Bu durum, kamulaştırmaz el atma kavramını düzenleyen hükümlerin, süreç içinde bir karmaşa haline gelmesine ve farklı dönemlerde el atmanın niteliğine ve tarihine göre farklılaşmasına sebep olmuştur.

Çalışmanın bu bölümünde, 1956 ile 2020 yılları arasında kamulaştırmaz el atma kavramının tüzel gelişimi, süreç içinde farklı hükümlerin geçerli olduğu sekiz döneme ayrılmıştır. Her bir dönem; geçerli olan hükümler, kanun koyucunun kamulaştırmaz el atma sorununa olan yaklaşımı, yüksek yargı makamlarının duruşu, maliklerin mülkiyet hakkına ve idarelere olan etkileri ve elde edilen sonuçlar bakımından irdelenmiştir. Bu bağlamda kamulaştırmaz el atma kavramının ilk kez kabul edildiği ve tüzel gelişiminin başlangıcını oluşturan dönem, aşağıda verilmiştir.

### 2.1 Sürecin Başlangıç Dönemi: Kamulaştırmaz El Atma Kavramının Kabulü

Kamulaştırmaz el atma kavramı, ilk kez Yargıtay İçtihadı Birleştirme Büyük Genel Kurulu'nun (YİBBGK) 16.05.1956 tarih ve E: 1956/1, K: 1956/6-7 sayılı İçtihadı Birleştirme Kararında (URL-5) ele alınarak esasa bağlanmıştır. Bu kararda taşınmazına kamulaştırmaz el konulan kimsenin, ilgili kamu tüzel kişisi aleyhine herhangi bir hak düşürücü süre olmaksızın el atmanın önlenmesi davası açabileceği gibi, dava tarihindeki bedelini ve tazminat verilmesini de isteyebileceği belirtilmiştir. Böylelikle kamulaştırmaz el atma kavramı ilk kez düzenlenmiştir. Bu karar sonrasında, 09.10.1956 tarihinde 6830 sayılı İstimlak Kanunu yürürlüğe girerek idarelerin kamulaştırma işlemlerindeki kuralları belirlenmiş ancak kamulaştırmaz el atılan taşınmazlara ilişkin herhangi bir hükme yer verilmemiştir.

Kanun koyucu tarafından, kamulaştırmasız el atılan taşınmazlara ilişkin bir istisna olarak belirli bir süre içinde kamulaştırması yapılmayan taşınmazların, kamu adına tescilini içeren 12.01.1961 tarihli ve 221 sayılı Amme Hükmi Şahıslar veya Müesseseleri Tarafından Fiilen Amme Hizmetlerine Tahsis Edilmiş Gayrimenkuller Hakkındaki Kanun düzenlenmiştir. Bu kanun ile 6830 sayılı İstimlak Kanunu'nun yürürlüğe girdiği 09.10.1956 tarihine kadar geçen sürede kamulaştırma amacına yönelik olarak el atılan taşınmazlar, tahsis olarak nitelendirilerek kamulaştırılmış sayılmıştır. Bu taşınmazlar hakkında el atmanın önlenmesi ile tazminat davası açılmayacağı düzenlenmiştir. Düzenlemede maliklere tanınan bedel dava hakkı ise Kanun'un yürürlüğe girdiği tarihten itibaren 2 yıllık hak düşürücü süreye tabi tutulmuştur. Kanun'un yürürlüğe girmesinden önce açılan ve devam eden davalarda ise bu hükümler geçerli kılınarak tüm davaların yalnızca bedel davası olarak sonuçlandırılması hükme bağlanmıştır. Ancak Kanun'da yer alan tazminat davası açılmayacağı hükmü, Anayasa Mahkemesi'nin 17.01.2008 tarihli ve E: 2004/25, K: 2008/42 sayılı kararı (URL-6) ile iptal edilmiştir. Bu kararla, 221 sayılı Kanun'un öngördüğü tarihten önce kamulaştırılmış sayılan taşınmazlara ilişkin tazminat davası açılabilmesinin de önü açılmıştır.

Böylelikle, kamulaştırmasız el atma davalarının başlangıcını 6830 sayılı İstimlak Kanunu'nun yürürlüğe girdiği 09.10.1956 tarihi oluşturmaktadır. Bu tarihten önceki el atmalar ise 221 sayılı Kanun hükümlerince kamulaştırılmış sayılmaktadır. 221 sayılı Kanun, her ne kadar bir istisna olarak düzenlenmiş olsa da 08.11.1983 tarihinde yürürlüğe giren 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu'nun geçici 4'üncü maddesinde de yer alarak kapsamına giren tazminat davalarıyla beraber yürürlüğü devam etmektedir.

Bu dönemde kamulaştırmasız el atma kavramına ilişkin farklı hükümlerin geçerli olduğu zaman aralıkları ile bu zaman aralıklarında el atmanın niteliğine ve tarihine bağlı olarak maliklere tanınan dava hakları ve ilgili koşullar Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2: Kamulaştırmasız el atmaya ilişkin 16.05.1956 - 08.11.1983 tarihleri arasında geçerli hükümler**

<b>Kamulaştırmasız El Atmaya İlişkin Farklı Hükümlerin Geçerli Olduğu Dönemler</b>					
<b>Zaman Aralığı:</b>		<b>16.05.1956<sup>(1)</sup> – 12.01.1961<sup>(2)</sup> Arası</b>		<b>12.01.1961 – 08.11.1983<sup>(3)</sup> Arası</b>	
<b>El Atma Tarihi:</b>		<b>Tüm El Atmalar</b>		<b>09.10.1956<sup>(4)</sup> Öncesi</b>	<b>09.10.1956 Sonrası</b>
<b>Fiili El Atma</b>	<b>Tazminat Davası</b>	Açılabilir		Açılamaz <sup>(5)</sup> Mevcut davalar bedel olarak sonuçlandırılır.	Açılabilir
	<b>El Atmanın Önlenmesi</b>	Açılabilir		Açılamaz	Açılabilir
	<b>Bedel Davası</b>	Açılabilir Dava tar. nitelikleri		Açılabilir Hak düş. süre: 2 yıl El atma tar. nitelikleri	Açılabilir Dava tar. nitelikleri
<b>Hukuki El Atma</b>	<b>Tazminat / Bedel Davası</b>			Açılamaz	

<sup>(1)</sup> YİBBGK'nin E: 1956/1 ve K: 1956/6-7 sayılı İçtihadı Birleştirme Kararının tarihi.

<sup>(2)</sup> 221 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği tarih.

<sup>(3)</sup> 2942 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği tarih.

<sup>(4)</sup> 6830 sayılı Kanunu'nun yürürlüğe girdiği tarih.

<sup>(5)</sup> Anayasa Mahkemesi'nin 17.01.2008 tarihli ve E: 2004/25, K: 2008/42 sayılı kararıyla "açılabilir" olmuştur.

Tablo 2'de özetlenen bu dönem içerisinde yalnızca fiili el atmalar, kamulaştırmasız el atma olarak kabul edilerek maliklere tanınan hakları düzenleyen, farklı hükümlerin geçerli olduğu iki zaman aralığı öne çıkmıştır. Bunlardan ilki, YİBBGK'nin E: 1956/1 ve K: 1956/6-7 sayılı kararının yürürlüğe girdiği 16.05.1956 tarihi ile başlayıp, 221 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği 12.01.1961 tarihi ile sonlanmıştır. Bu zaman aralığında, kamulaştırmasız el atma kavramının tüzeye girmesini sağlayan YİBBGK kararı, maliklere fiili el atma kapsamında kabul edilebilir bir çözüm sağlamıştır. Bu karara göre hak düşürücü süre olmaksızın maliklere tazminat, eciri misil, el atmanın önlenmesi ve bedel davası açma hakkı tanınmış; açılacak

davalarda ise taşınmazların dava tarihindeki değerinin esas alınması kabul edilmiştir. Ancak bu çözüm ile maliklere tanınan haklar, kanun koyucu tarafından benimsenmemiştir. Bu dönemde çıkarılan 221 sayılı Kanun ile farklı hükümlerin geçerli olduğu ikinci zaman aralığı oluşmuştur. Bu zaman aralığı içerisinde el atma tarihine bağlı olan farklı hükümler getirilmiştir. Bu bağlamda, 09.10.1956 tarihinden önce fiilen el atılan taşınmazlar, kamulaştırmaz el atma yerine tahsis olarak kabul edilerek maliklerin karşılığı olmaksızın taşınmazlarını kaybetmesi düzenlenmiştir. Taşınmazlarına 09.10.1956 tarihinden sonra fiilen el atılan maliklerin ise tazminat, ecri misil ve el atmanın önlenmesi davası açmaları engellenerek yalnızca bedel davası açabilmeleri ve devam eden davaların bedel olarak sonuçlandırılması kararlaştırılmıştır. Açılacak bedel davalarında, 2 yıllık hak düşürücü süre ve taşınmazların el atma tarihindeki niteliklerinin esas alınması düzenlenmiştir. Değerin hesabında taşınmazın hangi tarihteki niteliklerinin esas alınacağı, maliklerin taşınmazlarının karşılığını almasında belirleyicidir. Bu bağlamda YİBBGK kararı, taşınmazın dava tarihinde el değiştirdiğini kabul ederek dava tarihindeki niteliklerinin esas alınmasını öngörmekteyken; kanun koyucu, el atma tarihindeki niteliklerin esas alınması ile değerın görece düşük hesaplanmasını benimsemiştir. El atma tarihi ile dava tarihi arasındaki sürenin uzun olması, iki farklı yaklaşıma bağlı olarak belirlenen değerın birbirinden farklı olmasına ve maliklerin beklentilerinin karşılanamamasına sebep olacaktır.

Bu zaman aralığı içerisinde geçerli hükümler, kamulaştırmaz el atma sorununun çözümü yerine maliklerin dava haklarının kısıtlanması, hak düşürücü süre ile el atılan taşınmazların bedelsiz ediniminin sağlanması ve bunun mümkün olmaması durumunda ise ödenecek bedellerin düşürülmesi amacını taşımaktadır. 221 sayılı Kanun'un yürürlüğe girmesi ile fiili el atmaya ilişkin geçerli olan bu hükümler, 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu'nun yürürlüğe girdiği 08.11.1983 tarihine kadar uygulanmıştır.

## 2.2 2942 Sayılı Kamulaştırma Kanunu Dönemi

Kamulaştırmaz el atma kavramına ilişkin 08.11.1983 tarihli ve 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu'nun en önemli düzenlemesi, 38'inci maddesiyle kamulaştırmaz el atma davalarının açılabilmesini, taşınmaza el atma tarihinden başlamak üzere yirmi yıl olarak sınırlayan hak düşürücü süre tanımlamasıdır. Ancak düzenleme ile kamulaştırmaz el atma davalarına getirilen hak düşürücü süre, kamulaştırmaz el atma sebebiyle açılacak bedel davalarında zaman aşımının uygulanmayacağını hüküm altına alan 16.05.1956 tarih ve E: 1956/1, K: 1956/6-7 sayılı Yargıtay İçtihadı Birleştirme Kararı (URL-5) ile çatışmaktadır. Ancak bu hüküm, Anayasa'nın geçici 15'inci maddesinin kısıtlaması sebebiyle dava edilememiştir. Bu durum, Anayasa'nın geçici 15'inci maddesinde 03.10.2001 tarihli ve 4709 sayılı Türkiye Cumhuriyeti Anayasası'nın Bazı Maddelerinin Değiştirilmesi Hakkında Kanun'un 34'üncü maddesiyle yapılan düzenlemeye kadar değişmemiştir. Bu düzenleme sonrası ilgili hüküm yargıya taşınarak Anayasa Mahkemesi'nin 10.04.2003 tarihli, E: 2002/112 ve K: 2003/33 sayılı kararıyla (URL-7) iptal edilmiştir. İptal kararının gerekçesinde, yapılan düzenlemenin Anayasa'da belirtilen kamulaştırma ilkelerine aykırı olduğu ve yirmi yıllık hak düşürücü sürenin, taşınmaz malikinin her türlü dava açma hakkının engellenmesi ve taşınmazın hiçbir karşılık ödenmeden idareye geçmesi bakımından mülkiyet hakkının sınırlandırılmasını aşan ve hakkın özünü zedeleyen bir durum olarak tanımlanmıştır. İptal kararının yürürlüğe girmesinden sonra, 20 yılı aşan kamulaştırmaz el atma davalarında iki farklı yoruma dayanan uygulama farklılığı ortaya çıkmıştır. (URL-5: 5. HD, E: 2004/5533, K: 2004/7414, T: 28.06.2004; 5. HD, E: 2004/3072, K: 2004/4829, T: 20.04.2004; 5. HD, E: 2002/4716, K: 2002/7834, T: 02.04.2002; 5. HD, E: 2004/11053, K: 2005/682, T: 03.02.2005; 5. HD, E: 2005/9543, K: 2005/9747, T: 22.09.2005, 5. HD, E: 2005/1958, K: 2005/2672, T: 15.03.2005, 5. HD, E: 2003/11875, K: 2003/13650, T: 19.11.2003, 5. HD, E: 2003/012198, K: 2003/13680, T: 19.11.2003, 5. HD, E: 2003/12198, K: 2003/13680, T: 19.11.2003; 5. HD, E: 2003/13035, K: 2004/949, T: 12.02.2004; 5. HD, E: 2003/013035, K: 2003/949, T: 12.02.2004). Bu bağlamda, içtihadındaki bazı davalarda, Anayasa Mahkemesi'nin iptal kararının (URL-7) yirmi yıllık hak düşürücü süreyi ortadan kaldırdığı için kamulaştırmaz el koyma sebebiyle her zaman dava açılabilmesi kabul edilmiştir. Ancak bazı davalarda, hak düşürücü sürenin Anayasa Mahkemesi'nin iptal kararının (URL-7) yürürlüğe girdiği tarihe kadar geçerli olduğu ve el atma

tarihinden itibaren yirmi yıl içinde dava açılmamışsa iptal kararının yürürlüğe girdiği tarihten sonra da dava açılmayacağı kabul edilmiştir. Bu iki farklı yoruma dayanan içtihat kararları beraber değerlendirildiğinde, Anayasa Mahkemesi'nin iptal kararının (URL-7) yürürlüğe girişinin (04.11.2003) 20 yıl öncesini ifade eden 04.11.1983 tarihinden sonra kamulaştırmasız el atılan taşınmazlara ilişkin tazminat ve el atmanın önlenmesi davaları açılmasında herhangi bir engel bulunmamaktadır. Ancak içtihat kararlarındaki yorum farklılığı sebebiyle bazı davalarda, 04.11.1983 tarihinden önce kamulaştırmasız el atılan taşınmazlara ilişkin tazminat ve el atmanın önlenmesi davaları açılmayacağı yönünde kararlar alınmıştır.

Bu dönemde kamulaştırmasız el atma kavramına ilişkin farklı hükümlerin geçerli olduğu zaman aralıkları ile bu zaman aralıklarında el atmanın niteliğine ve tarihine bağlı olarak maliklere tanınan dava hakları ve ilgili koşullar Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3: Kamulaştırmasız el atmaya ilişkin 08.11.1983 - 30.06.2010 tarihleri arasında geçerli hükümler**

Kamulaştırmasız El Atmaya İlişkin Farklı Hükümlerin Geçerli Olduğu Dönemler						
Zaman Aralığı:		08.11.1983 <sup>(1)</sup> – 04.11.2003 <sup>(2)</sup> Arası		04.11.2003 – 30.06.2010 <sup>(3)</sup> Arası		
El Atma Tarihi:		09.10.1956 <sup>(4)</sup> Öncesi	09.10.1956 Sonrası	09.10.1956 Öncesi	09.10.1956 – 04.11.1983 <sup>(6)</sup> Arası	04.11.1983 Sonrası
Fiili El Atma	Tazminat Davası	Açılamaz <sup>(5)</sup> Mevcut davalar bedel olarak sonuçlandırılır.	Açılabilir Hak düş. süre: 20 yıl	Açılamaz <sup>(5)</sup> Mevcut davalar bedel olarak sonuçlandırılır.	Açılabilir Hak düş. süre: yok <sup>(7)</sup> / 20 yıl <sup>(8)</sup>	Açılabilir
	El Atmanın Önlenmesi	Açılamaz	Açılabilir Hak düş. süre: 20 yıl	Açılamaz	Açılabilir Hak düş. süre: yok <sup>(7)</sup> / 20 yıl <sup>(8)</sup>	Açılabilir
	Bedel Davası	Açılabilir Hak düş. süre: 2 yıl El atma tar. nitelikleri	Açılabilir Hak düş. süre: 20 yıl El atma tar. nitelikleri	Açılabilir Hak düş. süre: 2 yıl El atma tar. nitelikleri	Açılabilir Hak düş. süre: yok <sup>(7)</sup> / 20 yıl <sup>(8)</sup> El atma tar. nitelikleri	Açılabilir Dava tar. nitelikleri
Hukuk El Atma	Tazminat / Bedel Davası	Açılamaz				

<sup>(1)</sup> 2942 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği tarih.

<sup>(2)</sup> Anayasa Mahkemesi'nin 10.04.2003 tarihli, E: 2002/112 ve K: 2003/33 sayılı kararının yürürlüğe girdiği tarih.

<sup>(3)</sup> 5999 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği tarih.

<sup>(4)</sup> 6830 sayılı Kanunu'nun yürürlüğe girdiği tarih.

<sup>(5)</sup> Anayasa Mahkemesi'nin 17.01.2008 tarihli ve E: 2004/25, K: 2008/42 sayılı kararıyla "açılabilir" olmuştur.

<sup>(6)</sup> Anayasa Mahkemesi'nin 10.04.2003 tarihli, E: 2002/112 ve K: 2003/33 sayılı kararının yürürlüğe girdiği tarihten 20 yıl öncesi.

