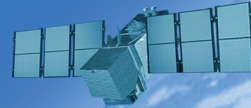


[Cilt/Volume:11] [Sayı/Issue:02] [Kasım/November 2024] [Dergi No/Journal No.:120] [ISSN: 2147-1339] [e-ISSN: 2667-8519]

JEODEZİ VE JEOİNFORMASYON DERGİSİ

JOURNAL OF
GEODESY AND GEOINFORMATION



TMMOB

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

UCTEA Chamber of Survey and Cadastre Engineers



TMMOB

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Yayıncı / Publisher

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

Yayın İdare Merkezi / Head Office

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

Tasarım ve Mizanpaj / Design & Layout

Önder Olgun Bökü
Tel: +90 532 694 72 80 E-Posta: info@boyutmatbaa.com

Baskı & Cilt / Printing & Binding

Elma Teknik Basım Matbaa
İvedik org.san.1354 Cadde. Fora İş Merkezi. 138/18 Yenimahalle / Ankara
E-Posta: elma@elmateknikbasim.com.tr Tel: +90 (312) 229 92 65

Basım Tarihi /Publication Date: Kasım 2024 / November 2024

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:11] [Sayı/Issue:02] [Kasım/November 2024] [Dergi No/Journal No.:120]

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

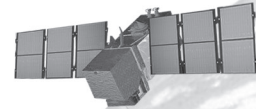


UCTEA

Chamber of Survey and Cadastre Engineers

JEODEZİ VE JEOİFORMASYON DERGİSİ

JOURNAL OF
GEODESY AND GEOINFORMATION



TMMOB

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

UCTEA Chamber of Survey and Cadastre Engineers

JEODEZİ VE JOURNAL OF GEODESY

EDİTÖR / EDITOR IN CHIEF

Prof. Dr. Bahattin ERDOĞAN
Yıldız Teknik Üniversitesi
İstanbul

EDİTÖR YARDIMCILARI / CO-EDITORS

Prof. Dr. Tank TÜRK
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi
Sivas

Prof. Dr. Nursu TUNALIOĞLU
Yıldız Teknik Üniversitesi
İstanbul

EDİTÖR KURULU / EDITORIAL BOARD

Prof. Dr. Ali Melih BAŞARANER
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

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

Prof. Dr. Atıncı PIRTI
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Aydın ÜSTÜN
Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

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

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. Emine Tanır KAYIKÇI
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

Prof. Dr. Erol KÖKTÜRK
Okan Üniversitesi, İstanbul

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

Prof. Dr. Ferruh YILDIZ
Konya Teknik Üniversitesi, Konya

Prof. Dr. Halil AKINCI
Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin

Prof. Dr. Haluk ÖZENER
Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Haluk KONAK
Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli

Prof. Dr. Hülya DEMİR
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

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

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

Prof. Dr. İsmail Rakıp KARAŞ
Karabük Üniversitesi, Karabük

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

Prof. Dr. Metin SOYCAN
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Mualla YALÇINKAYA
Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon

Prof. Dr. Murat UYSAL
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar

Prof. Dr. Mustafa TÜRKER
Hacettepe Üniversitesi, Ankara

Prof. Dr. Naci YASTIKLI
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Nebiye MUSAOĞLU
İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Necla ULUĞTEKİN
İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Oğuz GÜNGÖR
Ankara Üniversitesi, Ankara

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

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

Prof. Dr. Sebahattin BEKTAŞ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

Prof. Dr. Sultan KOCAMAN GÖKÇEOĞLU
Hacettepe Üniversitesi, Ankara

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 AVDAN
Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir

Prof. Dr. Uğur DOĞAN
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

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

Doç. Dr. Alper ŞEN
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Doç. Dr. Caner GÜNEY
İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Doç. Dr. Melis UZAR
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

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

Doç. Dr. Muzaffer Can İBAN
Mersin Üniversitesi, Mersin

Doç. Dr. Nusret DEMİR
Akdeniz Üniversitesi, Antalya

Doç. Dr. Saygın ABDİKAN
Hacettepe Üniversitesi, Ankara

Doç. Dr. Taylan ÖCALAN
Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Doç. Dr. Utkan Mustafa DURDAĞ
Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin

Doç. Dr. Zeynel Abidin POLAT
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İzmir

Dr. Öğr. Üyesi Ali Hasan DOĞAN
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat

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

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

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. Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi, 2019 yılından itibaren ULAKBİM TR DİZİN'de yer almaktadır.

Amaç ve Kapsam

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

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

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

Makale Gönderme

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

Telif Hakkı Bildirimi

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

Yayın Etiği

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

About the Journal

Journal of Geodesy and Geoinformation is a peer-reviewed, semiannual (May and November), open access journal, which covers original scientific manuscripts, published by UCTEA Chamber of Surveying and Cadastre Engineers, Turkey. The Journal of Geodesy and Geoinformation has been indexed in ULAKBİM TR DİZİN since 2019.

Aim and Scopes

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

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

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

Submission of Manuscript

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

Copyright Information

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

Publication Ethics

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

İÇİNDEKİLER

CONTENTS

ARAŞTIRMA MAKALELERİ / RESEARCH ARTICLES

- Deniz kadastro su üzerine yapılan araştırmaların bibliyometrik analizi
A bibliometric analysis of marine cadastre research 80-95
Halil Burak AKDENİZ, Şaban İNAM
- Evaluation of zoned public real property parcels as small industrial site and model proposal: SISPE
Kamuya ait imarlı parsellerin küçük sanayi sitesi olarak değerlendirilmesi ve model önerisi: SISPE.....96-115
Mehmet Aziz SAYAR, Mustafa ULUKAVAK
- Üretken uzamsal zekânın getirdiği paradigma değişimi
Paradigm shift by generative spatial intelligence..... 116-148
Caner GÜNEY
- Determining soil moisture with Sentinel-1 image
Sentinel-1 görüntüsü ile toprak neminin belirlenmesi 149-156
Rutkay ATUN, Onder GURSOY
- Karadeniz akıntı ve batimetri profilinin kıyı kirliliğine etkisi
The effect of the Black Sea current and bathymetry profile on coastal pollution..... 157-170
Muhsin KANBAZ, Melis UZAR
- Arazi ve arsa düzenlemede kamulaştırma amaçlı tahsis yaklaşımının incelenmesi
An analysis of the allocation for expropriation approach in land readjustment..... 171-189
Ahmet YILMAZ , Oytun YILMAZ

Deniz kadastro üzerine yapılan araştırmaların bibliyometrik analizi

Halil Burak Akdeniz^{1*} , Şaban İnam¹ 

¹Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Selçuklu, Konya.