<sup>(7)</sup> Yargıtay 5'inci Hukuk Dairesinin 1.04.2005 tarihli ve E: 2005/1542, K: 2005/3618 sayılı kararı, Yargıtay 5'inci Hukuk Dairesinin 31.03.2005 tarihli ve E: 2005/2069, K: 2005/3616 sayılı kararı, Yargıtay 18'inc Hukuk Dairesinin 10.02.2005 tarihli ve E: 2004/9166, K: 2005/599 sayılı kararı, vd.

<sup>(8)</sup> Yargıtay 5'inci Hukuk Dairesinin 22.09.2005 tarihli ve E: 2005/9543, K: 2005/9747 sayılı kararı, Yargıtay Hukuk Genel Kurulu'nun (YHGK) 25.05.2005 tarihli ve E: 2005/5-288, K: 2005/352 sayılı kararı, Yargıtay 5'inci Hukuk Dairesinin 20.04.2004 tarihli ve E: 2004/3072, K: 2004/4829 sayılı kararı, vd.

Tablo 3'te özetlenen bu dönem içerisinde yalnızca fiili el atmalar, kamulaştırmasız el atma olarak kabul edilmiş ve maliklere tanınan hakları düzenleyen, farklı hükümlerin geçerli olduğu iki zaman aralığı öne çıkmıştır. Bunlardan ilki, 2942 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği 08.11.1983 tarihi ile başlayıp, Anayasa Mahkemesi'nin 10.04.2003 tarihli, E: 2002/112 ve K: 2003/33 sayılı kararının yürürlüğe girdiği 04.11.2003 tarihiyle sonlanmıştır. Bu zaman aralığında, el atma tarihine bağlı olarak 09.10.1956 öncesi fiili el atmalar, 221 sayılı Kanun uyarınca tahsis olarak kabul edilmiştir. Taşınmazlarına 09.10.1956 sonrası el atılan maliklerin ise açacağı tüm davalara 2942 sayılı Kanun uyarınca 20 yıllık hak düşürücü süre getirilmiştir. Kanun koyucu tarafından hak düşürücü sürenin 20 yıl seçilmesinin sebebi, kazandırıcı zamanaşımı süresi olarak ifade edilmiştir. Bu zaman aralığında birçok davanın 20 yıllık sürenin geçmesi gerekçe gösterilerek reddedilmesi, fiilen el atılan taşınmazların bedelsiz olarak idarelerce edinimini sağlayarak maliklerin haklarının ihlaline sebep olmuştur. Buna ek olarak bedel davalarında, taşınmazların el atma tarihindeki niteliklerinin esas alınması ile ödenecek bedellerin düşürülmesi



amaçlanmıştır. Bu hükümler, kamulaştırmamız el atılan taşınmazların karşılığı ödenmeden hak düşürücü süre ile kamu tarafından edinimini içermesi ve dönemin siyasi koşulları sebebiyle düzenlemenin iptali için yaklaşık 20 yıl boyunca dava açılmaması sebebiyle yaşanan problemlerin ve mağduriyetlerin artmasına sebep olmuştur. Bu zaman aralığında maliklerin haklarını aramalarını engelleyen hükümlerin, Anayasa Mahkemesi'nin 10.04.2003 tarihli, E: 2002/112 ve K: 2003/33 sayılı kararı ile iptal edilmesi, farklı hükümlerin geçerli olduğu ikinci zaman aralığının başlangıcını oluşturmuştur. Bu zaman aralığı içerisinde de el atma tarihine bağlı olarak 09.10.1956 öncesi fiili el atmalar, 221 sayılı Kanun uyarınca tahsis olarak kabul edilmiştir. 09.10.1956 tarihinden başlayarak Anayasa Mahkemesi'nin iptal kararının 20 yıl öncesini ifade eden 04.11.1983 tarihine kadar gerçekleşen fiili el atmalarda ise iki farklı yoruma dayanan uygulama farklılığı ortaya çıkmıştır. Bu hukuki boşluk döneminde 20 yıllık hak düşürücü süreye dâhil olan maliklerin hakları, Anayasa Mahkemesi kararına rağmen korunamamış; fiilen el atılan birçok taşınmaz, idareler adına bedelsiz olarak tescil edilerek büyük hak kayıpları oluşmuştur. Buna ek olarak 20 yıllık hak düşürücü süresi dolmamış fiili el atmalarda taşınmazların el atma tarihindeki nitelikleri esas alınarak ödenecek bedellerin düşürülmesi sağlanmıştır. Anayasa Mahkemesi'nin iptal kararı, 04.11.1983 tarihinden sonra taşınmazlarına fiili el atılan maliklerin 16.05.1956 tarihli Yargıtay İçtihadı Birleştirme Kararı uyarınca hak düşürücü süre olmaksızın tazminat, ecri misil, el atmanın önlenmesi ve bedel davası açabilmesini mümkün hale getirmiş ve açılan dava sayısını arttırmıştır. Ayrıca bedel davalarında taşınmazların dava tarihindeki niteliklerinin esas alınması ile bir önceki zaman aralığına göre daha yüksek bedellere hükmedilmesi sağlanmıştır.

2942 sayılı Kanun'un yürürlüğe girmesiyle başlayan bu dönemde fiili el atmaya ilişkin farklı zaman aralığında geçerli olan hükümler, 5999 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği 30.06.2010 tarihine kadar uygulanmıştır.

### 2.3 5999 Sayılı Kamulaştırma Kanunu'nda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun Dönemi

Anayasa Mahkemesi'nin iptal kararı (URL-7) ile ortaya çıkan karışıklığın ve uygulamadaki farklılığın önlenmesi amacıyla 30.06.2010 tarihli ve 5999 sayılı Kamulaştırma Kanunu'nda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun ile 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu'na geçici 6'ncı madde eklenmiştir. Eklenen bu madde, sabit bir zaman aralığını kapsayan istisnai düzenlemeleri içermektedir. Bu zaman aralığının başlangıcı olarak 6830 sayılı İstimlak Kanunu'nun yürürlüğe girdiği 09.10.1956 tarihi seçilmiştir. Bunun temel sebebi, 6830 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği tarihten önce gerçekleşen kamulaştırmamız el atılan taşınmazlara ilişkin 12.01.1961 tarihli ve 221 sayılı Kanun'un düzenlenmiş olması ve bu Kanun'un 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu'nun geçici 4'üncü maddesinde de yer alarak halen yürürlükte olmasıdır. Eklenen bu maddenin geçerli olduğu zaman aralığının başlangıcı olarak seçilen 09.10.1956 tarihinden önce kamulaştırmamız el atılan taşınmazlar, 221 sayılı Kanun uyarınca kamulaştırılmış sayılacak ve bu taşınmazlar için el atmanın önlenmesi davası açılmayacaktır. 221 sayılı Kanun'da yer alan tazminat davası açılmayacağı hükmü, Anayasa Mahkemesi'nin 17.01.2008 tarihli ve E: 2004/25, K: 2008/42 sayılı kararı (URL-6) ile iptal edildiğinden kamulaştırılmış sayılan taşınmazlara ilişkin tazminat davası açılabilmektedir.

Eklenen bu maddenin geçerli olduğu zaman aralığının bitişi olarak ise 04.11.1983 tarihi seçilmiştir. Bu tarih, kamulaştırmamız el atma davalarının açılabilmesini yirmi yıl olarak sınırlayan 2942 sayılı Kanun'un 38'inci maddesini iptal eden Anayasa Mahkemesi'nin 10.04.2003 tarihli, E: 2002/112 ve K: 2003/33 sayılı kararının (URL-7) yürürlüğe girdiği tarihin 20 yıl öncesini ifade etmektedir. Düzenlemenin bitişi olarak seçilen bu tarihten sonra kamulaştırmamız el atılan taşınmazlara ilişkin tazminat ve el atmanın önlenmesi davaları açılmasında geçici 6'ncı maddenin yürürlüğe girdiği tarih itibari ile herhangi bir engel bulunmamaktadır. Bu sebeplerle 30.06.2010 tarihli ve 5999 sayılı Kamulaştırma Kanunu'nda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun ile 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu'na eklenen geçici 6'ncı maddenin kapsamı, 09.10.1956 ile 04.11.1983 tarihleri arasında kamulaştırmamız el atılan taşınmazlar olmuştur. Bu maddeye göre, bu zaman aralığında kamulaştırmamız el atılan taşınmazlara ilişkin maliklerce el atmanın önlenmesi davası açılmamakla birlikte yalnızca tazminat talebinde

bulunulması hâlinde, öncelikle uzlaşma yoluna gidilmesi ve uzlaşmanın oluşmaması durumunda dava açılabilmesi düzenlenmiştir.

Bu dönemde kamulaştırmasız el atma kavramına ilişkin farklı hükümlerin geçerli olduğu zaman aralıkları ile bu zaman aralıklarında el atmanın niteliğine ve tarihine bağlı olarak maliklere tanınan dava hakları ve ilgili koşullar Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4:** Kamulaştırmasız el atmaya ilişkin 30.06.2010 - 15.12.2010 tarihleri arasında geçerli hükümler

<b>Kamulaştırmasız El Atmaya İlişkin Farklı Hükümlerin Geçerli Olduğu Dönemler</b>				
<b>Zaman Aralığı:</b>		<b>30.06.2010<sup>(1)</sup> – 15.12.2010<sup>(2)</sup> Arası</b>		
<b>El Atma Tarihi:</b>		<b>09.10.1956<sup>(3)</sup> Öncesi</b>	<b>09.10.1956 – 04.11.1983<sup>(4)</sup> Arası</b>	<b>04.11.1983 Sonrası</b>
<b>Fiili El Atma</b>	<b>Tazminat Davası</b>	Açılabilir <sup>(5)</sup>	Açılabilir Ön koşul: Uzlaşma <sup>(6)</sup> Hak düş. süre: 3 ay <sup>(7)</sup>	Açılabilir
	<b>El Atmanın Önlenmesi</b>	Açılamaz	Açılamaz	Açılabilir
	<b>Bedel Davası</b>	Açılabilir Hak düş. süre: 2 yıl El atma tar. nitelikleri	Açılabilir Ön koşul: Uzlaşma <sup>(6)</sup> Hak düş. süre: 3 ay <sup>(7)</sup> El atma tar. nitelikleri	Açılabilir Dava tar. nitelikleri
<b>Hukuki El Atma</b>	<b>Tazminat / Bedel Davası</b>	Açılamaz		

<sup>(1)</sup> 5999 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği tarih.

<sup>(2)</sup> YHGK'nin E: 2010/5-662 ve K: 2010/651 sayılı kararının tarihi.

<sup>(3)</sup> 6830 sayılı Kanunu'nun yürürlüğe girdiği tarih.

<sup>(4)</sup> Anayasa Mahkemesi'nin 10.04.2003 tarihli, E: 2002/112 ve K: 2003/33 sayılı kararının yürürlüğe girdiği tarihten 20 yıl öncesi.

<sup>(5)</sup> Anayasa Mahkemesi'nin 17.01.2008 tarihli ve E: 2004/25, K: 2008/42 sayılı kararıyla "açılamaz" iken "açılabilir" olmuştur.

<sup>(6)</sup> Uzlaşma; nakdi ödeme, idareye ait taşınmazın trampası, idareye ait taşınmaz üzerinde sınırlı aynı hak tanınması veya imar mevzuatı çerçevesinde başka bir yerde imar hakkı kullandırılması seçeneklerini içermektedir.

<sup>(7)</sup> Uzlaşmanın sona erdiği tarihten itibaren.

Tablo 4'te özetlenen bu dönem içerisinde yalnızca fiili el atmalar, kamulaştırmasız el atma olarak kabul edilmiş ve maliklere tanınan hakları düzenleyen hükümlerin geçerli olduğu tek bir zaman aralığı öne çıkmıştır. Bu zaman aralığı, 5999 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği 30.06.2010 tarihiyle başlayıp, YHGK'nin E: 2010/5-662 ve K: 2010/651 sayılı kararının yürürlüğe girdiği 15.12.2010 tarihi ile sonlanmıştır. Bu tarihler arasında, el atma tarihine bağlı olarak 09.10.1956 öncesi fiili el atmalar, 221 sayılı Kanun uyarınca tahsis olarak kabul edilmiştir. Bu tarihten başlayarak 04.11.1983 tarihine kadar gerçekleşen fiili el atmalarda ise 5999 sayılı Kanun ile geçici 6'ncı maddesi uyarınca istisnai hükümler geçerli olmuştur. Bu istisnai hükümler, bir taraftan bir önceki dönemde 20 yıllık hak düşürücü süre sebebi ile davaları reddedilen maliklere çözüm seçeneği sunarken diğer taraftan da maliklerin çözüme ulaşmalarını zorlaştırmıştır. Bu hükümlere göre maliklerin el atmanın önlenmesi davası açması engellenmiş; tazminat, ecri misil ve bedel davası açmaları ise uzlaşma ön koşuluna ve hak düşürücü süreye tabi tutulmuştur. Bu bağlamda, maliklerle nakdi ödeme üzerine uzlaşılması durumunda; bütçeden ayrılacak yüzde iki payın kullanılması, bu payın yeterli olmaması durumunda ödemenin taksitli yapılması, taksitlendirmede süre sınırlamasının olmaması maliklerin uzlaşma ile hızlı bir çözüme ulaşmalarını zorlaştırmıştır. Ayrıca idarelerin mal, hak ve alacaklarının haczedilememesi hükmü getirilerek idarelere koruma sağlanmıştır. Bu koruma ile maliklerin, idarelerce tazminat, bedel ya da nakdi uzlaşma taksiti gibi ödemelerin yapılmasını beklemek dışında bir seçeneği kalmamıştır. Malik ile idare arasında uzlaşma olmaması durumunda ise maliklerin üç ay içerisinde sadece tazminat (bedel) davası açabilmesi düzenlenmiştir. Bu davalarda taşınmazların el atma tarihindeki niteliklerinin esas alınması ile ödenecek bedellerin de düşürülmesi sağlanmıştır. Bu hükümler, kanun koyucunun problemin çözümünden daha çok mahkemelerin iş yükünün azaltılmasını, el atılan taşınmazların hak düşürücü süre ile bedelsiz edinimini, kısıtlanmış hükümlerle ve görece düşük bedellerle edinilen taşınmazların sayısının arttırılmasını amaçladığını göstermektedir. Bu istisnai hükümler, 04.11.1983 tarihine kadar fiilen el

atılan taşınmazlar için geçerli olup, bir önceki dönemde olduğu gibi 04.11.1983 tarihinden sonra el atılan taşınmazlara ilişkin 16.05.1956 tarihli Yargıtay İçtihadı Birleştirme Kararı uyarınca hak düşürücü süre olmaksızın tazminat, eciri misil, el atmanın önlenmesi ve bedel davası açabilmesi yürürlükten kalmıştır.

5999 sayılı Kanun'un yürürlüğe girmesiyle başlayan bu dönemde fiili el atmaya ilişkin hükümler, 6111 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği 25.02.2011 tarihine kadar; hukuki el atmaya ilişkin hükümler ise YHGK'nin E: 2010/5-662, K: 2010/651 sayılı kararının alındığı 15.12.2010 tarihine kadar uygulanmıştır.

#### **2.4 Yargıtay Hukuk Genel Kurulu'nun 15.12.2010 tarihli ve E: 2010/5-662, K: 2010/651 Sayılı Kararı Dönemi**

2010 yılının sonuna kadar hem tüzede ve hem de içtihat kararlarında benimsenen genel kanı, yalnızca fiili el atmaların kamulaştırmaz el atma olarak değerlendirilmesidir. Bu kapsamda birçok yargı kararında, taşınmazın imar planında kullanımını kısıtlayıcı bir fonksiyonda kalması kamulaştırmaz el atma olarak kabul edilmemiştir. Kamulaştırmaz el atmanın varlığı için taşınmaza fiilen el atılarak kullanımının yasaya aykırı şekilde tamamen ortadan kaldırılması ve bu durumun kalıcı olması gerektiği benimsenmiştir (URL-5: Yargıtay 5'inci Hukuk Dairesinin 17.03.2008 tarihli, E: 2008/446, K: 2008/3092 sayılı ve 18.03.1983 tarihli, E: 1983/2515, K: 1983/2637 sayılı kararları, YHGK'nin 29.09.2004 tarihli, E: 2004/5-450, K: 2004/454 sayılı ve 07.11.2007 tarihli, E: 2007/5-805, K: 2007/826 sayılı kararları). Ancak tüzede ve içtihat kararlarında benimsenen kamulaştırmaz el atma kavramının kapsamı, YHGK'nin 15.12.2010 gün ve 2010/5-662 esas, 2010/651 sayılı kararıyla (URL-5) genişletilmiştir. Kararda, fiilen el atılmamış olsa bile imar planı ile kamu hizmetine ayrılmış ya da tasarruf hakkı kısıtlanmış taşınmazların uzun süre kamulaştırılmaması veya imar hakkı tanımlanmamış olması "kamulaştırmaz el atma" olarak değerlendirilmiştir. Kararda, bir taşınmaza eylemli olarak el atıp tamamen veya kısmen kullanılmasına engel olunması ile imar uygulaması sonucu taşınmazı hukuken kullanmaya engel sınırlamalar getirilmesi arasında sonucu itibariyle bir fark bulunmadığı ve mülkiyet hakkının sınırlandırılması sonucunu doğurduğu belirtilmiştir. Kararda ayrıca idarelerin, 3194 sayılı İmar Kanunu'nun 10'uncu maddesinin birinci fıkrası hükmü uyarınca, imar planının yürürlük tarihinden itibaren en geç 3 ay içerisinde planın tatbiki için 5 yıllık imar programını hazırlamakla yükümlü oldukları belirtilmiştir. İdarelerin, imar planlarını uzun yıllar imar programına almayarak fiilen hayata geçirmemesiyle yükümlüklerini yerine getirmemeleri ve kamulaştırma ya da takas işlemleri ile çözüm üretmeyerek pasif ve suskun kalmaları kamulaştırmaz el atmanın varlığı için yeterli bulunmuştur. Böylelikle "hukuki el atma" olarak nitelendirilen bu durumlarda, maliklerin kamulaştırmaz el atma sebebiyle tazminat davası açılabilmesi mümkün hale gelmiştir.