Öz: Günümüzde ekonomik, ekolojik, yasal ve sosyal unsurların altyapısını oluşturan kadastro; kıyı ve denizel alanlar için de bir gereksinimdir. Deniz kadastro konusundaki bilimsel araştırmaların nicel bir analizi; bu alandaki önemli bilgi boşluklarını doldurmak, doğru kurumsal politikalar ve stratejilerin geliştirilmesine rehberlik etmek ve 'sürdürülebilir denizel alan yönetimi' anlayışını güçlendirmek açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu çalışmanın amacı, deniz kadastro literatürünün bibliyometrik bir analizinin yapılmasıdır. Veriler, SCOPUS ve Web of Science veri tabanlarından elde edilmiş, Bibliometrix-R ve Vosviewer yazılımları kullanılarak analiz edilmiştir. Araştırmalar, bilimsel yayınların başlık, özet ve anahtar kelimelerinde 'marine cadastre' veya 'maritime cadastre' terimleri aranarak gerçekleştirilmiştir. Deniz kadastro ile ilgili ilk çalışma, 2001 yılında yayımlanmış ve 2024 yılına kadar toplam 35 adet yayın yayımlanmıştır. Yıllık yayın sayısı durağan bir eğilim göstermiştir. Trinidad ve Tobagolu araştırmacı "Micheal Sutherland", alanyazındaki en üretken isimdir. Bilimsel üretkenliğin bölgesel dağılımı incelendiğinde özellikle Kuzey Amerika ve Pasifik ülkelerinin öne çıktığı görülmekle birlikte Türkiye'nin de deniz kadastro araştırmalarında öncü bir rol oynadığı tespit edilmiştir. Literatürde deniz kadastro ile ilgili bibliyometrik analiz çalışmalarının kısıtlı olduğu dikkate alındığında, bu çalışmanın alanyazına katkı sağlaması ve gelecekteki araştırmalara yol göstermesi yazarların beklentileri arasındadır.

Anahtar Sözcükler: Deniz kadastro, Kadastro, Denizel mekânsal veri altyapısı, Denizel mekânsal planlama, Kıyı alanları

A bibliometric analysis of marine cadastre research

Abstract: Today, cadastre, which constitutes the infrastructure of economic, environmental, legal and social factors, is now a necessity for coastal and marine areas. A quantitative analysis of scientific research on marine cadastre is essential to fill important knowledge gaps in this field, to guide the development of appropriate policies and strategies and to strengthen the understanding of sustainable management of marine areas. The aim of this study is to perform a bibliometric analysis of the marine cadastre literature. Data were obtained from SCOPUS and Web of Science databases and analysed using Bibliometrix-R and Vosviewer software. Searches were carried out using the terms "marine cadastre" and "maritime cadastre" in the title, abstract and keywords of scientific publications. The first study on marine cadastre was published in 2001 and a total of 35 publications have been published until 2024. The number of publications per year shows a stable trend. Michael Sutherland from Trinidad and Tobago is the most productive researcher in the literature. When analysing the regional distribution of scientific productivity, North American and Pacific countries stand out and Türkiye also plays a pioneering role in marine cadastre research. Considering that bibliometric analysis studies on marine cadastre are limited in the literature, the authors expect that this study will contribute to the literature and guide future research.

Keywords: Marine cadastre, Cadastre, Marine spatial data infrastructure, Marine spatial planning, Coastal areas

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Tel: +90 332 205 1645

Geliş Tarihi/Received: 09.03.2024

Kabul Tarihi/Accepted: 17.04.2024



0000-0002-9504-051X, hbakdeniz@ktun.edu.tr (Akdeniz H. B.)*
0000-0002-9101-6109, sinam@ktun.edu.tr (İnam Ş.)

1. Giriş

Geçmişten günümüze kadar karasal alanların etkili bir şekilde yönetilmesine yönelik yoğun çabalar gösterilirken ve kaynaklar harcanırken, denizel alanlara daha düşük bir öncelik verilmiştir. Ancak Dünya'nın %70'inden fazlası suyla kaplıdır ve bu suyun büyük bir bölümünü denizler ve okyanuslar oluşturmaktadır. Ayrıca, dünya nüfusunun yarısından fazlası denizlerden 60 km uzaklıkta yaşamakta ve 3 milyardan fazla insan geçimini deniz ve kıyı kaynaklarından sağlamaktadır (Balla & Wouters, 2017). Denizin değerinin 24 trilyon ABD dolarından fazla olduğu ve ulusal gayri safi yurtiçi hasıllar arasında sıralandığında, "dünyanın en büyük yedinci ekonomisini" oluşturduğu ifade edilmiştir (Hoegh-Guldberg, 2015). Ulaşım, ticaret, turizm, balıkçılık, madencilik, haberleşme ve telekomünikasyon; denizel alanların sosyo-ekonomik sektörlerle hizmet eden birkaç kullanım alanlarından birisidir (Sesli & Uslu, 2010). Hızla artan dünya nüfusu ve bu nüfus artışından kaynaklanan talepler, denizel alanlar üzerindeki baskıyı her geçen gün daha da arttırmaktadır. Dünyanın bazı bölgelerinde denizel alanın insan kullanımına yönelik toplam talebi, mevcut alanın yaklaşık üç katını geçmiştir (Balla & Wouters, 2017). İnsan faaliyetlerinin yanında iklim değişikliği etkileri ve doğal afetler deniz ekosistemleri üzerinde de ciddi etkilere sahip olabilmektedir. Bunun sonucunda, denizler ve okyanuslar koruma ve kullanma dengesi içerisinde kullanılmamaktadır (Anker vd., 2004). Bu nedenle, denizel alanların sürdürülebilir bir şekilde kullanılması ve paylaşılması için etkili kurumsal yönetim politikalarının ve uygulamalarının geliştirilmesi gerekmektedir.