Bu dönemde kamulaştırmaz el atma kavramına ilişkin farklı hükümlerin geçerli olduğu zaman aralıkları ile bu zaman aralıklarında el atmanın niteliğine ve tarihine bağlı olarak maliklere tanınan dava hakları ve ilgili koşullar Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5'te özetlenen bu dönem içerisinde fiili el atmalara ilişkin herhangi bir değişiklik olmamış ve 5999 sayılı Kanun'un yürürlüğe girmesiyle geçerli olan hükümler, 6111 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği 25.02.2011 tarihine kadar da yürürlükte kalmıştır. Bu dönemin en önemli unsuru, 3194 sayılı Kanun'un yürürlüğe girmesi ile başlayan hukuki el atma sorununun çözümüne ilişkin hükümlerin oluşmasıdır. 3194 sayılı Kanun öncesinde yürürlükte olan 6785 sayılı Kanun'da, imar planları ile kamu hizmetlerine ayrılan yerler hakkında dört yıllık imar programında olanların süresi içerisinde, olmayanların ise maliklerin idareye başvurmalarından itibaren beş yıl içerisinde kamulaştırılmadığı takdirde inşaat haklarını kullanmalarına geçici olarak izin verilmekteydi. Maliklerin taşınmazlarındaki kısıtlılıkları belirli koşullar altında ortadan kaldıran bu hüküm, 3194 sayılı İmar Kanunu'nda yer almamış ve idarelerin imar planını gerçekleştirmede yükümlü oldukları belirtilmekle yetinilmiştir. Bu yükümlülüklerini yerine getirmeyen idarelere karşı açılan davaların bir sonucu olarak da hukuki el atmalar, 2010 yılında kamulaştırmaz el atma olarak kabul edilmiştir. Bu karar, maliklerin kamulaştırmaz el atma sebebiyle

tazminat/bedel davası açılabilmesini mümkün kılarak mağduriyetlerin giderilmesini sağlamıştır.

**Tablo 5: Kamulaştırmasız el atmaya ilişkin 15.12.2010 - 25.02.2011 tarihleri arasında geçerli hükümler**

<b>Kamulaştırmasız El Atmaya İlişkin Farklı Hükümlerin Geçerli Olduğu Dönemler</b>			
<b>Zaman Aralığı:</b>		<b>15.12.2010<sup>(1)</sup> – 25.02.2011<sup>(2)</sup> Arası</b>	
<b>El Atma Tarihi:</b>	<b>09.10.1956<sup>(3)</sup> Öncesi</b>	<b>09.10.1956 – 04.11.1983<sup>(4)</sup> Arası</b>	<b>04.11.1983 Sonrası</b>
<b>Tazminat Davası</b>	Açılabilir	Açılabilir Ön koşul: Uzlaşma <sup>(5)</sup> Hak düş. süre: 3 ay <sup>(6)</sup>	Açılabilir
<b>Fiili El Atma</b>	<b>El Atmanın Önlenmesi</b>	Açılamaz	Açılabilir
<b>Bedel Davası</b>	Açılabilir Hak düş. süre: 2 yıl El atma tar. nitelikleri	Açılabilir Ön koşul: Uzlaşma <sup>(5)</sup> Hak düş. süre: 3 ay <sup>(6)</sup> El atma tar. nitelikleri	Açılabilir Dava tar. nitelikleri
<b>Hukuki El Atma</b>	<b>Tazminat / Bedel Davası</b>	Açılabilir	

<sup>(1)</sup> YHGK'nin E: 2010/5-662 ve K: 2010/651 sayılı kararının tarihi.

<sup>(2)</sup> 6111 sayılı Kanunu'nun yürürlüğe girdiği tarih.

<sup>(3)</sup> 6830 sayılı Kanunu'nun yürürlüğe girdiği tarih.

<sup>(4)</sup> Anayasa Mahkemesi'nin 10.04.2003 tarihli, E: 2002/112 ve K: 2003/33 sayılı kararının yürürlüğe girdiği tarihten 20 yıl öncesi.

<sup>(5)</sup> Uzlaşma; nakdi ödeme, idareye ait taşınmazın trampası, idareye ait taşınmaz üzerinde sınırlı aynı hak tanınması veya imar mevzuatı çerçevesinde başka bir yerde imar hakkı kullanılması seçeneklerini içermektedir.

<sup>(6)</sup> Uzlaşmanın sona erdiği tarihten itibaren.

YHGK'nin 15.12.2010 tarihli ve E: 2010/5-662, K: 2010/651 sayılı kararı ile başlayan bu dönemde hukuki el atmaya ilişkin hükümler, 6487 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği 11.06.2013 tarihine kadar; fiili el atmaya ilişkin hükümler ise bu dönemde değişmeyerek 6111 sayılı Kanunu'nun yürürlüğe girdiği 25.02.2011 tarihine kadar uygulanmıştır.

## **2.5 6111 Sayılı Bazı Alacakların Yeniden Yapılandırılması ile Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu ve Diğer Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnemelerde Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun Dönemi**

YHGK'nin hukuki el atmaları da kamulaştırmasız el atma olarak nitelendirilen kararı (URL-5) ile çözüm bulunamayan kamulaştırmasız el atma davaları, hukuki el atmaları da kapsayacak şekilde genişlemiştir. Kamulaştırmasız el atmanın kapsamının hukuki el atmaları da kapsayacak şekilde genişletilmesi karşısında, kanun koyucu tarafından bu taşınmazlara ilişkin istisnai hükümlerin geçerli olması düzenlenmiştir. Bu amaçla 25.02.2011 tarihli 6111 sayılı Bazı Alacakların Yeniden Yapılandırılması ile Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu ve Diğer Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnemelerde Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun'un geçici 2'nci maddesi ile 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu'nun geçici 6'ncı maddesinin, 04.11.1983 tarihinden sonraki kamulaştırmasız el koyma işlemlerini de kapsamı düzenlenmiştir. Böylelikle, 5999 sayılı yasa ile getirilen ve istisnai olarak 09.10.1956 ile 04.11.1983 tarihleri arasındaki kamulaştırmasız el atmaları kapsayan 2942 sayılı Kanun'un geçici 6'ncı maddesinin, on beş yıl süreyle geçerli olmak üzere, 09.10.1956 tarihinden sonraki kamulaştırmasız el atmaları da kapsamı düzenlenmiştir. Maddede ayrıca tazminat davalarında kullanılmak üzere idarelerin yıllık bütçelerinde, sermaye giderleri için öngörülen ödeneklerden yüzde beş pay ayrılması düzenlenmiştir. Bu düzenlemeyle 04.11.1983 tarihinden sonra kamulaştırmasız el atılan taşınmazlara ilişkin el atmanın önlenmesi davası açılabilmesi engellenerek, 09.10.1956 tarihinden 2026 yılına kadar kamulaştırmasız el atılan taşınmazlara ilişkin, öncelikle uzlaşma yoluna gidilmesi ve ancak uzlaşmanın oluşmaması durumunda sadece tazminat davası açılabilmesi düzenlenmiştir. Ancak Anayasa Mahkemesi'nin 01.11.2012 tarihli ve E: 2010/83, K: 2012/169 sayılı kararı (URL-8) ile 6111 sayılı Kanun'un geçici 2'nci maddesi, Anayasa'ya aykırı olması sebebiyle iptal edilmiştir. İptal gerekçesinde, geçmişe yönelik bazı mağduriyetlerin giderilmesi amacıyla çıkarılan ve istisnai nitelik taşıyan hükümlerin geleceğe yönelik olarak uygulanması halinde, kamulaştırma için Anayasa ve Kanun'da öngörülen güvencelerin etkisiz kalabileceği ve 2026 yılına kadar idarelerin kamulaştırma yerine kamulaştırmasız el atma yoluyla müdahalesine yol açacağı belirtilmiştir. Bu karar ile

geçici 6'ncı maddenin kapsamı, tekrar 09.10.1956 ile 04.11.1983 tarihleri arasında kamulaştırmaz el atılan taşınmazlar olmuştur. Kararda (URL-8) ayrıca 5999 sayılı Kanun'un 1'inci maddesiyle 2942 sayılı Kanunu'na eklenen geçici 6'ncı maddenin 6'ncı fıkrasının birinci cümlesinde yer alan "sadece" sözcüğü de Anayasa'ya aykırı bulunarak iptal edilmiştir. Böylelikle 09.10.1956'dan sonra kamulaştırmaz el atılan taşınmazlar için malikler tarafından tazminat davasının yanı sıra el atmanın önlenmesi davasının da açılabilmesi hükme bağlanmıştır. Ancak dava şartı olarak öncelikle idareye başvurularak uzlaşma talebinde bulunulması yürürlükte kalmıştır. Böylelikle 2942 ve 221 sayılı Kanunlara göre kamulaştırmaz el atılan taşınmaza ilişkin tazminat davası açılabilmesinde herhangi bir ön koşul bulunmazken 5999 sayılı Kanun ile getirilen düzenleme ile malik tarafından uzlaşma için başvuru yapılması şartı düzenlenmiştir. Düzenlemenin gerekçesinde, malik ile idare arasında uzlaşma sağlanabilmesi durumunda davaların azalacağı ve böylelikle mahkemelerin iş yükünün azaltılmasının amaçlandığı belirtilmiştir.

Bu dönemde kamulaştırmaz el atma kavramına ilişkin farklı hükümlerin geçerli olduğu zaman aralıkları ile bu zaman aralıklarında el atmanın niteliğine ve tarihine bağlı olarak maliklere tanınan dava hakları ve ilgili koşullar Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo 6:** Kamulaştırmaz el atmaya ilişkin 25.02.2011 - 11.06.2013 tarihleri arasında geçerli hükümler

<b>Kamulaştırmaz El Atmaya İlişkin Farklı Hükümlerin Geçerli Olduğu Dönemler</b>						
<b>Zaman Aralığı:</b>		<b>25.02.2011<sup>(1)</sup> – 30.05.2013<sup>(2)</sup> Arası</b>		<b>30.05.2013 – 11.06.2013<sup>(3)</sup> Arası</b>		
<b>El Atma Tarihi:</b>		<b>09.10.1956<sup>(4)</sup> Öncesi</b>	<b>09.10.1956 – 30.05.2013<sup>(5)</sup> Arası</b>	<b>09.10.1956 Öncesi</b>	<b>09.10.1956 – 04.11.1983<sup>(6)</sup> Arası</b>	<b>04.11.1983 Sonrası</b>
<b>Fiili El Atma</b>	<b>Tazminat Davası</b>	Açılabilir	Açılabilir Ön koşul: Uzlaşma <sup>(7)</sup> Hak düş. süre: 3 ay <sup>(8)</sup>	Açılabilir	Açılabilir Ön koşul: Uzlaşma <sup>(7)</sup> Hak düş. süre: 3 ay <sup>(8)</sup>	Açılabilir
	<b>El Atmanın Önlenmesi</b>	Açılamaz	Açılamaz	Açılamaz	Açılabilir	Açılabilir
	<b>Bedel Davası</b>	Açılabilir Hak düş. süre: 2 yıl El atma tar. nitelikleri	Açılabilir Ön koşul: Uzlaşma <sup>(5)</sup> Hak düş. süre: 3ay <sup>(6)</sup> El atma tar. nitelikleri	Açılabilir Hak düş. süre: 2 yıl El atma tar. nitelikleri	Açılabilir Ön koşul: Uzlaşma <sup>(5)</sup> Hak düş. süre: 3 ay <sup>(6)</sup> El atma tar. nitelikleri	Açılabilir Dava tar. nitelikleri
<b>Hukuki El Atma</b>	<b>Tazminat / Bedel Davası</b>	Açılabilir				

<sup>(1)</sup> 6111 sayılı Kanunu'nun yürürlüğe girdiği tarih.

<sup>(2)</sup> Anayasa Mahkemesi'nin 01.11.2012 tarihli ve E: 2010/83, K: 2012/169 sayılı kararının yürürlüğe girdiği tarih.

<sup>(3)</sup> 6487 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği tarih.

<sup>(4)</sup> 6830 sayılı Kanunu'nun yürürlüğe girdiği tarih.

<sup>(5)</sup> 6111 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği 25.02.2011 tarihinden 15 yıl sonrası.

<sup>(6)</sup> Anayasa Mahkemesi'nin 10.04.2003 tarihli, E: 2002/112 ve K: 2003/33 sayılı kararının yürürlüğe girdiği tarihten 20 yıl öncesi.

<sup>(7)</sup> Uzlaşma; nakdi ödeme, idareye ait taşınmazın trampası, idareye ait taşınmaz üzerinde sınırlı aynı hak tanınması veya imar mevzuatı çerçevesinde başka bir yerde imar hakkı kullanılması seçeneklerini içermektedir.

<sup>(8)</sup> Uzlaşmanın sona erdiği tarihten itibaren.

Tablo 6'da özetlenen bu dönem içerisinde, hukuki el atmalara ilişkin YHGK'nin 15.12.2010 tarihli ve E: 2010/5-662, K: 2010/651 sayılı kararı ile maliklere sağlanan haklarda herhangi bir değişiklik olmazken taşınmazlarına fiilen el atılan maliklerin haklarını kısıtlayan düzenlemeler yapılmıştır. Bu bağlamda, taşınmazlarına fiili el atılan maliklere tanınan hakları düzenleyen, farklı hükümlerin geçerli olduğu iki zaman aralığı öne çıkmıştır. Bunlardan ilki, 6111 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği 25.02.2011 tarihi ile başlayıp Anayasa Mahkemesi'nin 01.11.2012 tarihli ve E: 2010/83, K: 2012/169 sayılı kararının yürürlüğe girdiği 30.05.2013 tarihiyle sonlanmıştır. Bu tarihler arasında el atma tarihine bağlı olarak 09.10.1956 öncesi fiili el atmalar, 221 sayılı Kanun uyarınca tahsis olarak kabul edilmiştir. 09.10.1956 tarihinden başlayarak 6111 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği tarihten 15 yıl sonrasını ifade eden 25.02.2026 tarihine kadar gerçekleşen fiili el atmalarda ise 5999 sayılı Kanun ile getirilen geçici 6'ncı madde hükümlerinin 04.11.1983 tarihinden sonra da -25.02.2026 tarihine kadar- geçerli olması düzenlenmiştir. Böylelikle idarelere kamulaştırmadan daha cazip koşullara sahip bir edinim yolu düzenlenerek fiili el



atmalar teşvik edilmiştir. Bu hükümler, hakları kısıtlanan maliklerin sayısını arttırmış; dava sayılarının uzlaşma ile azaltılmasını ve bunun mümkün olmadığı durumlarda ise davaların istisnai hükümlere göre sonuçlandırılmasını amaçlamıştır. Maliklerin haklarını geleceğe yönelik kısıtlayan bu hükümler, Anayasa Mahkemesi'nin 01.11.2012 tarihli ve E: 2010/83, K: 2012/169 sayılı kararı ile iptal edilmiştir. Böylelikle, iptal kararının yürürlüğe girdiği 30.05.2013 tarihi, farklı hükümlerin geçerli olduğu ikinci zaman aralığının başlangıcını oluşturmuştur. Bu zaman aralığında da 09.10.1956 öncesi fiili el atmalar, 221 sayılı Kanun uyarınca tahsis olarak kabul edilmiştir. Taşınmazlarına 09.10.1956 ile 04.11.1983 arası fiili el atılan maliklerin ise 5999 sayılı Kanun'un geçici 6'ncı maddesi uyarınca el atmanın önlenmesi, tazminat, eciri misil ve bedel davası açmaları uzlaşma ön koşuluna ve hak düşürücü süreye tabi tutulmuştur. Taşınmazlarına 04.11.1983 tarihinden sonra fiili el atılan maliklerin ise 16.05.1956 tarihli Yargıtay İçtihadı Birleştirme Kararı uyarınca hak düşürücü süre olmaksızın tazminat, eciri misil, el atmanın önlenmesi ve bedel davası açabilmesi mümkün olmuştur.

Bu dönem içerisinde YHGK'nin 15.12.2010 tarihli ve E: 2010/5-662, K: 2010/651 sayılı kararı ile taşınmazlarında hukuki el atılan maliklere sağlanan haklarda herhangi bir değişiklik olmazken; fiili el atmaya ilişkin farklı zaman aralıklarında geçerli olan hükümler, 6487 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği 11.06.2013 tarihine kadar uygulanmıştır.

## **2.6 6487 Sayılı Bazı Kanunlar ile 375 Sayılı Kanun Hükümünde Kararnamede Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun Dönemi**

Anayasa Mahkemesi'nin 6111 sayılı Kanun hükümlerini iptal eden kararı ([URL-8](#)), 22.02.2013 tarihli ve 28657 sayılı Resmi Gazete yayımlanarak 30.05.2013 tarihinde yürürlüğe gireceği belirtilmiştir. İptal kararlarının yürürlüğe giriş tarihinden hemen sonra, kanun koyucu tarafından 11.06.2013 tarihli ve 6487 sayılı Bazı Kanunlar ile 375 sayılı Kanun Hükümünde Kararnamede Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun çıkarılmıştır. Kanun'un 21'inci maddesi ile Anayasa Mahkemesi'nin iptal ettiği 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu'nun geçici 6'ncı maddesi yeniden düzenlenmiş ve 22'nci maddesi ile geçici 7'nci madde eklenmiştir.