Günümüzde ekonomik, ekolojik, yasal ve sosyal unsurların alt yapısını oluşturan kadastro, kıyı ve denizel alanlar için de bir gereksinimdir. "Deniz Kadastrosu" kavramı, uluslararası bilimsel platformlarda görece yeni bir konu olarak öne çıkmaktadır. Bu alandaki araştırmalar, Uluslararası Haritacılar Federasyonu (Fédération Internationale des Géomètres, FIG) üyelerinin yanı sıra uluslararası bilim camiasındaki birçok araştırmacı tarafından da ele alınmıştır (Abdullah, 2014; Binns vd., 2003; Dawidowicz & Kulawiak, 2018; Fowler & Treml, 2001; Srebro vd., 2010; Strain vd., 2006; Sutherland vd., 2004; Sutherland vd., 2005a). Tüm bu çalışmalarda, "deniz kadastrosu" kavramı, deniz üzerindeki hak ve faydaların tanımlanması, kaydedilmesi, mekânsal olarak yönetilmesi ve komşu sınırlarla ilişkilerinin fiziksel olarak tanımlanmasında kullanılan bir sistem olarak ele alınmaktadır. Denizcilik politikalarının varsayımları, ilgili bilgilere erişimin deniz alanlarının düzenlenmesinde ve yönetiminde çok önemli bir rol oynadığını göstermektedir (Dawidowicz & Kulawiak, 2018). Bu nedenle, deniz kadastrosu, çeşitli sektörel faaliyetlere denizel alanın tahsisini optimize etmek ve Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına ulaşmak için insan baskılarını azaltma ve deniz yaşamını yeniden inşa etme çabalarına yardımcı olacak umut vaat eden bir araç oluşturmaktadır.

Denizel alanların yerel ve küresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmadaki önemi göz önüne alındığında, deniz kadastrosu kavramına olan ilginin önümüzdeki yıllarda artması beklenmektedir. Gelecek yıllarda, "deniz kadastrosu, denizel mekânsal veri alt yapısı, denizel mekânsal planlama ve deniz koruma alanları" üzerine yapılacak bilimsel araştırmalar, denizel alanların sürdürülebilirliği için bilime dayalı içgörüler ve çözümler sunarak politika kararları ve eylemlerini dinamik bir şekilde bilgilendirme konusunda önemli bir rol oynayacaktır. Denizel alanlardaki insan faaliyetleri arasındaki çatışmaların azaltılabilmesi ve bu alanların sürdürülebilir bir şekilde kullanımı için temel bir adım atılması gerekmektedir. Deniz kadastrosu kavramı, bu temel gerçeğin en önemli gerekliliğidir. Yakın zamanda bilim insanlarının dikkatini daha da fazla çekecektir.

Bilimsel literatürün incelenmesi, belirli bir konu hakkındaki geçmiş ve mevcut bilgileri anlamak ve o konunun gelecekteki eğilimlerini tahmin etmek için ilk önemli adımı oluşturmaktadır. Bu bağlamda, bibliyometrik analizin bilimsel literatürdeki kalıpları ve eğilimleri nicel olarak değerlendirmek için çok önemli ve değerli bir yaklaşım olduğu kanıtlanmıştır (Chalastani vd., 2021; Kuzior & Sira, 2022; Polat vd., 2022; Racetin vd., 2022). Bibliyometrik analiz, büyük hacimli bilimsel verilerin

incelenmesi ve analiz edilmesi için etkin ve popüler bir yöntemdir (Buonocore vd., 2018; Cordeiro, 2019; Picone vd., 2021). Bu yöntem, bilimsel araştırmaların istatistiksel olarak analiz edilmesini sağlayarak, belirli bir konu hakkındaki mevcut eğilimleri ve gelişmeleri ortaya çıkarmaktadır. Bu bağlamda, Harita Mühendisliği disiplininin ilgi alanlarına (arazi yönetimi, kadastro, uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemleri vb.) ve bilimsel kaynaklarına odaklanan bir dizi bibliyometrik analiz çalışması yapılmıştır. Polat (2019), kadastro konusundaki mevcut bilimsel bilginin daha iyi anlaşılmasını ve gelecekteki eğilimlerin tahmin edilmesini amaçlayan bir bibliyometrik analiz çalışması gerçekleştirmiştir. Polat vd. (2023), coğrafi bilgi sistemleri literatürünün mevcut ve gelecekteki eğilimlerini bibliyometrik analiz tekniği kullanarak incelemiştir. Zhang vd. (2017), 2010 ve 2015 yılları arasındaki uzaktan algılama literatürünü kapsayan bir bibliyometrik analiz çalışması gerçekleştirmiştir. Boztoprak vd. (2016), Harita Mühendisliği dalında yayımlanan doktora tezlerini içerik analiz tekniği kullanarak analiz etmişlerdir. Polat ve Alkan (2015), 2003-2014 yılları arasında Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi'nde yayımlanan 172 makalenin bibliyometrik analizini gerçekleştirmiştir. Polat vd. (2019), Harita Mühendisliği disiplininin akademik açıdan gelişiminde büyük bir katkısı olan Harita Dergisi'nde, 2000-2017 yılları arasında yayımlanan 188 makalenin bibliyometrik analizini yapmışlardır.