6487 sayılı Kanun'un 21'inci maddesinin gerekçesinde, Anayasa Mahkemesi tarafından 2942 sayılı Kanun'un 2 farklı maddesinin iptaline ilişkin verilen kararlar öne sürülmüştür. Bunlardan ilki, taşınmaza el atma tarihinden başlamak üzere yirmi yıl hak düşürücü süre öngören 38'inci maddeyi iptal eden ve davalarda farklı uygulamalara sebep olan 10.04.2003 tarihli ve E: 2002/112, K: 2003/33 sayılı karardır ([URL-7](#)). Maddenin gerekçesinde ileri sürülen diğer iptal kararı ise 09.10.1956 ile 04.11.1983 tarihleri arasında kamulaştırmazsız el atılan taşınmaza ilişkin öncelikle uzlaşma yoluna gidilmesi koşuluyla yalnızca tazminat davası açılabilmesi koşullarının, 04.11.1983 tarihinden sonra da uygulanmasını öngören geçici 6'ncı maddeyi iptal eden 01.11.2012 tarihli ve E: 2010/83, K: 2012/169 sayılı karardır ([URL-8](#)). Maddenin gerekçesinde, bu iki iptal kararının sonucu olarak ortaya çıkan sorunların çözümü ve uygulama tarihleri arasındaki farklılığın giderilmesi sunulmuştur. Ancak kanun koyucu tarafından yapılan düzenlemelerin özü incelendiğinde, 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu'nun geçici 6'ncı maddesinin 6487 sayılı Kanun'un 21'inci maddesiyle düzenlenen metni ile 5999 sayılı Kanun'un 1'inci maddesiyle düzenlenen metni arasında birkaç yeni madde düzenlenmesi haricinde büyük farklar bulunmamaktadır. 6487 sayılı Kanun ile geçici 6'ncı maddenin başlığı "*Kamulaştırılmaksızın Kamu Hizmetine Ayrılan Taşınmazların Bedel Tespiti*" olarak değiştirilmiş ve buna bağlı olarak metinde yer alan "*tazminat*" ve "*tazminat davası*" ifadeleri, "*bedel*" ve "*bedel tespiti*" olarak değiştirilmiştir. Değişen maddenin birinci fıkrasında, ilk defa 5999 sayılı Kanun ile el atma davalarının ön koşulu olarak öne sürülen "uzlaşma" kavramı, daha net bir ifade kullanılarak "dava şartı" şeklinde ifade edilmiştir. 5999 sayılı Kanun ile yapılan düzenlemede, malikin müracaatı ile başlaması öngörülen uzlaşma sürecinin 6487 sayılı Kanun ile yapılan düzenlemede, idarenin daveti ile de başlatılabileceği belirtilmiştir. Uzlaşma sürecinde, iki Kanun ile yapılan düzenlemede de; nakdi ödeme, idareye ait taşınmazın trampası, idareye ait taşınmaz üzerinde sınırlı aynı hak tanınması veya imar mevzuatı çerçevesinde başka bir yerde imar hakkı kullanılması gibi seçenekler sunulmuştur. Ancak 5999 sayılı Kanun

ile yapılan düzenlemede, nakdi ödeme ilk seçenek olarak sunulmakta iken; 6487 sayılı Kanun ile yapılan düzenlemede, diğer seçeneklerin mümkün olmaması halinde nakdi ödeme yapılması düzenlenmiştir. Buna ek olarak, değerlendirme işlemlerinde taşınmazın el koyma tarihindeki niteliklerinin esas alınması öngörülmüştür. Bu değişikliğin gerekçesinde sürecin uzamasına bağlı olarak nüfus ya da kamu yatırımları gibi sebeplerle kamulaştırmamız el atılan taşınmazların değerinde meydana gelen artış ya da azalışların, ödenecek tazminat ya da bedelinin hesaplanmasında dikkate alınmamasının amaçlandığı belirtilmiştir. İki kanun metni arasındaki benzerliklerden bir tanesi de açılabilir davalar hakkındadır. Bu kapsamda her ne kadar 5999 sayılı Kanun ile düzenlenen geçici 6'ncı maddede yer alan “*sadece tazminat davası açılabilir*” ifadesindeki “*sadece*” sözcüğü, Anayasa Mahkemesi'nin 01.11.2012 tarihli ve E:2010/83, K:2012/169 sayılı kararı (URL-8) ile iptal edilmiş olsa da 6487 sayılı Kanun ile düzenlenen geçici 6'ncı maddede aynı sonucu doğuracak şekilde “*malik veya idare tarafından bedel tespiti davası açılabilir*” ifadesi ile yer alarak yeniden düzenlenmiştir. Böylelikle Anayasa Mahkemesi'nin iptal kararının (URL-8) uygulama olanağı kalmamış ve maliklerle uzlaşma sağlanamaması durumunda açılacak davaların yalnızca bedel tespitine yönelik olması düzenlenmiştir. Ancak Anayasa Mahkemesi'nin 13.11.2014 tarihli ve E: 2013/95, K: 2014/176 sayılı kararında (URL-9) bu değişiklik isim değişikliği olarak değerlendirilmiş ve tazminat davasının da açılabilirliği belirtilmiştir. Ayrıca iki Kanun ile yapılan düzenlemelerde de dava açılması için 3 aylık süre öngörülmüştür.

6487 sayılı Kanun ile geçici 6'ncı maddede yapılan önemli düzenlemelerden biri de hukuki el atma ile ilgilidir. Daha önce YHGK'nin 15.12.2010 tarihli ve E: 2010/5-662, K: 2010/651 sayılı kararıyla (URL-5) ilk kez uygulama olanağı bulan hukuki el atma kavramı, 6487 sayılı Kanun ile geçici 6'ncı maddede yapılan düzenlemenin 10'uncu fıkrasında, ilk mevzuat düzenlemesi olarak yer almıştır. Yapılan düzenlemede, uygulama imar planlarında umumi hizmetlere ve resmî kurumlara ayrılan veya ilgili kanunların uygulamasıyla tasarrufu kısıtlanan taşınmazlar hakkında, 03.05.1985 tarihli ve 3194 sayılı İmar Kanunu'nda öngörülen idari başvuru ve işlemler tamamlandıktan sonra idari yargıda dava açılabilirliği düzenlenmiştir. Düzenlemenin kapsamı, devam eden tüm davalar olarak belirlenmiştir. Kararı kesinleşen davalarda ise ödemesi kesinleşen tazminatların ayrılan ödeneği aşması hâlinde, kanuni faiz uygulanarak eşit taksitlerle ödeneceği düzenlenmiştir. Bu kapsamda ayrıca idare tarafından nakdi ödeme yerine diğer uzlaşma yollarının da teklif edilebileceği ve Kanun'un uzlaşmaya ilişkin hükümlerine göre işlem yapılabileceği düzenlenmiştir.

Maddenin 12'nci fıkrası ile 2981 sayılı Kanun hükümlerine göre yapılan imar uygulamalarından doğan ve ipotekle teminat altına alınanlar da dâhil olmak üzere her türlü alacak ve bedellerin borçlu idarelerce, kanuni faiz oranı uygulanmak suretiyle güncellenerek ilgililerine ödenmesi düzenlenmiştir. Yapılan bu düzenleme ile idarelerce takdir edilen bedellerin doğruluğunun maliklerce sorgulanması engellenmiş; değer yalnızca kanuni faiz kullanılarak güncellenmesini içeren bir hesaplama yöntemi getirilmiştir. Maddenin 13'üncü fıkrası ile 04.11.1983 tarihinden, düzenlemenin yürürlüğe girdiği 11.06.2013 tarihine kadar gerçekleşen kamulaştırmamız el atmalar da madde kapsamına alınmıştır. Ayrıca bu taşınmazlar hakkında açılan ve kesinleşmeyen davalar da kapsam içerisinde tutulmuştur. Yapılan bu düzenlemeyle 04.11.1983 ile 11.06.2013 tarihleri arasında gerçekleşen ve 11.06.2013 tarihinden önce açılan ve devam eden kamulaştırmamız el atma davalarında, bu fıkra içeriğinde belirtilen hükümlerin uygulanması düzenlenmiştir. Kanun koyucu tarafından yapılan bu düzenleme, madde gerekçesinde de belirtilen Anayasa Mahkemesi'nin 01.11.2012 tarihli ve E: 2010/83, K: 2012/169 sayılı iptal kararının (URL-8) ortaya çıkardığı sorunların çözümü olarak öngörülmüştür. Bu fıkıyla, 6111 sayılı Kanun'da yapılan ve Anayasa Mahkemesi tarafından iptal edilen düzenlemeye benzer şekilde, 09.10.1956 ile 04.11.1983 tarihleri arasında gerçekleşen bazı mağduriyetlerin giderilmesi amacıyla çıkarılan ve istisnai nitelik taşıyan hükümlerin geleceğe yönelik olarak -11.06.2013 tarihine kadar- uygulanması düzenlenmiştir. Böylelikle, Anayasa Mahkemesi'nin iptal kararının (URL-8) uygulanması, kararın yürürlüğe girmesinden önce yapılan yasal düzenlemeyle engellenerek benzer hükümler yürürlükte tutulmuştur.

6487 sayılı Kanun ile 2942 sayılı Kanun'da yapılan diğer bir düzenleme de geçici 7'nci maddenin eklenmesidir. Geçici 7'nci madde ile yürürlükte olmayan 6830 sayılı ve 2942 sayılı Kanun'ların 16 ve 17'inci maddeleri uyarınca mahkemelerce idare adına hükmen tescil kararı verilen kamulaştırmalar ile halen devam eden davalar hakkında hükümler düzenlenmiştir. Bu kapsamda devam eden davalarda bu maddedeki hükümlerin uygulanması, hükmen tescil kararı verilen kamulaştırmalarda ise tüm kamulaştırma işlemlerinin tamamlanmış sayılması, hak ya da alacak talebinde bulunulamaması, kamulaştırma ya da bedele itiraz davası açılmaması hüküm altına alınmıştır. Maddenin gerekçesinde, kamulaştırmazsız el atma sebebiyle 5999 sayılı Kanun ile 2942 sayılı Kanun'a eklenen geçici 6'ncı madde hükümlerince tazminat davaları açıldığı ancak bu davalarda, bazı taşınmazların artık yürürlükte olmayan kanun maddelerine göre kamulaştırmalarının tamamlandığının ve bedellerinin ödendiğinin mahkemelerce dikkate alınmadığı belirtilmiştir.

6487 sayılı Kanun ile yapılan düzenlemeyle getirilen geçici 6'ncı ve 7'nci maddelerde geçen birçok hükmün Anayasa'ya aykırı olduğu öne sürülerek Anayasa Mahkemesi'ne iptal davası açılmıştır. Anayasa Mahkemesi tarafından yapılan inceleme sonucunda, 6487 sayılı Kanun ile düzenlenen geçici 6'ncı maddenin 12'nci ve 13'üncü fıkraları ile geçici 7'nci maddenin tamamı, Anayasa Mahkemesi'nin 13.11.2014 tarihli ve E: 2013/95, K: 2014/176 sayılı kararıyla (URL-9) iptal edilmiştir. İptal kararında, geçici 6'ncı maddenin 12'nci fıkrasının içeriğinde, değer tespiti için benimsenen hesap yönteminin, idarece takdir edilen bedelin uygulama tarihi itibarı ile doğruluğunun sorgulanmasını ve taşınmazın gerçek değerinin tespit edilmesini engellediği belirtilmiştir. Ayrıca kararda geçici 6'ncı maddenin 13'üncü fıkrası da Anayasa'ya aykırı bulunarak iptal edilmiştir. Bu fıkranın iptal gerekçesi ile Anayasa Mahkemesi'nin 6111 sayılı Kanun'un geçici 2'nci maddesini iptal eden 01.11.2012 tarihli ve E:2010/83, K:2012/169 sayılı kararının (URL-8) iptal gerekçeleri aynıdır. Her iki yasal düzenleme de kanun koyucu tarafından geçmişe yönelik bazı mağduriyetlerin giderilmesi amacıyla çıkarılan ve istisnai nitelik taşıyan hükümlerin geleceğe yönelik olarak uygulanmasını içermeleri sebebiyle Anayasa'ya aykırı bulunmuştur. Böylelikle, 5999 sayılı Kanunla düzenlenen geçici 6'ncı maddenin kapsamını genişleten 6111 sayılı düzenlemenin Anayasa Mahkemesince iptal edilmesi üzerine, iptal kararını (URL-8) geçersiz kılmak üzere 6487 sayılı Kanunla düzenlenen geçici 6'ncı maddenin de ilgili hükmü iptal edilmiştir. Buna ek olarak 6487 sayılı Kanun ile düzenlenen geçici 7'nci madde hükmü de Anayasa'ya aykırı bulunarak iptal edilmiştir. Maddenin iptal kararının gerekçesinde, geçmişte malikten kaynaklanmayan sebeplerle usulsüz tebligatların geçerli kabul edilerek kamulaştırma işlemlerinin tamamlanmış sayılması ile maliklerin dava açma hakkının ortadan kaldırılması ve açılan davaların içeriğinin incelenmeden reddedilmesi Anayasa'ya aykırı bulunmuştur. Anayasa Mahkemesi'nin iptal kararı sonucunda, kamulaştırmazsız el atılan taşınmazlar için geçici 6'ncı maddenin kapsamı, tekrar 09.10.1956 ile 04.11.1983 tarihleri arasında gerçekleşen kamulaştırmazsız el atılan taşınmazlar olmuştur. Bu tarihten sonraki el atmalarda, 16.05.1956 tarihli ve E: 1956/1, K: 1956/6-7 sayılı içtihadı birleştirme kararı geçerlidir. Bu sebeple de maliklerin uzlaşmanın dava şartı olması, hak düşürücü sürenin varlığı ya da yalnızca tazminat davası açılabilmesi gibi şartlara bağlı olmaksızın el atmanın önlenmesi ve tazminat davası açılabilmesi mümkündür.

Bu dönemde kamulaştırmazsız el atma kavramına ilişkin farklı hükümlerin geçerli olduğu zaman aralıkları ile bu zaman aralıklarında el atmanın niteliğine ve tarihine bağlı olarak maliklere tanınan dava hakları ve ilgili koşullar Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7'de özetlenen bu dönem içerisinde, hem fiili hem de hukuki el atmalara ilişkin hükümler düzenlenmiştir. Hukuki el atmalara ilişkin daha önce YHGK'nin 15.12.2010 tarihli ve E: 2010/5-662, K: 2010/651 sayılı kararı ile maliklere sağlanan ve istikrar kazanan haklar kısıtlanarak, devam eden ve açılacak tüm davalar ön koşula bağlanmıştır. Ayrıca ödemelerin ayrılan bütçe durumuna göre taksitli olarak yapılabilmesi, taksitlerin ödenmemesi durumunda idarelerin mal, hak ve alacaklarının haczedilememesinin hüküm altına alınması ile maliklerin, idarelerin ödeme yapmasını beklemek dışında herhangi bir çözüm yolu kalmamıştır.

**Tablo 7:** Kamulaştırmaz el atmaya ilişkin 11.06.2013 - 07.09.2016 tarihleri arasında geçerli hükümler

<b>Kamulaştırmaz El Atmaya İlişkin Farklı Hükümlerin Geçerli Olduğu Dönemler</b>						
<b>Zaman Aralığı:</b>		<b>11.06.2013<sup>(1)</sup> – 13.09.2015<sup>(2)</sup> arası</b>			<b>13.09.2015 – 07.09.2016<sup>(3)</sup> arası</b>	
<b>El Atma Tarihi:</b>	<b>09.10.1956<sup>(4)</sup> Öncesi</b>	<b>09.10.1956 – 11.06.2013 Arası</b>	<b>11.06.2013 Sonrası</b>	<b>09.10.1956 Öncesi</b>	<b>09.10.1956 – 04.11.1983<sup>(5)</sup> Arası</b>	<b>04.11.1983 Sonrası</b>
<b>Tazminat Davası</b>	Açılabilir	Açılabilir <sup>(6)</sup> Ön koşul: Uzlaşma <sup>(7)</sup> Hak düş. süre: 3 ay <sup>(8)</sup>	Açılabilir	Açılabilir	Açılabilir Ön koşul: Uzlaşma <sup>(7)</sup> Hak düş. süre: 3 ay <sup>(8)</sup>	Açılabilir
<b>Fiili El Atma</b>	<b>El Atmanın Önlenmesi</b>	Açılamaz	Açılamaz	Açılabilir	Açılamaz	Açılabilir
	<b>Bedel Davası</b>	Açılabilir Hak düş. süre: 2 yıl El atma tar. nitelikleri	Açılabilir Ön koşul: Uzlaşma <sup>(7)</sup> Hak düş. süre: 3 ay <sup>(8)</sup> El atma tar. nitelikleri	Açılabilir Dava tar. nitelikleri	Açılabilir Hak düş. süre: 2 yıl El atma tar. nitelikleri	Açılabilir Dava tar. nitelikleri
<b>6830 ve 2942/16-17 Uyarınca Fiili El Atma</b>	<b>Tazminat, Bedel, El Atmanın Önlenmesi</b>	Kapsam Dışı <sup>(9)</sup>	Açılamaz (09.10.1956 – 13.09.2015)	Açılabilir	Açılabilir (13.09.2015 – 07.09.2016)	
<b>Hukuki El Atma<sup>(10)</sup></b>	<b>Tazminat / Bedel Davası</b>			Açılabilir Ön koşul: İdari başvuru ve işlemler <sup>(11)</sup>		

<sup>(1)</sup> 6487 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği tarih.

<sup>(2)</sup> Anayasa Mahkemesi'nin 13.11.2014 tarihli ve E: 2013/95, K: 2014/176 sayılı kararının yürürlüğe girdiği tarih.

<sup>(3)</sup> 6745 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği tarih.

<sup>(4)</sup> 6830 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği tarih.

<sup>(5)</sup> Anayasa Mahkemesi'nin 10.04.2003 tarihli, E: 2002/112 ve K: 2003/33 sayılı kararının yürürlüğe girdiği tarihten 20 yıl öncesi.

<sup>(6)</sup> Geçici 6'ncı maddede yer alan "tazminat" ve "tazminat davası" ibarelerinin "bedel" ve "bedel tespiti" ibarelerine dönüştürülmüş olması, Anayasa Mahkemesi'nin 13.11.2014 tarihli ve E: 2013/95, K: 2014/176 sayılı kararında isim değişikliği olarak değerlendirilmiş ve tazminat davası açılabilirliği belirtilmiştir.

<sup>(7)</sup> Uzlaşma; idareye ait taşınmazın trampası, idareye ait taşınmaz üzerinde sınırlı ayni hak tanınması veya imar mevzuatı çerçevesinde başka bir yerde imar hakkı kullanılması suretiyle veya bunların mümkün olmaması hâlinde nakdi bedel üzerinden yapılabilir.

<sup>(8)</sup> Uzlaşmanın sona erdiği tarihten itibaren.

<sup>(9)</sup> 6487 sayılı Kanun ile yapılan düzenleme 6830 sayılı Kanun ile bu kanundan sonra çıkarılan 2942 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği tarihten itibaren geçerli olacak hükümler içerdiğinden 09.10.1956 tarihi öncesi düzenlemenin kapsamı dışındadır.

<sup>(10)</sup> Hukuki el atma olarak değerlendirilecek taşınmazlar: uygulama imar planlarında umumi hizmetlere ve resmi kurumlara ayrılmak suretiyle veya ilgili kanunların uygulanması suretiyle tasarrufu kısıtlanan taşınmazlar.

<sup>(11)</sup> 3194 sayılı İmar Kanunu'nda öngörülen idari başvuru ve işlemler tamamlandıktan sonra idari yargıda dava açılabilir.

Bu dönemde fiili el atmalara ilişkin maliklere tanınan hakları düzenleyen, farklı hükümlerin geçerli olduğu iki zaman aralığı öne çıkmıştır. Bunlardan ilki, 6487 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği 11.06.2013 tarihi ile başlayıp Anayasa Mahkemesi'nin 13.11.2014 tarihli ve E: 2013/95, K: 2014/176 sayılı kararının yürürlüğe girdiği 13.09.2015 tarihiyle sonlanmıştır. Bu tarihler arasında, el atma tarihine bağlı olarak 09.10.1956 öncesi fiili el atmalar, 221 sayılı Kanun uyarınca tahsis olarak kabul edilmiştir. 09.10.1956 tarihinden başlayarak 6487 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği 11.06.2013 tarihine kadar gerçekleşen fiili el atmalarda ise geçici 6'ncı maddede yer alan istisnai hükümlerin geçerli olması düzenlenmiştir. Yapılan bu düzenlemeyle kanun koyucunun maliklerin haklarını kısıtlamaya yönelik tavrı devam ederek maliklerin el atma davası açması engellenmiş; tazminat ve bedel davası açması ise uzlaşma ön koşuluna ve 3 aylık hak düşürücü süreye tabi tutulmuştur. 6487 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği 11.06.2013 tarihinden sonra fiili el atılan taşınmazlara ilişkin herhangi bir hüküm getirilmediğinden, bu taşınmazlar için 16.05.1956 tarihli Yargıtay İçtihadı Birleştirme Kararı uyarınca hak düşürücü süre olmaksızın tazminat, eciri misil, el atmanın önlenmesi ve bedel davası açabilmesi yürürlükte kalmıştır. Bu zaman aralığında ayrıca mülga 6830 sayılı İstimlak Kanunu'nun 16 ve 17'nci maddeleri ile 2942 sayılı Kanun'un mülga 16 ve 17'nci maddeleri uyarınca usule uygun olmayan kamulaştırma işlemlerinin tamamlanmış sayılması ile maliklerin tüm dava hakları ellerinden alınmış ve hak arama özgürlükleri engellenmiştir. Maliklerin haklarını tamamen ortadan kaldıran ve



kısıtlayan bu hükümler, Anayasa Mahkemesi'nin 13.11.2014 tarihli ve E: 2013/95, K: 2014/176 sayılı kararı ile iptal edilmiştir. İptal kararının yürürlüğe girdiği 13.09.2015 tarihi, fiili el atmalara ilişkin farklı hükümlerin geçerli olduğu ikinci zaman aralığının başlangıcını oluşturmuştur. Bu bağlamda 09.10.1956 öncesi fiili el atmalar, 221 sayılı Kanun uyarınca tahsis olarak kabul edilmiştir. 09.10.1956 ile 04.11.1983 arası taşınmazlarına fiili el atılan maliklerin 5999 sayılı Kanun'un geçici 6'ncı maddesi uyarınca el atmanın önlenmesi, tazminat, eciri misil ve bedel davası açmaları uzlaşma ön koşuluna ve hak düşürücü süreye tabi tutulmuştur. 04.11.1983 tarihinden sonra fiili el atılan taşınmazlar hakkında ise 16.05.1956 tarihli Yargıtay İçtihadı Birleştirme Kararı uyarınca hak düşürücü süre olmaksızın tazminat, eciri misil, el atmanın önlenmesi ve bedel davası açılabilmesi hükümleri geçerli olmuştur. Buna ek olarak mülga 6830 sayılı İstimlak Kanunu'nun 16 ve 17'nci maddeleri ile 2942 sayılı Kanun'un mülga 16 ve 17'nci maddeleri uyarınca taşınmazlarına el atılan maliklerin dava açabilmesi hüküm altına alınarak taşınmazlarının karşılıklarını tazmin edebilmesi mümkün hale gelmiştir.

Bu dönem içerisinde getirilmeye çalışılan kısıtlayıcı hükümler, idarelerin maddi ödemelerde sıkıntı yaşadığını ve kanun koyucunun bu bağlamdaki temel önleminin ödemelerin geciktirilmesi ile idarelerin kaynaklarının korunması olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, daha önce Anayasa Mahkemesi tarafından iptal edilen benzer hükümler, yeniden düzenlenerek idarelere zaman kazandırılması ve daha kısıtlayıcı hükümlere göre sonuçlandırılan davaların arttırılması amaçlanmıştır. Anayasa Mahkemesi'nin 13.11.2014 tarihli ve E: 2013/95, K: 2014/176 sayılı kararı ile fiili el atmalarda geçerli olan hükümler, kapsamlı bir değişiklik olmaksızın günümüze kadar uygulanmaya devam etmiş; hukuki el atmaya ilişkin hükümler ise 6745 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği 07.09.2016 tarihine kadar uygulanmıştır.

## **2.7 6745 Sayılı Yatırımların Proje Bazında Desteklenmesi ile Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun Dönemi**

Anayasa Mahkemesi'nin 13.11.2014 tarihli ve E: 2013/95, K: 2014/176 sayılı iptal kararından ([URL-9](#)) sonra, kanun koyucu tarafından farklı bir yaklaşım benimsenmiştir. Bu yaklaşım, kamulaştırmасız el atılan taşınmazların fiili ve hukuki olarak ayrıştırılması ve hukuki el atmalar için yeni bir düzenleme yapılmasıdır. Bu kapsamda, 20.08.2016 tarihli ve 6745 sayılı Yatırımların Proje Bazında Desteklenmesi ile Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun ile 04.11.1983 tarihli ve 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu'nda düzenleme yapılmıştır. Yapılan düzenlemeyle 09.10.1956 tarihinden sonra idareler tarafından kamulaştırmасız el atılan taşınmazlardan, hukuki el atma kapsamına girenler için yeni hükümler öngörülmüştür. Bu kapsamda, 6745 sayılı Kanun'un 33'üncü maddesiyle 2942 sayılı Kanun'a ek 1'inci madde eklenmiştir. Bu düzenleme öncesinde hukuki el atma kavramı, ilk defa YHGK'nin 15.12.2010 tarihli kararıyla ([URL-5](#)) tanınmış ve 6487 sayılı Kanun ile 2942 sayılı Kanun'a eklenen geçici 6'ncı maddenin 10'uncu fıkrasının 3'üncü cümlesiyle ilk defa mevzuatta yer almıştır. Mevzuatta yer alan bu hükümler, ayrı bir madde olarak yeniden düzenlenmiş; 6745 sayılı Kanun'un 33'üncü maddesi ile de 2942 sayılı Kanun'a ek 1'inci madde olarak eklenmiştir. İki düzenleme arasında, kapsadıkları hukuki el atılan taşınmazlar bakımından farklılıklar bulunmaktadır. 6487 sayılı Kanun'da, 6745 sayılı Kanun'dan farklı olarak uygulama imar planı haricindeki planlarla ve ilgili kanunların (Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu, Boğaziçi Kanunu, vb.) uygulamasıyla tasarrufu kısıtlanan taşınmazlar için de hükümler bulunmaktaydı. Bu kapsamda, konumu itibariyle kısıtlılık içeren, özel kurallara ve kanunlara sahip alanlarda yer alan taşınmazlar, ek 1'inci madde kapsamında değildir. Ek 1'inci maddenin kapsamı, yalnızca uygulama imar planlarında umumi hizmetlere ve resmî kurumlara ayrılmak suretiyle tasarrufu hukuken kısıtlanan taşınmazlardır. Ek 1'inci madde haricinde hukuki el atma olarak değerlendirilen taşınmazlarda, YHGK'nin 15.12.2010 tarihli, E: 2010/5-662, K: 2010/651 sayılı kararının ([URL-5](#)) uygulanması öngörülmüştür.

6745 sayılı Kanun ile 2942 sayılı Kanun'a eklenen ek 1'inci maddede, uygulama imar planlarında umumi hizmetlere ve resmî kurumlara ayrılmak suretiyle hukuki el atılan taşınmazlar için çözüm seçenekleri sunulmuştur. Bu kapsamda, bu taşınmazlar

için imar planının yürürlüğe girmesinden itibaren beş yıllık süre içerisinde imar programlarının veya imar uygulamalarının yapılması, bütçe imkânları dâhilinde ilgili idarelerce kamulaştırılması veya hukuki el atma olarak değerlendirilmesine sebep olan kısıtlılığı kaldırarak şekilde imar planı değişikliği yapılması düzenlenmiştir. Ek 1'inci madde ile ayrı bir düzenleme yapılması sebebiyle 2942 sayılı Kanun'un geçici 6'ncı maddesindeki hukuki el atmaya ilişkin hükümler, 6745 sayılı Kanun'un 34'üncü maddesiyle kaldırılmış ve aynı Kanun'a geçici 11'inci madde eklenmiştir. Eklenen geçici 11'inci maddede, ek 1'inci maddede öngörülen beş yıllık sürenin düzenlemenin yürürlüğe giriş tarihinden itibaren uygulanması düzenlenmiştir. Böylelikle, ek 1'inci madde kapsamında olan ve imar planı ile hukuki el atılan taşınmazların tasarrufunun kısıtlanmaya başladığı tarih dikkate alınmaksızın dava açılabilmesi için 5 yıllık süre ön koşul olarak düzenlenmiştir.

Kanun koyucu tarafından, düzenlemenin gerekçesinde, her ne kadar bu süre içerisinde hukuki el atılan taşınmazların ilgili idarelerce kamulaştırılmaması durumunda, kısıtlılığı kaldırarak plan değişikliği yapılması ile mağduriyetlerin giderilmesinin amaçlandığı belirtilmiş olsa da öngörülen hükmün gerçekleştirilebilmesi mevcut tüze ile çatışmaktadır. Düzenlemenin yürürlüğe girdiği 2016 yılında, plan değişikliği yapılmasının koşulları, 14.06.2014 tarihli ve 29030 Resmî Gazetede yayımlanan Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği'nde yer almaktadır. Bu Yönetmelik'in 26'ncı maddesinin 3'üncü fıkrasında, sosyal ve teknik altyapı alanlarının kaldırılması, küçültülmesi veya yerinin değiştirilmesine dair plan değişikliklerinin zorunluluk olmadıkça yapılamayacağı belirtilmektedir. Bu kapsamda hukuki el atmalar, "zorunlu plan değişikliği" kapsamında değerlendirilebilir. Ancak fıkranın devamında, zorunlu durumlarda değişiklik yapılabilmesi için etki alanı içinde, eş değer yeni bir alanın ayrılması gerektiği belirtilmiştir. Maddede eş değer alan ayrılırken de yüz ölçüm ve konum özelliklerinin korunması, değişikliğin aynı uygulama etabı veya bölge içinde kalması, yaya erişim mesafelerinin dikkate alınması ve yeni tespit edilen alanın değiştirilen fonksiyona özgü tesisin yapılmasına müsait olması şart koşulmuştur. Hukuki el atılan taşınmazlardan, sosyal ve teknik altyapı alanında kalanların kısıtlılığının kaldırılabilmesi amacıyla plan değişikliği yapılabilmesi için 6745 sayılı Kanun'da öngörülmeyen yükümlülüklerin Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği'nde yer alması, idarelerin elinde olan seçenekleri sınırlamaktadır. İdarelerin; eğer kendi taşınmazı mevcut ise söz konusu kısıtlılık alanı için eş değer alan olarak ayırması (trampa), başka bir taşınmazı eş değer alan olarak ayırarak yeni hukuki el atma oluşturması (yerini değiştirme), Yönetmelik'e aykırı şekilde eş değer alan ayırmadan söz konusu alanı plan bütünlüğünü bozacak şekilde tamamen kaldırması, plan değişikliği talebini reddetmesi ve imar planının tamamında değişiklik yaparak donatı alanı dengesini yeniden tesis etmesi gibi seçenekleri bulunmaktadır. Bu seçeneklerin her birinin başka yeni sorunları ortaya çıkaracak olması, hukuki el atılan taşınmazlar için öngörülen plan değişikliği ile kısıtlılığın kaldırılmasının verimli bir çözüm sunmadığını göstermektedir. Bu sorunlarına rağmen, hukuki el atılan taşınmazlar için kısıtlılığı kaldırarak şekilde plan değişikliği yapılması seçeneği, 2020 yılına kadar uygulama olanağı bulmuştur. Ancak 14.02.2020 tarihli ve 7221 sayılı Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun ile 3194 sayılı Kanun'a eklenen geçici 8'inci madde ile parsel bazında nüfusu, yapı yoğunluğunu, kat adedini, bina yüksekliğini arttıran imar planı değişiklikleri yapılamayacağı hüküm altına alınmıştır. Bu kapsamda, uygulama imar planlarında umumi hizmetlere ve resmî kurumlara ayrılmak suretiyle hukuki el atılan taşınmazlarda kısıtlılığı kaldırarak şekilde imar planı değişikliği yapılması durumunda, parselin nüfus ve yapı yoğunluğu gibi özelliklerinin artacağı kesin olduğundan yasaya aykırılık oluşacaktır. Bu kapsamda 3194 sayılı Kanun'da yapılan değişiklikte, hukuki el atılan taşınmazlar için bir istisna öngörülmemiştir. Bu çalışmanın yayımlandığı tarih itibarıyla hem 2942 sayılı Kanun'un ek 1'inci maddesinde yer alan "*mülkiyet hakkını kullanmasına engel teşkil edecek kısıtlılığı kaldırarak şekilde imar planı değişikliği yapılır/yaptırılır*" hükmü, hem de 3194 sayılı İmar Kanunu'nun geçici 8'inci maddesinde yer alan "*parsel bazında; nüfusu, yapı yoğunluğunu, kat adedini, bina yüksekliğini arttıran imar planı değişiklikleri yapılamaz*" hükmü birbirleriyle çatışmasına rağmen halen yürürlüktedir.

6745 sayılı Kanun ile 2942 sayılı Kanun'a eklenen ek 1'inci maddede öngörülen işlemlerin idarelerce 5 yıl içerisinde gerçekleştirilememesi halinde ise geçici 6'ncı maddede düzenlenen uzlaşma sürecinin ve 3194 sayılı İmar Kanunu'nda

öngörülen idari başvuru süreçlerinin tamamlanması şartıyla idari yargıda dava açılacağı hükme bağlanmıştır. Ancak düzenlemede, “*İmar Kanunu’nda öngörülen idari başvuru ve işlemleri*” hükmünün içeriği tam olarak belirtilmemiştir. Düzenlemenin atıf yaptığı 3194 sayılı Kanun irdelendiğinde, bu kapsamda yalnızca 13’üncü maddede yer alan ancak Anayasa Mahkemesi’nin 29.12.1999 tarihli ve E: 1999/33, K: 1999/51 sayılı kararı (URL-10) ile iptal edilen “*parsel sahibi imar planlarının tasdik tarihinden itibaren beş yıl sonra müracaat ettiğinde imar planlarında meydana gelen değişikliklerden ve civarın özelliklerinden dolayı okul, cami ve otopark sahası ve benzeri umumî hizmetlere ayrılan alanlardan ilgili kamu kuruluşunca yapımından vazgeçildiğine dair görüş alındığı takdirde, tüm belirli çevredeki nüfus, yoğunluk ve donatım dengesini yeniden irdeleyerek hazırlanacak yeni imar plânına göre inşaat yapılır.*” hükmü anlamlıdır. Ancak maddenin düzenlendiği tarih itibarıyla ilgili hükümlerin uygulanma olanağı olmadığından, 3194 sayılı Kanun’da bu kapsamda yalnızca imar programlarının kamulaştırma ve kısıtlılık halinin düzenlendiği 10’uncu madde mevcuttur. Bu madde içeriğinde, ek 1’nci maddede öngörülen işlemlerden farklı bir uygulama tanımlanmadığından, dava şartı olarak maliklerin eylemsiz kalan idareye, eylemsiz kalması sebebiyle aynı eylemleri talep etmeleri düzenlenmiştir.