Bu çalışmanın amacı, deniz kadastro literatürünün bibliyometrik bir analizinin yapılmasıdır. Konu ile ilgili bibliyometrik temelli çalışmaların literatürde sınırlı olduğu göz önüne alındığında, bu çalışmanın alanyazına katkı sağlaması beklenmektedir. Özel olarak aşağıdaki araştırma sorularına cevap verilmesi amaçlanmıştır:

- 1) Deniz kadastro konusunda bilimsel bir büyüme var mı?
- 2) Deniz kadastro literatürüne en etkili katkıları sağlayan yazarlar, yayımlar ve dergiler hangileridir?
- 3) Deniz kadastro üzerine yapılan araştırmalarda en üretken ülkeler hangileridir? Ülkeler arasında iş birliği var mıdır?
- 4) Deniz kadastrodaki araştırma eğilimleri nelerdir? Hangi anahtar kelimeler ile ilişkilendirilmiştir?
- 5) Deniz kadastro konusunu konu alan bilimsel yayınların içerikleri nasıl sınıflandırılmalıdır?

2. Deniz Kadastro

Dünya'nın farklı ülkelerinde çeşitli arazi kadastro sistemleri bulunmaktadır. Ancak, bu sistemlerin tamamında ortak olarak paylaşılan üç önemli unsur vardır; "haklar, sorumluluklar ve sınırlılıklar". Deniz kadastro, arazi kadastrounun bir devamı olarak görülebileceği gibi (Srebro, 2015; Widodo, 2003); mülkiyet, vergilendirme, yönetim ve kullanımlar için oluşturulan Denizel Mekânsal Veri Altyapısının (DMVI) veya Denizel Mekânsal Planlama (DMP), Mavi Ekonomi ve Mavi Büyümenin (Balla & Wouters, 2017) bir parçası olarak da görülmektedir (Racetin vd., 2022). Yaklaşım ne olursa olsun, denizel alana sahip ülkelerde deniz kadastrounun kurulmasının gelecekte kaçınılmaz bir gereklilik olduğu söylenebilir. Ancak, deniz kadastro yaklaşımaları hâlâ araştırma aşamasında bulunmaktadır. Bu kapsamda, uygulamaya zemin oluşturmak amacıyla deniz kadastrounun teoride ne olduğu konusunda net olmak oldukça önemlidir. Literatürde farklı deniz kadastro tanımları bulunsa da bu kavramın kapsamını belirleyerek bir ortak anlayış geliştirmek gereklidir.

Denizel alanların karmaşık ve sürekli değişen doğası nedeniyle, deniz kadastrounun ve içeriğinin kesin bir tanımı yoktur (Binns vd., 2003). Robertson vd. (1999) tarafından yapılan tanıma göre "Denizcilik hak ve menfaat sınırlarının kaydedilmesini, mekânsal olarak yönetilmesini ve diğer komşu veya temel hak ve menfaatlerin sınırlarıyla ilişkili olarak fiziksel olarak tanımlanmasını sağlayan bir sistem" olan deniz kadastro; Binns (2004) tarafından "Deniz ortamında yasal olarak tanımlanmış sınırları ve ilgili hakları, kısıtlamaları ve sorumlulukları tanımlayan, görselleştiren ve gerçekleştiren bir mekânsal sınır yönetim aracıdır." şeklinde tanımlanmıştır. Erbaş (2012) ise "karasal alanın devamı olarak, tanımlanmış bir koordinat sisteminde, denizel alan üzerindeki kullanım, hak ve kısıtlamaların sınırlarının harita üzerinde belirtilerek, hukuki

durumlarının kayıt altına alınması süreci” olarak tanımlamıştır.

Deniz kadastrosu, kadastronun belirlenmiş ilkelerinin denizel alana uygulanması olarak kabul edilebilir. Deniz kadastrusunun uygulanması, yöneticilere ve uygulayıcılara deniz katmanlarının her bir metrekaresini tanımlama, analiz etme ve hesaplama olanağı sağlamaktadır (Sesli & Uslu, 2010). Deniz kadastrusunun amacı, denizel alandaki kamu ve özel tüzel kişilerinin hakları, sorumlulukları ve sınırlılıkları dâhil olmak üzere denizel alanı ve deniz kaynaklarını yönetmektir. Bu durum, politika yapıcılar, planlamacılar ve teknik personelin yanı sıra özel sektörün, kıyı yönetimlerinin, akademik toplulukların ve bireylerin bilgiye ve kaynaklara doğrudan ulaşmasını sağlamaktadır. Deniz kadastrosu, denizel mekânsal planlama sürecini daha etkin ve ekonomik hale getirmektedir (Michalak, 2018). Ayrıca kıyı ve deniz paydaşları açısından önemi göz önüne alındığında; deniz kadastrosu, mekânsal veri ihtiyacının sürekli arttığı ve genişlediği denizel mekânsal veri altyapısının vazgeçilmez bir parçası olarak değerlendirilmelidir (Zamzuri & Hassan, 2021). Ayrıca, tüm paydaş kullanımlarının birleştirici bir parçası olarak bütünleşik kıyı ve denizel alan yönetimi stratejisinin temel bir bileşenini oluşturmaktadır.