Maliklerin dava şartı olarak öngörülen bu işlemleri tamamlamaları durumunda açılan davalarda, hukuki el atılan taşınmazların değerinin bilirkişi incelemesi yapılarak kısıtlılığın veya fiilen el atmanın gerçekleştiği tarihteki niteliklerinin esas alınması düzenlenmiştir. Ayrıca yapılan düzenlemede idare mahkemeleri, tescil ve terkin işlemlerinde yetkili hale getirilmiş ve bedel tespit davalarında hukuki el atılan taşınmazların idare adına tescil edilebilmesi sağlanmıştır. Düzenleme, yalnızca hukuki el atılan taşınmazları kapsamına rağmen değerlendirme tarihi olarak “fiilen el koymanın gerçekleştiği tarih” öngörülmüştür. Bu karışıklık, Yalçınduran (2017) tarafından Kanun’un taslak metinlerinde, fiilen el koyulan taşınmazlara ait düzenlemelerin de yer alması ancak komisyon çalışmaları sırasında, fiili el atmaların metinden çıkarılmasına rağmen söz konusu ifadenin sehven unutulmuş kaldırılmaması ile açıklanmaktadır.

Maddenin geçerli olduğu hukuki el atmalara dair açılan ve açılacak davalarda farklı hükümler geçerlidir. Maddenin yürürlüğe girdiği tarihten önce açılan ancak henüz karara bağlanmayan veya kararı kesinleşmeyen davalarda, ek 1’inci madde hükümlerinin uygulanması düzenlenmiştir. Açılacak davalarda ise geçici 6’ncı maddenin uzlaşma şartlarını düzenleyen 3’üncü fıkrasının, harç ve ücretlerin hesabında kullanılacak yöntemi belirleyen 7’nci fıkrasının, ödemelerde kullanılacak yöntemlerin ve özellikle de taksitli ödeme yönteminin detaylarını içeren 8’inci fıkrasının ve ödemelerin tahsilinde idarelerin mal ve alacaklarının haczedilemeyeceğini düzenleyen 11’nci fıkrasının uygulanacağı düzenlenmiştir. Buna ek olarak kesinleşen ancak henüz ödemesi yapılmayan kararlar hakkında ise geçici 6’ncı maddenin 3’üncü (uzlaşma koşulları), 8’inci (taksitlendirme) ve 11’inci (idarenin haczedilemeyeceği) fıkra hükümlerinin uygulanacağı hüküm altına alınmıştır. Buna ek olarak geçici 6’ncı maddenin 8’inci fıkrası uyarınca ayrılması düzenlenen %2 oranındaki ödeneklerin %4’e çıkarılması ve yeni ayrılan miktarın geçici 11 ve geçici 12 maddeleri kapsamındaki ödemelerde kullanılması düzenlenmiştir. Bu kapsamda yapılacak ödemelerin toplam tutarının ödenek miktarını aşması durumunda ise 8’inci fıkra hükümlerine göre en çok 10 yıl taksitlendirilerek ödemesi hüküm altına alınmıştır.

6745 sayılı Kanun’un 34’üncü maddesiyle yapılan düzenleme, devam eden davaları malikler bakımından olumsuz etkilemiştir. İdari mahkemelerce devam eden davalarda, yürürlüğe giren kanun maddesinde öngörülen sürenin dava konusu taşınmazlar için dolmadığı gerekçe gösterilerek dava hakkında karar verilmesine yer olmadığı şeklinde kararlar alınmıştır. Buna bağlı olarak da maliklerce Anayasa Mahkemesi’ne bireysel başvurular yapılmıştır (URL-11: Anayasa Mahkemesi Hüseyin Ünal başvurusu, T: 20.09.2018 ve Başvuru No: 2017/24715; URL-12: Anayasa Mahkemesi Bülent Eren ve Diğerleri Başvurusu, T: 31.10.2018, Başvuru No: 2017/27308). Malikler tarafından yapılan başvurulara ek olarak, Ankara 2. İdare Mahkemesinin 2016/196 Esas sayılı (URL-13) ve Adana 3. İdare Mahkemesinin 2017/41 Esas sayılı kararlarıyla (URL-14) geçici 11’inci maddenin Anayasa’nın 152’nci maddesi uyarınca incelenmesi talep edilerek Anayasa Mahkemesi’ne

gönderilmiştir. Yapılan incelemenin sonucunda, 20.8.2016 tarihli ve 6745 sayılı Kanun'un 34'üncü maddesiyle 04.11.1983 tarihli ve 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu'na eklenen geçici 11'inci maddenin birinci ve ikinci fıkraları, kamu yararı ile malikin mülkiyet hakkı arasında gözetilmesi gereken adil dengeyi malik aleyhine bozması ve malike aşırı bir külfet yüklemesi sebebiyle Anayasa Mahkemesi'nin 28.03.2018 tarihli ve E: 2016/196 ve K: 2018/34 sayılı kararıyla (URL-15) iptal edilmiştir. Bu kararlar her taşınmaz için 2942 sayılı Kanun'un ek 1'inci maddesinde öngörülen 5 yıllık sürenin ilgili imar planının yürürlüğe girdiği tarih esas alınarak hesaplanması hükmüne bağlanmıştır. Anayasa Mahkemesi'nin almış olduğu iptal kararı resmi gazetede yayımlandığı gün yürürlüğe girmiştir.

Bu karardan kısa bir süre sonra da Anayasa Mahkemesi'nin 20.12.2018 tarihli ve E: 2016/181, K: 2018/111 sayılı kararı (URL-16) ile 6745 sayılı Kanun'un 33'üncü maddesi ile 2942 sayılı Kanun'a eklenen ek 1'inci maddenin ilk cümlesi haricindeki tüm madde içeriği iptal edilmiştir. İptal kararıyla (URL-16) imar planı ile taşınmazlarına hukuki el atılan malikler tarafından uzlaşma ya da idari başvuru ve işlem süreçleri tamamlamadan dava açılabilmesi hüküm altına alınmıştır. Kararın gerekçesinde, mülkiyet hakkını kısıtlayan imar planı değişikliğinin yapılmaması hâlinde, taşınmazın ilgili idare tarafından öngörülen kamulaştırma işleminin Anayasa'da öngörülen ilkelere göre yapılması gerektiği belirtilmiştir. Kararda, 6745 sayılı düzenlemenin öngördüğünden farklı olarak taşınmazların gerçek karşılıklarının nakden ve peşin olarak ödenmesi, istisnai hâllerde ise taksitlendirme süresinin beş yılı aşmaması, taksitlendirmelerde ve ödenmemiş kamulaştırma bedellerinde kamu alacakları için öngörülen en yüksek faizin uygulanması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca daha önce Anayasa Mahkemesi tarafından verilen 01.11.2012 tarihli ve E:2010/83, K:2012/169 sayılı iptal kararında (URL-8) belirtilen gerekçelere atıfta bulunulmuştur.

Böylelikle, 09.10.1956 ile 04.11.1983 tarihleri arasında gerçekleşen mağduriyetlerin giderilmesi amacıyla çıkarılan ve istisnai nitelik taşıyan hükümlerin geleceğe yönelik olarak uygulanmasını amaçlayan 25.02.2011 tarihli ve 6111 sayılı Kanun ile düzenlenen hükümler, 01.11.2012 tarihli ve E:2010/83, K:2012/169 sayılı Anayasa Mahkemesi kararıyla (URL-8); 11.06.2013 tarihli ve 6487 sayılı Kanun ile düzenlenen hükümler, 13.11.2014 tarihli ve E: 2013/95, K: 2014/176 sayılı Anayasa Mahkemesi kararıyla (URL-9); son olarak da 20.08.2016 tarihli ve 6745 sayılı Kanun ile düzenlenen hükümler, 20.12.2018 tarihli ve E: 2016/181, K: 2018/111 sayılı Anayasa Mahkemesi kararlarıyla (URL-16) iptal edilmiştir. Kanun koyucunun kamulaştırmaz el atma davalarında istisnai hükümlerin geçerli olduğu 09.10.1956 ile 04.11.1983 dönemini genişleterek bu hükümlere tabi olacak taşınmazların arttırılmasını amaçlayan girişimleri, farklı kanunlarla düzenlenmesine rağmen gerçekleştirilememiştir.

Bu dönem içerisinde değişen hükümlerin tamamı, hukuki el atmaları düzenlemektedir. Fiili el atmalara ilişkin bir değişiklik yaşanmamış ve 13.09.2015 – 20.08.2016 tarihleri arasında geçerli hükümler (Tablo 7) 2020 yılı itibariyle halen yürürlüktedir. Hukuki el atılan taşınmazlara ilişkin farklı hükümlerin geçerli olduğu zaman aralıkları ile bu zaman aralıklarında hukuki el atmanın niteliğine ve tarihine bağlı olarak maliklere tanınan dava hakları ve ilgili koşullar Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8'de özetlenen bu dönem içerisinde, 6745 sayılı Kanun ile yalnızca Uygulama İmar Planı ile hukuki el atılan taşınmazlara ilişkin hükümler düzenlenmiştir. Diğer hukuki el atmalarda ise YHGK'nin 15.12.2010 tarihli ve E: 2010/5-662, K: 2010/651 sayılı kararı uyarınca tazminat ve bedel davası açılabilmesi yürürlükte kalmıştır. Bu dönemde, taşınmazlarına Uygulama İmar Planı ile hukuki el atılan maliklere tanınan hakları düzenleyen, farklı hükümlerin geçerli olduğu üç zaman aralığı öne çıkmaktadır. Bunlardan ilki, 6745 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği 07.09.2016 tarihi ile başlayıp Anayasa Mahkemesi'nin E: 2016/196 ve K: 2018/34 sayılı kararının yürürlüğe girdiği 28.03.2018 tarihiyle sonlanmıştır. Bu tarihler arasında maliklerin dava açmaları sırasıyla; kısıtlılığın başladığı tarihe bağlı olmaksızın 5 yıllık süre, uzlaşma ve idari başvuru ve işlemlerin tamamlanması ön koşullarına bağlanmıştır. Bu hükümler uyarınca, maliklerin dava açabilmesi için



taşınmazlarının imar uygulamasıyla edinilmesini, kamulaştırılmasını ya da kısıtlılığı kaldırarak imar planı değişikliği yapılmasını beklemesi düzenlenmiştir. Bunların gerçekleşmemesi durumunda ise uzlaşmaya başvurarak uzlaşma sürecini beklemesi ve uzlaşmanın sağlanamaması durumunda dava açabilmesi gibi uzun bir yol tasarlanmıştır. Bu yolu tüketen maliklerin açtıkları davalarda ise yapılacak ödemelerin taksitlendirilerek on yıla kadar yayılabilmesi ve idarelerce ödemelerin yapılmaması durumunda maliklerin haciz yoluna başvuramaması öngörülmüştür. Bu zaman aralığı içerisinde devam eden ve yeni açılan birçok davada, mahkemelerce maliklerin bu yolu tüketmedikleri belirtilerek davalarda karar vermeye yer olmadığına ya da davaların reddine karar verilmiştir. Bu hükümlerden 5 yıllık sürenin Kanun'un yürürlüğe girmesi ile başlaması, Anayasa Mahkemesi'nin 28.03.2018 tarihli ve E: 2016/196 ve K: 2018/34 sayılı kararıyla iptal edilerek, 5 yıllık sürenin kısıtlılığa sebep olan ilgili imar planının yürürlüğe girmesinden itibaren başlaması hüküm altına alınmıştır. Bu karar, bu dönem içerisinde hukuki el atmalara ilişkin farklı hükümlerin geçerli olduğu ikinci zaman aralığının başlangıcını oluşturmuştur. Bu karardan sonra geçici 6'ncı maddenin, maliklerin haklarını kısıtlayan hükümlerinin hukuki el atmalar için geçerli olması, Anayasa Mahkemesi'nin 20.12.2018 tarihli ve E: 2016/181, K: 2018/111 sayılı kararı ile iptal edilerek, imar planı ile taşınmazlarına hukuki el atılan malikler tarafından uzlaşma ya da idari başvuru ve işlem süreçleri tamamlanmadan dava açılabilmesi sağlanmıştır. Bu dönem, farklı hükümlerin geçerli olduğu son zaman aralığını oluşturmuştur.

**Tablo 8: Kamulaştırmasız el atmaya ilişkin farklı tarihlerde geçerli hükümler**

<b>Kamulaştırmasız El Atmaya İlişkin Farklı Hükümlerin Geçerli Olduğu Dönemler</b>			
<b>Zaman Aralığı:</b>	<b>07.09.2016<sup>(1)</sup> – 28.03.2018<sup>(2)</sup></b>	<b>28.03.2018 – 20.12.2018<sup>(3)</sup></b>	<b>20.12.2018 Sonrası</b>
<b>El Atma Tarihi:</b>	Tüm El Atmalar	Tüm El Atmalar	Tüm El Atmalar
<b>Uygulama İmar Planı ile Hukuki El Atma<sup>(4)</sup></b>	Açılabilir Ön koşul: 07.09.2016 tarihinden itibaren 5 yıllık süre <sup>(5)</sup> , uzlaşma <sup>(6)</sup> ve idari işlemler <sup>(7)</sup> El atma tar. nitelikleri	Açılabilir Ön koşul: İmar planlarının yürürlük tarihinden itibaren 5 yıllık süre <sup>(8)</sup> , uzlaşma <sup>(6)</sup> ve idari işlemler <sup>(7)</sup> . El atma tar. nitelikleri	Açılabilir Ön koşul: 5 yıllık süre <sup>(8)</sup> Dava tar. nitelikleri
<b>Diğer<sup>(9)</sup> Hukuki El Atmalar</b>	Tazminat / Bedel Davası	Açılabilir	

<sup>(1)</sup> 6745 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği tarih.

<sup>(2)</sup> Anayasa Mahkemesi'nin E: 2016/196 ve K: 2018/34 sayılı kararının yürürlüğe girdiği tarih.

<sup>(3)</sup> Anayasa Mahkemesi'nin E: 2016/181 ve K: 2018/111 sayılı kararının yürürlüğe girdiği tarih.

<sup>(4)</sup> Uygulama imar planlarında umumi hizmetlere ve resmi kurumlara ayrılmak suretiyle tasarrufu hukuken kısıtlanan taşınmazlar.

<sup>(5)</sup> 6745 sayılı Kanun'un yürürlüğe girdiği 07.09.2016 tarihinden başlamak üzere 5 yıllık süre, ön koşul olarak tanımlanmıştır.

<sup>(6)</sup> Uzlaşma; idareye ait taşınmazın trampası, idareye ait taşınmaz üzerinde sınırlı aynı hak tanınması veya imar mevzuatı çerçevesinde başka bir yerde imar hakkı kullandırılması suretiyle veya bunların mümkün olmaması hâlinde nakdi bedel üzerinden yapılabilir.

<sup>(7)</sup> 3194 sayılı İmar Kanunu'nda öngörülen idari başvuru ve işlemler.

<sup>(8)</sup> Taşınmazın kısıtlılığına sebep olan ilgili uygulama imar planının yürürlüğe girmesinden itibaren başlamak üzere 5 yıllık süre ön koşul olarak tanımlanmıştır.

<sup>(9)</sup> Bulunduğu alan veya bölge gereği doğal olarak kısıtlılık halini bünyesinde barındıran taşınmazlar ile kamulaştırılması zorunlu olmayan taşınmazlar haricinde hukuki el atma kapsamına giren diğer taşınmazlar.

Kanun koyucu tarafından maliklerin dava haklarını 5 yıl öteleyen hükümlerin, devam eden davalara da uygulanması ile tüm davaların sonlandırılması amaçlanmıştır. Böylelikle 5 yıl boyunca hukuki el atma davası açılmaması, bu sürenin sonunda ise tüm davaların yeni getirilen kısıtlayıcı hükümlere tabi olması tasarlanmıştır. Bu bağlamda, İdare Mahkemelerinde kamulaştırmasız el atmadan doğan işler kapsamına giren davalarda, “karar verilmesine yer olmadığına” karar verilen dava sayısı 2015 yılında 3 (URL-17) iken ilgili hükmün yürürlüğe girmesiyle bu yönde alınan kararlarda büyük bir artış yaşanmıştır. Hükümlerin yürürlükte olduğu 2016 yılında 2388 davada (URL-18) ve 2017 yılında 659 davada (URL-19) “karar verilmesine yer olmadığı” kararı verilmiştir. Benzer şekilde bu hüküm öncesinde, 2015 yılında (URL-17) kamulaştırmasız el atmadan doğan işler kapsamına giren davalarda “ret” kararı verilen dava sayısı 34 iken hükmün yürürlüğe girmesiyle reddedilen dava sayısında da büyük bir artış yaşanmıştır. Hükümlerin yürürlükte olduğu 2016 yılında 783 dava (URL-18) ve 2017 yılında 345 dava (URL-19) reddedilmiştir. Ancak kanun koyucunun bu yaklaşımı, Anayasa Mahkemesi'nin ilgili

hükmü iptal etmesi ile yarıda kalarak 2018 yılında (URL-20) “karar verilmesine yer olmadığına” karar verilen dava sayısı 30’a; ret kararı verilen dava sayısı ise 130’a düşmüştür. Bu süreç hem mahkemelerin iş yükünün artmasına hem de maliklerin mağdur olmasına sebep olmuştur. Bu süreçte Anayasa Mahkemesi’nin iptal kararının, kararın alındığı gün yürürlüğe girmesi mağduriyetlerin artmasını engellemiştir.