Türkiye’deki kıyı ve denizel alanlarla ilgili mevzuat (Anayasa, Medeni Kanun, Kadastro Kanunu, Kıyı Kanunu, Karasuları Kanunu, vb.) incelendiğinde, kıyıların ve denizlerin devletin hüküm ve tasarrufu altında olduğu; buralardan yararlanmada kamu yararı gözetileceği ve bu alanlarda özel mülkiyetin söz konusu olamayacağı belirtilmektedir. Ancak, kıyı ve denizel alanlarda birçok farklı insan faaliyetleri (balıkçılık, petrol ve gaz arama, deniz turizmi, taşımacılık, koruma alanları, yenilenebilir enerji vb.) bulunmaktadır. Böylesine sektörel çeşitlilikteki faaliyetlerin ve taleplerin sınırlandırılabilmesi, denetlenebilmesi ve kontrol altına alınabilmesi, “nerede”, “ne kadar”, “ne var” sorularına cevap alınabilmesi için bir kayıt sisteminin zorunluluğunu ortaya çıkarmaktadır (Sesli & Uslu, 2010). Bu da ancak deniz kadastrosu ile mümkündür. Günümüzde ekonomik, ekolojik ve sosyal unsurların altyapısını oluşturan kadastro, kıyı ve denizel alanlar için de bir gereksinimdir. Denizel ve kıyı alanlarının da karasal alanlar gibi kayıt altına alınması, kullanım haklarının, sorumluluklarının ve sınırlarının belirlenmesi; hukuki, sosyal ve ekonomik bir gereklilik olduğu kadar sürdürülebilir bir denizel alan yönetimi için de gereklidir. Günümüzde olmasa bile yakın gelecekte Türkiye’de deniz kadastrosu uygulamalarına geçilmesinin kaçınılmaz olduğu öngörülmektedir. Bu gelişme, denizel alanların etkin yönetimi, mülkiyet düzenlemeleri ve sürdürülebilir kullanım açısından önemli bir adım olacaktır.

3. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, deniz kadastrosu ile ilgili bilimsel literatürün bibliyometrik bir analizi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, ilk olarak (1) araştırma soruları belirlenmiş, (2) hedeflenen veri tabanlarında belirli arama terimlerine dayalı olarak bilimsel literatür taranmış, (3) elde edilen literatür taraması sonuçları belirlenen kriterlere göre ön değerlendirmeye tabi tutulmuş, (4) araştırma sorularını yanıtlamak için çeşitli analizler gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar görselleştirilmiştir (Gissi vd., 2019).

Çalışmanın araştırma soruları, giriş bölümünde verilmiştir. Bulgular bölümü, bu araştırma sorularına dayalı olarak oluşturulmuştur. Bibliyometrik analiz araştırmalarında ağırlıklı olarak SCOPUS, Web of Science (WoS), Dimensions, PubMed gibi çeşitli veri tabanları kullanılmaktadır. Veri tabanının araştırma konusunu temsil edecek bir literatüre sahip olması büyük önem taşımaktadır. Bibliyometrik analizi konu alan birçok araştırmada, SCOPUS ve WoS veri tabanlarının birlikte kullanıldığı görülmüş (Alviz-Meza vd., 2023; Chalastani vd., 2021; Kawuki vd., 2020); bu çalışmada da SCOPUS ve WoS veri tabanları birlikte kullanılmıştır. SCOPUS ve WoS’un geniş kapsamlı veri kütüphanesine sahip olması, yayın kalitesi, niteliği ve güvenilirliği yüksek çalışmalarını içermesi, bu veri tabanlarının seçilmesinde önemli bir faktör olmuştur (Dirik vd., 2023; Schiavi & Behr, 2018). Ayrıca, araştırma konusu ile ilgili bilimsel yayın sayısının oldukça sınırlı olması,

birden fazla veri tabanının kullanılmasında etken olmuştur.

Bilimsel yayımlar, 20.01.2024 tarihinde SCOPUS ve WoS veri tabanlarından temin edilmiştir. Sorgulamalar, “başlık, özet ve anahtar kelimeler” alanlarında “marine cadastre” veya “maritime cadastre” anahtar kelimeleri ile yapılmıştır. Araştırma konusuyla ilgili tüm yayımlara ulaşabilmek için Boolean işleçleri kullanılmıştır. “OR” Boolean işleci, iki anahtar kelime grubundan herhangi birinin bulunmasını sağlamak için kullanılmaktadır (Chalastani vd., 2021). Böylelikle, araştırmacının ilgili literatürü daha kapsamlı bir şekilde incelemesine ve alternatif anahtar kelimeleri içeren yayımlara erişmesine olanak tanımaktadır. Arama sonucu, 2001 ve 2023 yılları arasında yayınlanmış toplam 51 yayına ulaşılmıştır. Bu yayınlardan 34’ü SCOPUS veri tabanından, 17’si ise WoS veri tabanından elde edilmiştir. Her iki veri tabanında taranan aynı yayımları elimine etmek için EndNote X7 yazılımı kullanılmıştır. Ayrıca, bazı hariç tutma ve dâhil etme kriterleri belirlenmiştir. Bilimsel yayımlar arasında sadece İngilizce dilinde yayınlanmış, “makale, bildiri, kitap ve kitap bölümü” belge türleri dâhil edilerek toplam yayın sayısı 35’e düşürülmüştür. Yazar isimleri, kurumları, ülkeleri; yayın isimleri, yılı, türü, dergi isimleri, anahtar kelimeler gibi analizlerde kullanılacak tüm veriler, veri tabanlarından elde edilmiştir.

Ayrıca, deniz kadastro ile ilgili yayımlar içeriklerine göre sınıflandırılarak analiz edilmiştir. Çalışmadaki her bir yayının içeriği, Paulsson ve Paasch (2013)’teki sınıflandırmaya (yasal, teknik, tescil ve organizasyon) göre tespit edilmiştir. Bir yayın, iki veya daha fazla sınıfa ait temayı ele alabilir. Bu metodolojik sorun, birincil ve ikincil temalar olarak adlandırılan temaların sınıflara dâhil edilmesiyle çözülmektedir. (Paulsson & Paasch, 2015). Ana tema, her yayında baskın olan temadır ve tematik sınıflandırma için temel olarak kullanılır (Paulsson & Paasch, 2013). İkincil tema, yayının daha az baskın olan teması veya temalarıdır.

Paulsson ve Paasch (2013)’te ifade edildiği üzere, yasal sınıf; mülkiyet hakları, sınırlılıkları ve sorumlulukları, üst hakkı, mevzuat, mekânsal planlama, hukuki konular, taşınmaz değerlemesi gibi konulardaki yayımları içermektedir. Teknik sınıf; veri tabanı yönetimi, mekânsal veri altyapısı, veri modelleri, coğrafi bilgi sistemleri, görselleştirme, haritalama, topoloji, veri türleri ve verilerin üretilmesi, değiştirilmesi ve dağıtılması gibi konulardaki yayımları içermektedir. Tescil sınıfı, denizel alandaki mülkiyetlerin içeriğini, yapısını, kaydedilmesini, tapu kayıtları gibi denizel alandaki mülkiyetin arazi yönetim sistemlerine tescilini ilgilendiren konulardaki yayımları içermektedir. Organizasyon sınıfı, denizel alandaki yetkili kurum ve kuruluşları, organizasyon şemalarını, mali yönlerini, yönetim anlayışlarını ve kapasite geliştirme konularına ilişkin yayımları içermektedir.

Çalışmada bibliyometrik analiz yöntemi kullanılmıştır. Bibliyometrik analiz, bilimsel yayımların matematiksel ve istatistiksel açıdan incelenmesi ve değerlendirilmesi için kullanılan bir yöntemdir. Zupic ve Čater (2015)’e göre bibliyometrik analizler, araştırmacıların bir çalışma alanındaki ana eğilimleri belirlemesine, çalışma alanındaki gelişmelerin ve değişimlerin tanımlanmasına, ayrıca bilgi tabanının entelektüel yapısını ortaya çıkarmaya yardımcı olan unsurların sentezlenmesine imkân sağlamaktadır. Bibliyometrik analizin en önemli avantajı, büyük hacimli bilimsel veriyi işleme ve onu değerli bilgilerle dönüştürme olanağıdır. Bu özellikle, belirli bir çalışma alanındaki literatürün niceliksel olarak detaylı bir şekilde incelenmesine imkân tanımaktadır (Sanguankaew & Vathanophas Ractham, 2019). Bibliyometrik analiz, bir çalışma alanındaki öncü yazarların, dergilerin ve yayımların belirlenmesinde de önemli bir rol oynayacağı gibi, bu alan hakkında ülkelerin ve kurumların politikalarının değerlendirilmesine ve performanslarının ölçülmesine de olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada, bibliyometrik analiz yöntemi kullanılarak deniz kadastro ile ilgili bilimsel yayımların yıllara göre dağılımı ve kümülatif toplamı, en çok yayın yapan yazarlar, en çok çalışma yayımlayan dergiler, en çok atıf alan yayımlar, en çok çalışma yayımlayan ülkeler, en çok kullanılan anahtar kelimeler ve aralarındaki ilişkiler analiz edilmiştir.

Bu çalışmada, bibliyometrik analizler Aria ve Cuccurullo (2017) tarafından tasarlanan ve geliştirilen Bibliometrix – R paket

aracı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bibliometrix – R, hem bibliyometrik hem de scientometrik nicel araştırmalar için özel araçlar sunarak kapsamlı bir bibliyometrik analize olanak tanmaktadır (Ghosh & Prasad, 2021). Aria ve Cuccurullo (2017) tarafından belirtildiği üzere bu paket program, bilimsel hesaplama için faydalı ve zengin istatistiksel yeteneklere sahip açık kaynaklı bir yazılım olan R programlama dili ile yazılmıştır. Bibliometrix aracı, sadece veri görselleştirme özelliklerini sunmakla kalmaz, aynı zamanda sonuçların doğruluğu ve istatistiksel bütünlüğüne de odaklanmaktadır (Derviş, 2019).

Bu çalışma sonucunda elde edilecek bulgular, deniz kadastro alanındaki güncel durumu yansıtmasının yanı sıra deniz kadastrounun geleceğini planlamak için gerekli yeni bilgilerin temelini oluşturacaktır. Bilinmelidir ki, bilim her pratik gelişmenin temelidir ve güncel durumun analizi bu gelişmenin gelecekte ne kadar hızlı ilerleyeceği hakkında bilgi sağlar (Racetin vd., 2022).

4. Bulgular

Bibliyometrik analiz sonuçları, beş araştırma sorusunun odak noktalarına göre incelenmiştir. Her bir araştırma sorusuna cevap bulabilmek için bağımsız alt bölümler oluşturulmuştur.

4.1 Deniz Kadastro Literatürünün Hacmi ve Büyüme Yörüngesi

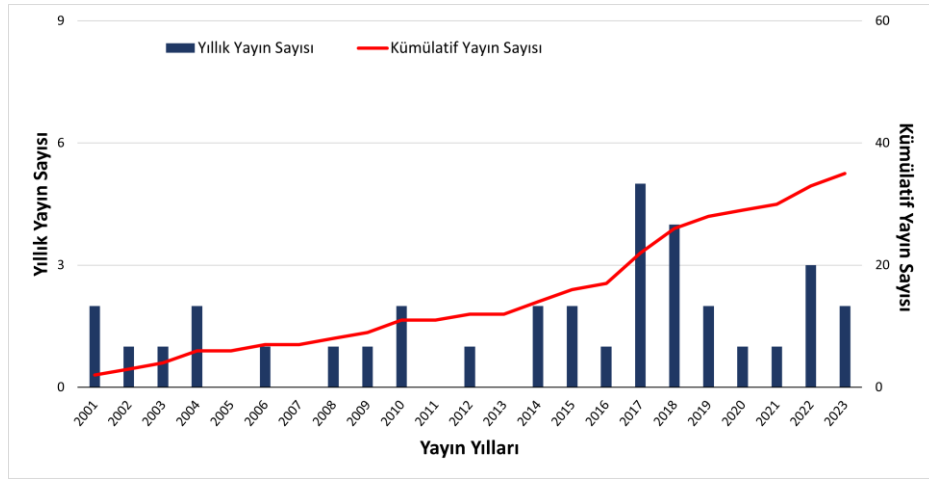
Bu bölüm, deniz kadastro literatürünün bilgi tabanını tartışmaya yönelik kuşbakışı bir bakış açısı sunmaktadır. Bu bölümde, deniz kadastro literatürünün hacmi ve büyüme yörüngesi belirlenerek ilk araştırma sorusuna yanıt bulunması hedeflenmektedir. Deniz kadastro literatürüne ait genel bilgiler Tablo 1’de verilmiştir. Yıllara göre yayın sayısı ve kümülatif toplamı Şekil 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1: Deniz kadastro ile ilgili yayınlara yönelik genel bilgiler