Bu dönem içerisinde ayrıca kanun koyucu tarafından kamulaştırma bedellerinin ödenmesine yönelik iki önemli değişiklik yapılmıştır. Bunlardan ilki, 30.05.2019 tarihli ve 7176 sayılı Bazı Kanunlar ile 635 sayılı Kanun Hükmünde Kararnamede Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun’un 21’inci maddesi ile 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu’na geçici 14’üncü maddenin eklenmesidir. Geçici 14’üncü madde ile kamulaştırmaz el atma davalarında, idarenin mallarının haczedilememesine yönelik iptal edilen hükümler değiştirilerek yeniden düzenlenmiştir. Madde içeriğinde, 04.11.1983 tarihinden düzenlemenin yürürlüğe girdiği tarihe kadar, kamulaştırmaz el atılan taşınmazlara dair bedele ve tazminata ilişkin davalarda verilen mahkeme kararları kesinleşmedikçe icraya konulamayacağı düzenlenmiştir. Yapılan düzenlemeyle maliklere yapılacak kamulaştırma bedeli ödemelerinin geciktirilmesi amaçlansa da düzenlemenin iptali için Anayasa Mahkemesi’ne başvuru yapılması halinde, geçici 14’üncü maddenin de iptal edilebileceği düşünülmektedir. Yapılan ikinci değişiklik ise 24.12.2019 tarihli ve 7201 sayılı Kamulaştırma Kanunu ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun’un 5’inci, 6’ncı ve 7’nci maddesi ile 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu’na ek madde 2, ek madde 3 ve geçici 15’inci maddenin eklenmesidir. Düzenlenen ek madde 2 ile 08.12.2004 tarihinde kaldırılan Arsa Ofisi Genel Müdürlüğüne karşı açılan davalardan, bu tarihten önce açılanların Çevre ve Şehircilik Bakanlığına; bu tarihten sonrakilerin ise ilgili kurumun görevlerini devralan Toplu Konut İdaresi Başkanlığına yöneltilmesi düzenlenmiştir. Ek madde 3 ile de daha önce 6487 sayılı Kanun’un 22’nci maddesiyle 2942 sayılı Kanun’a eklenen ancak 13.11.2014 tarihinde Anayasa Mahkemesi’nin E: 2013/95, K: 2014/176 sayılı kararı (URL-9) ile iptal edilen geçici 7’nci maddenin kapsamındaki taşınmazlara ilişkin yeni hükümler getirilmiştir. Bu kapsamda, ek madde 3’ün kapsamı artık yürürlükte olmayan 6830 sayılı ve 2942 sayılı Kanun’ların 16 ve 17’inci maddeleri uyarınca mahkemelerce idare adına hükmen tescil kararı verilen kamulaştırmalar olmuştur. Madde ile taşınmazların idare adına tescil edildiği tarihteki niteliklerinin esas alınması ile bulunacak bedelin, Türkiye İstatistik Kurumu tarafından açıklanan Yurt İçi Üretici Fiyat Endeksi (Yİ-ÜFE) tablosundaki aylık değişim oranları kullanılarak dava tarihine güncellenmesi ve maliklere ödenmesi hüküm altına alınmıştır. Geçici madde 15 ile de ek 2’nci ve ek 3’üncü maddelerle getirilen hükümlerin, Kanun’un yayımlanmasından önce açılmış ve devam eden davalar ile icra takipleri hakkında da uygulanması düzenlenmiştir. Bu düzenleme kapsamındaki taşınmazların kamulaştırılmış sayılarak dava haklarının engellenmesine yönelik hükümlerin iptal edilmesi sonucunda kanun koyucu tarafından bu sefer ödenecek bedellerin düşürülmesine yönelik düzenlemeler getirilmiştir.

Bu dönem içerisinde fiili el atmalara ilişkin kapsamlı bir düzenleme yapılmamış ve Anayasa Mahkemesi’nin 13.11.2014 tarihli ve E: 2013/95, K: 2014/176 sayılı kararı ile şekillenen hükümler, günümüze kadar uygulanmaya devam etmiştir. Hukuki el atmalara ilişkin ise 6745 sayılı Kanun yapılan düzenlemeler, Anayasa Mahkemesi’nin E: 2016/196, K: 2018/34 sayılı ve E: 2016/181, K: 2018/111 sayılı kararları ile son halini alarak halen yürürlükte olan hükümler oluşmuştur. Bir sonraki dönemde, kanun koyucu tarafından hukuki el atma kavramının oluşmasına sebep olan kısıtlılığın kaldırılmasına yönelik hükümler düzenlenmiştir.

## **2.8 Sürecin Son Unsuru: 7181 Sayılı Tapu Kanunu ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun’un ve Arazi ve Arsa Düzenlemeleri Hakkında Yönetmelik Dönemi**

Anayasa Mahkemesi’nin 20.12.2018 tarihli ve E: 2016/181, K: 2018/111 sayılı kararı (URL-16) ile 6745 sayılı Kanunla düzenlenen birçok hükmün iptal etmesinden sonra, 22.02.2020 tarihli ve 31047 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Arazi ve Arsa Düzenlemeleri Hakkında Yönetmelik ile hukuki el atılan taşınmazlara ilişkin düzenlemeler yapılmıştır. Bu düzenlemeler, 04.07.2019 tarihli ve 7181 sayılı Tapu Kanunu ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun’un

7'nci maddesi ile değiştirilen 3194 sayılı İmar Kanunu'nun 13'üncü maddesine dayanmaktadır. Yapılan bu değişiklik, hukuki el atılan taşınmazlara ilişkin kısmen sorunun çözümüne odaklanan bir düzenlemedir. Kanun koyucu tarafından maddenin gerekçesinde, uygulama imar planlarında umumi hizmet alanına ayrılan veya kamulaştırılması gereken alanların kamu eline geçmesinin sağlanmasının ve kamulaştırma yükü ile kamulaştırmazsız el atmadan kaynaklanan sorunların azaltılmasının amaçlandığı belirtilmiştir. Maddenin 2'nci fıkrasında, düzenleme ortaklık payına konu kullanımlardan yol, meydan, ibadet yerleri, park ve çocuk bahçeleri hariç olmak üzere yapı yapılabilecek diğer alanlarda, alanların kamuya geçişi sağlanıncaya kadar plandaki kullanım amacına uygun özel tesis yapılabilmesi hüküm altına alınmıştır. Ancak bu durum, maliklerinin talebine ve ilgili kamu kuruluşunun uygun görüşüne bağlanmıştır. Bu fıkranın uygulanmasına ilişkin usul ve esaslar ise Yönetmelik'in 6'ncı maddesinde verilmiştir. Bu maddelere göre, düzenleme ortaklık payına konu kullanımlardan yol, meydan, ibadet yerleri, park ve çocuk bahçeleri hariç olmak üzere yapı yapılabilecek diğer alanlarda, madde içeriğinde verilen kurallara bağlı olarak, plandaki kullanım amacına uygun özel tesis yapılabilmesi düzenlenmiştir. Böylelikle, taşınmazlarına hukuki el atılan maliklerden bazılarının belirli kısıtlamalar dâhilinde de olsa imar hakkını kullanabilmesi sağlanmış ve piyasada işlem görebilmesi kolaylaşmıştır.

Aslında bu yaklaşım, düzenlemeden önce de belediyeler tarafından hukuki el atma davalarının sonuçlarından kaçmak üzere kullanılmaktaydı. Bu bağlamda, belediyelerce hukuki el atılan taşınmazların kamusal fonksiyonlarının, özel fonksiyona dönüştürülmesi gerçekleştirilmekteydi. Örneğin; Ankara Büyükşehir Belediye Meclisinin 14.01.2013 tarihli ve 150 no'lu kararında (URL-21), "Spor Alanı" fonksiyonunda kalan parselin maliklerince idare aleyhine açılan kamulaştırmazsız el atma davasında, kararın idare aleyhine olması sebebiyle taşınmazın plan amacına uygun kullanılabilmesi amacıyla "Özel Spor Alanı" fonksiyonuna dönüştürülmesi kararlaştırılmıştır.

Düzenlemede, imar planı ile kısıtlanan taşınmazlarda yapılacak ilgili fonksiyona özgü özel tesisin kamuya geçişi sağlanıncaya kadar kullanılması belirtilmiştir. Ayrıca bu işlemin yapılabilmesi için de hem söz konusu fonksiyon sınırları içerisinde yer alan tüm maliklerin talebinin hem de ilgili idarenin onayının olması hüküm altına alınmıştır. Bu koşulların sağlanması durumunda ise ilgili özel tesisin izin verilen hali ile kalmasını sağlayacak kurallar, maddenin 2'nci fıkrasında düzenlenmiştir. Bu kapsamda, taşınmazın tapu kütüğünün beyanlar hanesine, ilgili idare tarafından imar planındaki kullanım fonksiyonu ve süresi ile imar planındaki kullanım amacı dışında kullanılmayacağı, hiçbir şekilde imar plan değişikliği ile özel mülkiyete konu fonksiyon getirilemeyeceği, umumi ve kamu hizmet fonksiyonu dışında kullanılmayacağına dair belirtme yapılması düzenlenmiştir. Maddenin 3'üncü fıkrasında, söz konusu tesisin izin, projelendirme ve inşaat aşamalarını da içeren tüm proje ve yapım işlemlerinde, tesisten yükümlü idare ile bağlı olduğu idarenin kontrol ve takibinde gerçekleşmesi düzenlenmiştir. Maddenin 4'üncü fıkrasında ise ilgili tesisin maliklerince kullanımına ve kamuya geçişine ilişkin hükümler düzenlenmiştir. Bu kapsamda malik tarafından yapılacak tesisin 10 yıl malik tarafından kullanılması ve idarenin onayına bağlı olarak kullanımın 5'er yıllık süreler halinde yenilenebileceği düzenlenmiştir. İdarenin ilgili taşınmazı kamulaştırmaya karar vermesi durumunda, izin verilen sürenin bitimine bir yıl kala malike bildirme zorunluluğu düzenlenmiştir. Kullanım süresinin bitmesinden sonra, kamu hizmetini sağlamakla yükümlü idare tarafından parsel ve üzerinde izin verilen yapının Kamulaştırma Kanunu'na göre kamulaştırılarak kamuya geçişinin sağlanacağı belirtilmiştir. Yapılan bu düzenleme özü itibarıyla 6785 sayılı Kanun'da yer alan, maliklerin idareye başvurmalarından itibaren beş yıl içerisinde kamulaştırılmadığı takdirde inşaat haklarını kullanmalarına geçici olarak izin veren hükme benzemektedir. Her iki düzenlemede de kanun koyucu tarafından benimsenen yaklaşım; maliklerin inşaat yapabilme kısıtlılığının ortadan kaldırılması durumunda, el atmanın da ortadan kalkacağıdır. Bu bağlamda düzenleme, donatı alanlarında özel tesis yapılması ile planlama kapsamında tartışmalı olsa da bu kapsamdaki taşınmazlarda el atma olgusunu ortadan kaldıracaktır. Bu durum, devam eden ve açılacak birçok hukuki el atma davalarını doğrudan engelleyecektir. Çünkü hukuki el atmanın varlığı, mülkiyet hakkının kısıtlanmış olmasına bağlıdır. Bu kapsamda, taşınmazların imar planıyla hizmet alanlarına ayrılmış ve

taşınmaz üzerinde yapılaşmanın kısıtlanmış olması gerekmektedir. Taşınmazların imar planıyla hizmet alanına ayrılmasına rağmen malik tarafından özel kullanımının ve yapı yapılabilmesinin mümkün olması durumunda, hukuki el atma ortadan kalkmış olacaktır. Bu kapsamda, Danıştay Altıncı Dairesinin 18.10.2016 tarihli, E: 2016/199, K: 2016/5740 sayılı ve 27.09.2016 tarihli, E: 2015/9786 K: 2016/4868 sayılı kararları (aktaran: [Yavuz, 2018](#), s. 104) örnek teşkil etmektedir. Bu kararlarda, plan değişikliği yapılarak imar planında spor alanı olan taşınmazın, "özel spor alanı" ve sosyal kültürel tesis alanı olarak belirlenen taşınmazın, "özel sosyal kültürel tesis alanı" olarak değiştirilmesiyle mülkiyet hakkının hukuka aykırı bir şekilde kısıtlandığından bahsedilemeyeceğine ve hukuki el atma nedeniyle ödenmesi gereken bir tazminatın bulunmadığına karar verilmiştir. Danıştay Altıncı Daire tarafından verilen bu kararlarda, dava konusu taşınmazlar için sadece kamu eliyle yapılaşması zorunluluğunun ortadan kalktığı ve malikler tarafından yapılaşma hakkının kullanılabilmesi belirtilmiştir. Ayrıca bu kararlarda, özel mülkiyete konu olacak şekilde kullanım amacının değiştirilmesiyle ortada imar planından kaynaklanan nedenlerle kamulaştırılması gereken bir taşınmaz ya da ödenmesi gereken bir tazminatın kalmamasıyla mülkiyet hakkının hukuka aykırı bir şekilde kısıtlandığından bahsedilemeyeceği belirtilmiştir. Bu kararlardan yola çıkıldığında, 3194 sayılı Kanun'da yapılan düzenleme ile Kanun'da belirtilen alanlarda, plandaki kullanım amacına uygun özel tesis yapılabilmesinin sağlanması, hukuki el atma davalarının sayısını azaltacaktır. Düzenleme, kısa vadede hukuki el atma olarak değerlendirilen ve değerlendirilecek taşınmazları ve ödenmesi gereken tazminat ve kamulaştırma bedellerini azaltacaktır. Ancak uzun yıllar boyunca maddi imkânsızlıklar sebebiyle yalnızca parselin kamulaştırmasını gerçekleştiremeyen idarelerin aradan geçecek en az 10 yıllık sürenin sonunda, parsel ek olarak yapının değerinin de eklenmesiyle oluşacak yüksek kamulaştırma bedelini karşılayamayacağı düşünülmektedir. Bu işleme talebin çok olması durumunda ise gelecekte yeni istisnai hükümlerin, bu sefer 3194 kapsamında gerçekleştirilmesi ya da kamusal hizmetlerin kamu yerine özel sektör tarafından üretilmesi ve işletilmesi olasıdır.

Bu düzenlemenin arsa ve arazi düzenlemesi uygulamalarında, düzenleme ortaklık payının Kanun'da öngörülenden fazla çıkması durumunda, idareler tarafından gerçekleştirilmesi gereken kamulaştırma işlemlerinde de uygulanması olasıdır. Kanun koyucu tarafından, düzenleme sahasındaki umumi ve kamu hizmet alanlarının yüzde kırk beşi (%45) aşması durumunda, parsellerin kamu ve umumi hizmet alanlarına denk gelen kısımlarının özel mülkiyet adına tescil edilmesi hüküm altına alınmıştır. Bu parsellere, hizmeti vermekle sorumlu kurumca kamulaştırılacağı şerhi düşülecektir. Bu kapsamda, taşınmazlardan hangilerinin bedelsiz DOPO kesintisiyle, hangilerinin ise kamulaştırma ile karşılanacağı Yönetmelik'in 14'üncü maddesinde verilen sıralamaya göre belirlenecektir. Sıralama incelendiğinde, DOPO ile edinimde, önceliğin yol, su yolu, meydan, park, otopark, çocuk bahçesi/parkı, yeşil alan, ibadet yeri ve karakol gibi özel tesis yapılmasına konu olmayan alanlarda olduğu görülmektedir. Oysa özel tesis yapılmasına konu olabilecek eğitim tesis alanları ile kreş alanları 2'nci sırada, sağlık tesis alanları 4'üncü sırada ve sosyal, kültürel tesis alanları 7'nci sırada tanımlanmıştır. Böylelikle, özel mülkiyete konu olabilecek alanların DOPO dışında kalmaları olasıdır. Yönetmelik'te, kamulaştırılması gereken taşınmazların parsellasyon işleminin tescilinden itibaren 5 yıl içerisinde kamu mülkiyetine geçirilmesinin zorunlu olduğu ve bu süre, sorumlu idarenin kararı ile gerekçeleri belirtilerek en fazla 1 yıl uzatılabileceği belirtilmiş olsa da tıpkı imar programlarında olduğu gibi işlemi gerçekleştirmeyen idareler hakkında herhangi bir hüküm bulunmamaktadır. Bu hali ile yeni hukuki el atmaların ve buna bağlı olarak da umumi hizmet alanlarının özel mülkiyete konu olmasının mümkün olduğu düşünülmektedir. Yapılan bu düzenlemenin henüz yürürlüğe girmesi ve 10.07.2019 tarihinden sonra onaylanacak parsellasyon planlarında geçerli olması sebebiyle henüz uygulama örneği ve buna bağlı olarak gerçekleşen olumlu ya da olumsuz etkileri tespit edilememiştir.

Bu dönem içerisinde fiili ve hukuki el atılan taşınmazlara ilişkin geçerli olan hükümler değişmemiştir. Bu dönemde düzenleme ortaklık payına konu kullanımlardan yol, meydan, ibadet yerleri, park ve çocuk bahçeleri hariç olmak üzere yapı yapılabilecek diğer alanlarda kısıtlılığının ortadan kaldırılmasına yönelik düzenlemeler yapılarak hukuki el atma kavramı



kapsamındaki taşınmazların sayısı azaltılmıştır.