Yayınlara ilişkin genel bilgiler	Sonuçlar (adet)
Kaynaklar (makale, kitap vb.)	26
Yayımlar	35
Yayın başına ortalama atıf sayısı	5.91
Kaynaklar	105
Anahtar kelimeler	82
Yazarlar	87
Tek yazarlı yayımlar	8
Yayın başına ortak yazar sayısı	2.89

Deniz kadastro ile ilgili ilk yayın 2001 yılında yayımlanmıştır. Arama kriterlerine göre, 2001 ile 2023 yılları arasında SCOPUS ve WoS veri tabanında toplam 35 adet bilimsel yayın yayımlanmıştır. Bu yayımlar, 26 farklı bilimsel kaynaktan (dergi, kitap, vb.) yayımlanmıştır. Toplam 35 yayına, 87 yazar katkı sağlamış ve bu yayımlardan 8’i tek yazarlı olarak basılmıştır. Bilimsel yayınlarda uluslararası ortak yazarlık oranı %14.29 olarak hesaplanmıştır. Deniz kadastro ile ilgili toplam 35 adet bilimsel yayın, konuya dair sınırlı bir bilgi tabanını temsil etmektedir. İlk yayının 2001 yılında yayımlandığı göz önüne alındığında, 2010 yılına kadar toplam yayın sayısı 10’un altında kalmıştır.

2010 ve 2014 yılları, denizel mekânsal planlamanın gelişimi açısından bir dönüm noktası olarak kabul edilmektedir; keza bu dönemlerde Amerika Birleşik Devletleri’ndeki (ABD) 13547 sayılı Kararname ve Avrupa Birliği’nin 2014/89 sayılı Direktifi gibi politika belgeleri ortaya çıkmıştır. Bu politika kararları, deniz kadastrouna olan ilgiyi de artırmıştır. 2017 yılında yayın sayısında artış gözlenmiş olmasına rağmen, hiçbir zaman sürekli artış eğilimi göstermemiştir.



Şekil 1: Deniz kadastro literatürüne ilişkin yıllara göre yayın sayısı ve kümülatif toplamı

4.2 Etkili Yazarların, Yayınların ve Bilimsel Kaynakların Analizi

Bu bölüm, deniz kadastro literatüründeki en etkili yazarları, yayınları ve bilimsel kaynakları (dergi, kitap, vb.) belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda konu ile ilgili “en çok yayın yapan yazarlar”, “en çok atıf alan yayınlar” ve “en çok yayın yapan bilimsel kaynaklar” tespit edilerek ikinci araştırma sorusuna yanıt aranmıştır.

Deniz kadastro alanında en çok yayın yapan ilk beş yazar Tablo 2’de listelenmiştir. Trinidad ve Tobagolu araştırmacı “Michael Sutherland” toplam 4 yayın sayısı ile en üretken yazardır. Sutherland, konu ile ilgili ilk yayını 2002 yılında gerçekleştirmiş olup günümüzde bu alandaki araştırmalarına devam etmektedir. Ayrıca, yazar doktora tezinde de deniz kadastro konusunu incelemiştir (Sutherland, 2005b). Onu 3 yayın sayısı ile “Agnieszka Dawidowicz” ve “Sue Nichols” takip etmektedir.

Tablo 2: Deniz kadastro araştırma alanında en çok yayın yapan beş yazar

Yazar	Kurum	Ülke	Yayın sayısı	Fraksiyonelleştirilmiş yayın sayısı
Michael Sutherland	U. of West Indies	Trinidad ve Tobago	4	1.23
Agnieszka Dawidowicz	U. of Warmia and Mazury in Olsztyn	Polonya	3	1.25
Sue Nichols	U. of New Brunswick	ABD	3	1.08
Marcin Kulawiak	Gdańsk University of Technology	Polonya	2	0.75
Ivana Racetin	U. of Split	Hırvatistan	2	0.67

Yayın sayısı ile ortak yazar sayısı arasındaki ilişkiyi hesaplayarak bulunan “fraksiyonelleştirilmiş yayınlar” değeri, yazarın ilgi alanına ne kadar katkıda bulunduğunu gösterir. Yüksek değeri, yazarın alana daha fazla katkı verdiğini göstermektedir. Bu bağlamda, fraksiyonelleştirilmiş yayınlar değeri göre “Agnieszka Dawidowicz” en yüksek katkıyı sağlayan yazardır.

Deniz kadastro konusunda en çok atıf alan yayınlar Tablo 3’te listelenmiştir. En çok atıf alan yayın, 2006 yılında Strain ve arkadaşları tarafından “Marine Policy” dergisinde yayımlanan bir makaledir. Bu makale, deniz ve kıyı alanları yönetiminde denizel mekânsal veri altyapısının önemine odaklanmakta ve denizel alanlara uygulanabilirliğini tartışmaktadır. Ng'ang'a vd. (2004) tarafından yazılan “Toward a 3D marine cadastre in support of good ocean governance: a review of the technical framework requirements” başlıklı makale, en çok atıf alan ikinci yayındır. Bu makale, sürdürülebilir okyanus ve deniz alanları yönetimi bağlamında etkili ve verimli karar alma süreçlerinde deniz kadastrounun önemini vurgulamaktadır. Makale, deniz kadastrounun geliştirilmesinde dikkate alınması gereken yasal ve teknik konulara açıklık getirmektedir. Fowler ve Trembl

(2001) tarafından yazılan “Building a marine cadastral information system for the United States — a case study” başlıklı makale, en çok atıf alan üçüncü yayındır. Bu makale, deniz kadastro konusunu ele alan ilk yayındır. Makale, deniz kadastro verilerinin geliştirilmesinde ve bu verilerin ABD için bir deniz bilgi sisteminde kullanılmasında dikkate alınması gereken bazı çerçeve konuları tartışmaktadır.