### 3. Sonuçlar ve Öneriler

Bu makalede, kamulaştırmasız el atma kavramının tüzel gelişiminin tanımlanması ve incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca ulaşmak üzere kamulaştırmasız el atma kavramı, 1956 ile 2020 yılları arasındaki temel kanun düzenlemeleri ve yargı kararları bakımından bir süreç içerisinde incelenmiş ve farklı hükümlerin geçerli olduğu dönemlere ayrılmıştır. Bu dönemlerin başlangıcını YİBBGK'nin 16.05.1956 tarih ve E: 1956/1, K: 1956/6-7 sayılı İçtihadı Birleştirme Kararı (URL-5) oluşturmaktadır. Kamulaştırmasız el atma kavramı, ilk kez bu kararda kabul edilmiştir. Bu karar sonrasında düzenlenen 09.10.1956 tarihli ve 6830 sayılı İstimlak Kanunu'nda herhangi bir hükme yer verilmemiş ancak bu tarihe kadar kamulaştırması yapılmayan taşınmazlar, 12.01.1961 tarihli ve 221 sayılı Amme Hükmi Şahıslar veya Müesseseleri Tarafından Fiilen Amme Hizmetlerine Tahsis Edilmiş Gayrimenkuller Hakkındaki Kanun ile kamulaştırılmış sayılmıştır. Bu dönemden sonra, 08.11.1983 tarihli ve 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu'nun 38'inci maddesiyle kamulaştırmasız el atılan taşınmazlara, el atma tarihinden başlamak üzere yirmi yıl ile sınırlayan hak düşürücü süre getirilmiştir. Ancak bu düzenleme, Anayasa Mahkemesi'nin 10.04.2003 tarihli, E: 2002/112 ve K: 2003/33 sayılı kararıyla (URL-7) iptal edilmiştir. İptal kararı sonucu ortaya çıkan uygulama farklılığını ve mağduriyetleri gidermek üzere, 08.06.2010 tarihli ve 5999 sayılı Kanun ile 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu'na istisnai hükümler içeren geçici 6'ncı madde eklenmiştir. Ayrıca kamulaştırmasız el atma kavramının kapsamı, YHGK'nin 15.12.2010 gün ve 2010/5-662 esas, 2010/651 sayılı kararıyla (URL-5) hukuki el atmaları da kapsayacak şekilde genişletilmiştir. Bu tarihten sonra geçici 6'ncı madde ile getirilen istisnai hükümlerin geleceğe yönelik olarak uygulanmasını amaçlayan 25.02.2011 tarihli ve 6111 sayılı Kanun ile düzenlenen hükümler, 01.11.2012 tarihli ve E:2010/83, K:2012/169 sayılı Anayasa Mahkemesi kararıyla (URL-8); 11.06.2013 tarihli ve 6487 sayılı Kanun ile düzenlenen hükümler, 13.11.2014 tarihli ve E: 2013/95, K: 2014/176 sayılı Anayasa Mahkemesi kararıyla (URL-9); son olarak da 20.08.2016 tarihli ve 6745 sayılı Kanun ile düzenlenen hükümler, 20.12.2018 tarihli ve E: 2016/181, K: 2018/111 sayılı Anayasa Mahkemesi kararlarıyla (URL-16) iptal edilmiştir. Böylelikle, kanun koyucunun kamulaştırmasız el atma davalarında, istisnai hükümlerin geçerli olduğu 09.10.1956 ile 04.11.1983 dönemini genişleterek, istisnai hükümlere tabi olacak taşınmazların artırılmasını amaçlayan farklı kanunlarla düzenlenen girişimleri, her defasında Anayasa Mahkemesi kararlarıyla iptal edilerek gerçekleştirilememiştir. Kamulaştırma Kanunu'nda yapılan son düzenlemeler ise kamulaştırma bedellerinin ödenmesine ilişkin olup 30.05.2019 tarihli ve 7176 sayılı Bazı Kanunlar ile 635 Sayılı Kanun Hükmünde Kararnamede Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun ve 24.12.2019 tarihli ve 7201 sayılı Kamulaştırma Kanunu ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun ile düzenlenmiştir.

Kamulaştırmasız el atmaya ilişkin son dönem, Arazi ve Arsa Düzenlemeleri Hakkında Yönetmelik ile hukuki el atılan taşınmazlara ilişkin düzenlemeleri içermektedir. Bu düzenlemelerin dayanağını da 04.07.2019 tarihli ve 7181 sayılı Tapu Kanunu ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun'un 7'nci maddesi ile değiştirilen 3194 sayılı İmar Kanunu oluşturmaktadır. Yapılan bu değişiklik, hukuki el atılan taşınmazlara ilişkin kısmen sorunun çözümüne odaklanması bakımından, süreçteki diğer düzenlemelerden ayrılmaktadır. Düzenleme ile düzenleme ortaklık payına konu kullanımlardan yol, meydan, ibadet yerleri, park ve çocuk bahçeleri hariç olmak üzere yapı yapılabilecek diğer alanlarda, alanların kamuya geçişi sağlanıncaya kadar maliklerinin talebi hâlinde, ilgili kamu kuruluşunun uygun görüşü alınarak, plandaki kullanım amacına uygun özel tesis yapılabilmesi hüküm altına alınmıştır. Düzenleme, her ne kadar kamusal tesislerin özel mülkiyete dönüşümü kapsamında planlama açısından tartışmalı olsa da taşınmazlardaki kısıtlılığı ve el atma olgusunu ortadan kaldıracaktır. Bu kapsamda, mevcut ve ileride açılacak birçok hukuki el atma davalarını da doğrudan engelleyecektir. Ancak yapılan değişikliğin yeni üretilen planlarda, standart bir işlem haline gelmesi ya da kapsamının farklılaştırılması engellenmelidir. Bu sebeple işlemin yalnızca hukuki el atma kapsamındaki taşınmazlara uygulanması ya da her bir fonksiyon

bakımından mahalle, ilçe ya da il ölçeğinde, bu kapsamda izin verilebilecek toplam donatı sayısı ya da alanı ile sınırlandırılması sağlanmalıdır.

Kamulaştırmatsız el atma sorununun temel sebebi, imar programlarının ve imar planlarının, idarelerin planda yer alan hizmet alanlarının edinimini sağlayacak finansmana ve diğer kaynaklara sahip olmaması sebebiyle uzun yıllar gerçekleştirilememesidir. Ancak bu durum, kanun koyucu tarafından sorunun çözümüne ilişkin çıkarılan kanunların çoğunda göz ardı edilmiştir. Kamulaştırmatsız el atma kavramına ilişkin her bir dönemde geçerli olan hükümler, kanun koyucunun kamulaştırmatsız el atma problemine olan yaklaşımı, yüksek yargı makamlarının duruşu, maliklerin mülkiyet haklarına ve idarelere olan etkileri ve elde edilen sonuçlar bakımından irdelenmiştir. Bu kapsamda yapılan değerlendirmeler, her bir dönem içerisinde verilmiştir. Özet olarak 1956 yılından günümüze kadar farklı hükümlerin geçerli olduğu her bir dönemde, kanun koyucunun kamulaştırmatsız el atmaya ilişkin temel yaklaşımı; kamulaştırmatsız el atılan taşınmazların kapsamının daraltılması, kamulaştırılmış sayılması, mülkiyet haklarının kısıtlanması ya da ötelenmesi, mülkiyet hakkını kısıtlayan hükümlere göre sonuçlandırılan dava sayısının artırılması gibi mülkiyet hakkının ölçsüz biçimde sınırlandırılmasına ve hakkın özüne dokunarak kullanılamaz hâle gelmesine yol açacak niteliktedir. Süreç içinde kanun koyucunun mülkiyet hakkını kısıtlayıcı benzer yaklaşımları, sıklıkla yüksek mahkeme kararlarına konu olmuş, bazı hükümler iptal edilirken bazı hükümler günümüze kadar yürürlükte kalmıştır. Bu durum, kamulaştırmatsız el atma kavramını düzenleyen hükümlerin, süreç içinde bir karmaşa haline gelmesine ve farklı dönemlerde el atmanın niteliğine ve tarihine göre farklılaşmasına sebep olmuştur.

Kamulaştırmatsız el atmaya ilişkin 1950'lerden başlayan ve 2020 yılına gelen süreç, kanun düzenlemeleri ve yargı kararlarıyla şekillenmiş ve geçerli hükümler, el atmanın hukuki ya da fiili olmasına bağlı olarak ayrılmıştır. Tüzede, fiili el atmalara ilişkin hükümler, el atmanın gerçekleştiği tarihe bağlı olarak üç farklı zaman aralığı olarak düzenlenmiştir. 09.10.1956 tarihinden önce gerçekleşen tüm fiili el atmalarda, 12.01.1961 tarihli ve 221 sayılı Amme Hükmi Şahıslar veya Müesseseleri Tarafından Fiilen Amme Hizmetlerine Tahsis Edilmiş Gayrimenkuller Hakkındaki Kanun esasları geçerlidir. 09.10.1956-04.11.1983 arasında gerçekleşen fiili el atmalarda, 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu'nun geçici 6'ncı maddesinde belirtilen esaslar geçerlidir. 04.11.1983 tarihinden sonra gerçekleşen el atmalarda ise her ne kadar kanun koyucu tarafından 09.10.1956 - 04.11.1983 tarihlerinde el atılan taşınmazlara ilişkin hükümlerin geçerli olmasına yönelik 6111, 6487 ve 6745 sayılı Kanun'lar düzenlenmiş olsa da her biri Anayasa Mahkemesi tarafından iptal edildiğinden (URL-8; URL-9), kamulaştırmatsız el atmanın tüzel süreç içinde ilk defa tanındığı YİBBGK'nin 16.05.1956 tarih ve E: 1956/1, K: 1956/6-7 sayılı İçtihadı Birleştirme Kararında (URL-5) belirtilen esaslar uygulanacaktır. Tüzede, hukuki el atmalara ilişkin hükümler ise el atmanın niteliğine bağlı olarak ikiye ayrılmaktadır. Hukuki el atmanın, uygulama imar planlarında umumi hizmetlere ve resmî kurumlara ayrılmak suretiyle mülkiyet hakkının özüne dokunacak şekilde tasarrufu hukuken kısıtlanan taşınmazlara ilişkin olması durumunda, 6745 sayılı Kanun hükümleri geçerlidir. Ayrıca bu taşınmazlar için belirli koşullar altında, plandaki kullanım amacına uygun özel tesis yapılabilmesi mümkündür. Bu taşınmazlar dışında, konumu itibarıyla kısıtlı olan ve uygulama imar planı haricindeki planlarla ya da Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu, Boğaziçi Kanunu gibi kanunların uygulamasıyla tasarrufu kısıtlanan taşınmazlar hakkında, YHGK'nin 15.12.2010 tarihli, E: 2010/5-662, K: 2010/651 sayılı kararında (URL-5) belirtilen esaslar geçerlidir.

## Kaynaklar

- Bayındırlık ve İskân Bakanlığı. (2009). Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Kentleşme Şurâsı 2009 Komisyon Raporları, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, [https://webdosya.csb.gov.tr/db/kentges/editorosya/komisyon\\_raporlari.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/kentges/editorosya/komisyon_raporlari.pdf) (Erişim Tarihi: 19 Haziran 2020)
- Çağdaş, V. (2001). 2942 Sayılı Kamulaştırma Yasası'nda Yapılan Değişikliklere Taşınmaz Değerlemesi Açısından Bakış, *Mülkiyet*, 42,

16-19.

- Demir, K., & Çabuk, S. (2010). Türkiye’de metropoliten kentlerin nüfus gelişimi. *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(28), 193-215.
- Kaplan, G. (2012). Yeni Yasal Düzenlemelere Göre Kamulaştırmaz El Koyma Sebebiyle Doğan Tazmin Hakkının Tabi Olduğu Usul ve Esaslar, *Türkiye Barolar Birliği Dergisi*, 2012/99, 125-150.
- Karaca, E. (2018). Kamulaştırmaz El Koyma’nın Unsurları ve Kamulaştırmaz El Koymaya Karşı Yargısal Başvuru Yolları, *Türkiye Barolar Birliği Dergisi*, 2018/137, 273-309.
- Yalçınduran, T. (2017). 6745 Sayılı Kanun ile Hukuki El Koymalara Dair Yapılan Değişiklikler ile Hukuki ve Fiili El Koymalara Uygulanacak Hükümler, *Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 66(2), 491-515.
- Yavuz, S. (2018). *İmar Hukukunda Hukuki El Atma* (Yüksek Lisans Tezi), Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- URL-1: Türkiye İstatistik Kurumu, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Verileri, [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1059](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059), (Erişim Tarihi: 19 Haziran 2020).
- URL-2: ÇŞB. (2011). 2011 yılı KENTGES Belediyeler Anketi Raporu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, [https://webdosya.csb.gov.tr/db/kentges/editordosya/anket\\_381.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/kentges/editordosya/anket_381.pdf), (Erişim Tarihi: 19 Haziran 2020).
- URL-3: ÇŞB. (2014). 2013-2014 yılı KENTGES Belediyeler Anketi Raporu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, [https://webdosya.csb.gov.tr/db/kentges/editordosya/kentges\\_2014\\_anket\\_raporu.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/kentges/editordosya/kentges_2014_anket_raporu.pdf), (Erişim Tarihi: 19 Haziran 2020).
- URL-4: ÇŞB. (2016). 2016 yılı KENTGES Belediyeler Anketi Raporu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/kentges/icerikler/anket-raporu-2016-v9-20191128081146.pdf>, (Erişim Tarihi: 19 Haziran 2020).
- URL-5: HukukTürk Hukuk Portalı, <http://www.hukukturk.com>, (Erişim Tarihi: 19 Haziran 2020).
- URL-6: 21 Şubat 2008 tarihli ve 26794 sayılı Resmî Gazete, Anayasa Mahkemesi’nin 17.01.2008 tarihli ve E: 2004/25, K: 2008/42 sayılı kararı, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/02/20080221-14.htm>, (Erişim Tarihi: 19 Haziran 2020).
- URL-7: 4 Kasım 2003 tarihli ve 25279 sayılı Resmî Gazete, Anayasa Mahkemesi’nin 10.04.2003 tarihli, E: 2002/112 ve K: 2003/33 sayılı kararı, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2003/11/20031104.htm#11>, (Erişim Tarihi: 19 Haziran 2020).
- URL-8: 22 Şubat 2013 tarihli ve 28567 sayılı Resmî Gazete, Anayasa Mahkemesi’nin 01.11.2012 tarihli ve E: 2010/83, K: 2012/169 sayılı kararı, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/02/20130222-10.htm>, (Erişim Tarihi: 19 Haziran 2020).
- URL-9: 13 Mart 2015 tarihli ve 29294 sayılı Resmî Gazete, Anayasa Mahkemesi’nin 13.11.2014 tarihli ve E: 2013/95, K: 2014/176 sayılı kararı, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/03/20150313-10.pdf>, (Erişim Tarihi: 19 Haziran 2020).
- URL-10: 29 Haziran 2000 tarihli ve 24093 sayılı Resmî Gazete, Anayasa Mahkemesi’nin 29.12.1999 tarihli ve E: 1999/33, K: 1999/51 sayılı kararı, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2000/06/20000629.htm#11>, (Erişim Tarihi: 19 Haziran 2020).
- URL-11: Anayasa Mahkemesi Hüseyin Ünal başvurusu, T: 20.09.2018 ve Başvuru No: 2017/24715; <https://kararlarbilgibankasi.anayasa.gov.tr/BB/2017/24715>, (Erişim Tarihi: 19 Haziran 2020)
- URL-12: Anayasa Mahkemesi Bülent Eren ve Diğerleri Başvurusu, T: 31.10.2018, Başvuru No: 2017/27308 <https://kararlarbilgibankasi.anayasa.gov.tr/BB/2017/27308>, (Erişim Tarihi: 19 Haziran 2020)
- URL-13: Ankara 2’nci İdare Mahkemesinin E:2016/196 sayılı kararı, [https://www.anayasa.gov.tr/Kararlar/GenelKurul/Basvuru\\_Karari/2018-34.pdf](https://www.anayasa.gov.tr/Kararlar/GenelKurul/Basvuru_Karari/2018-34.pdf), (Erişim Tarihi: 19 Haziran 2020).
- URL-14: Adana 3. İdare Mahkemesinin E:2017/41 sayılı kararı, [https://www.anayasa.gov.tr/Kararlar/GenelKurul/Basvuru\\_Karari/2017-34.pdf](https://www.anayasa.gov.tr/Kararlar/GenelKurul/Basvuru_Karari/2017-34.pdf), (Erişim Tarihi: 19 Haziran 2020).
- URL-15: 25 Mayıs 2018 tarihli ve 30431 sayılı Resmî Gazete, Anayasa Mahkemesi’nin 28.03.2018 tarihli ve E: 2016/196 ve K: 2018/34 sayılı kararı, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/05/20180525-14.pdf>, (Erişim Tarihi: 19 Haziran 2020).
- URL-16: 05 Nisan 2019 tarihli ve 30736 sayılı Resmî Gazete, Anayasa Mahkemesi’nin 20.12.2018 tarihli ve E: 2016/181, K: 2018/111 sayılı kararı, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/04/20190405-4.pdf>, (Erişim Tarihi: 19 Haziran 2020).
- URL-17: Adli İstatistikler 2015, T.C. Adalet Bakanlığı Adli Sicil ve İstatistik Genel Müdürlüğü, <https://adlisicil.adalet.gov.tr/Resimler/SayfaDokuman/27820191140372015.pdf>, (Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2020).
- URL-18: Adli İstatistikler 2016, T.C. Adalet Bakanlığı Adli Sicil ve İstatistik Genel Müdürlüğü, <https://adlisicil.adalet.gov.tr/Resimler/SayfaDokuman/27820191126572016.pdf>, (Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2020).
- URL-19: Adli İstatistikler 2017, T.C. Adalet Bakanlığı Adli Sicil ve İstatistik Genel Müdürlüğü, <https://adlisicil.adalet.gov.tr/Resimler/SayfaDokuman/27820191126572017.pdf>, (Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2020).

.gov.tr/Resimler/SayfaDokuman/2682019155449istatistik2017.pdf, (Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2020).

URL-20: Adli İstatistikler 2018, T.C. Adalet Bakanlığı Adli Sicil ve İstatistik Genel Müdürlüğü, <https://adlisicil.adalet.gov.tr/Resimler/SayfaDokuman/2082019153842istatistik2018.pdf>, (Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2020).

.gov.tr/Resimler/SayfaDokuman/2082019153842istatistik2018.pdf, (Erişim Tarihi: 18 Temmuz 2020).

URL-21: Ankara Büyükşehir Belediye Meclisinin 14.01.2013 tarihli ve 150 no'lu kararı, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/04/20190405-4.pdf>, (Erişim Tarihi: 19 Haziran 2020).