Tablo 3: 2001-2023 yılları arasında deniz kadastro literatüründe en çok atıf alan ilk beş yayın

Bilimsel yayın başlığı	Yazar / Yıl	Kaynak	Toplam atıf sayısı
Marine administration and spatial data infrastructure	Strain vd. (2006)	Marine Policy	61
Toward a 3D marine cadastre in support of good ocean governance: a review of the technical framework requirements	Ng'ang'a vd. (2004)	Computers, Environment and Urban Systems	24
Building a marine cadastral information system for the United States — a case study	Fowler ve Trembl (2001)	Computers, Environment and Urban Systems	22
Cadastre: Geo-Information Innovations in Land Administration	Yomralioglu ve McLaughlin (2017)	Springer Cham	15
The potential of Web-GIS and geovisual analytics in the context of marine cadastre	Dawidowicz ve Kulawiak (2018)	Survey Review	13

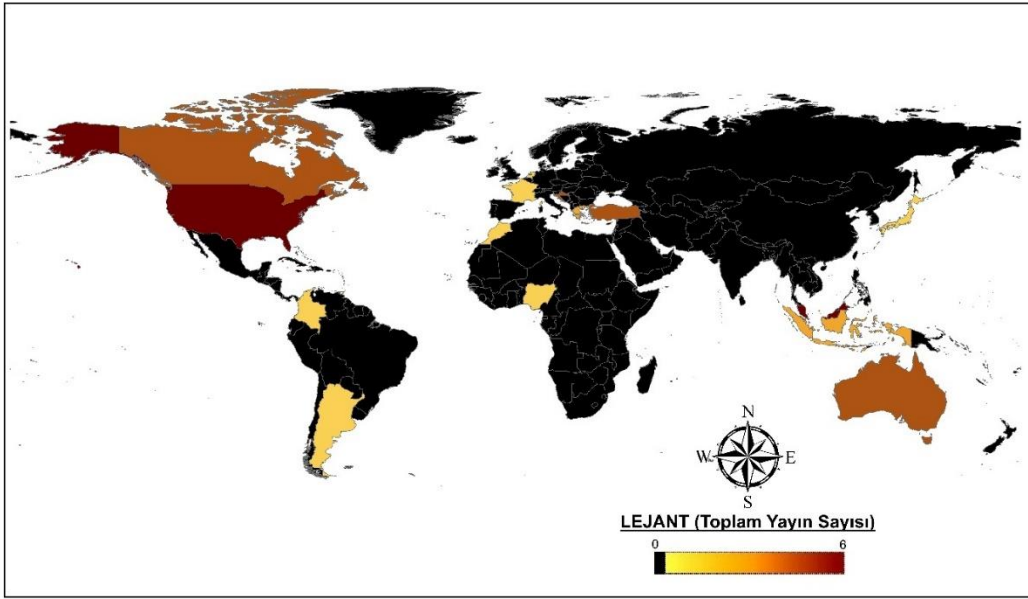
Tablo 4’te deniz kadastro konusunda en üretken 5 bilimsel kaynak listelenmiştir. Araştırma konusunda en az bir adet yayın yayımlayan toplam 26 farklı kaynak tespit edilmiştir. Deniz kadastro literatüründe, farklı araştırma konularının bibliyometrik analizini içeren çalışmaların aksine belirgin bir bilimsel kaynak bulunmamaktadır. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) kütüphanesi, konuyla ilgili en fazla bilimsel yayına sahip kaynak olarak öne çıkmaktadır. Bu kaynağı sırasıyla “Lecture Notes in Geoinformation and Cartography (3)”, “Computers, Environment and Urban System (2)”, “Geomatica (2)” ve “Hydro International (2)” takip etmektedir. İlk beş bilimsel kaynaktaki toplam yayın sayısı (n=12), literatürün %34’ünü oluşturmaktadır. 35 adet yayının 26 farklı bilimsel kaynaktan yayımlanmış olması, deniz kadastro konusunun geniş kapsamını ve ilginin çeşitliliğini göstermektedir. Sonuçlar, deniz kadastro literatürünün özellikle de yer ve deniz bilimleri alanlarında daha fazla benimsendiğini göstermektedir.

Tablo 4: Deniz kadastro literatüründe en üretken beş bilimsel kaynak

Kaynak	Yayın sayısı ve yüzdesi	Toplam atıf sayısı
International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences	3 (8.57%)	4
Lecture Notes in Geoinformation and Cartography	3 (8.57%)	8
Computers, Environment and Urban System	2 (5.71%)	46
Geomatica	2 (5.71%)	5
Hydro International	2 (5.71%)	5

4.3 Deniz Kadastro Literatürünün Coğrafi Dağılımı

Ülkelerin ve kurumların politikaları, belirli bir alandaki bilimsel araştırmaların teşvik edilmesi, desteklenmesi ve yaygınlaştırılmasında önemli bir rol üstlenmektedir. Ülkeler ve kurumlar, stratejik hedeflerini gerçekleştirebilmek üzere belirli araştırma alanlarına öncelik vermektedir. Bu nedenle, belirli bir araştırma alanında öncülük eden ülkelerin ve kurumların belirlenmesi, sadece bilgi üretimine değil aynı zamanda toplumsal, ekonomik ve teknolojik ilerleme açısından da önemli katkılarda bulunmaktadır. Bu bölümde, deniz kadastro öncülük eden ülkelerin belirlenmesi amaçlanmış ve üçüncü araştırma sorusuna yanıt aranmıştır. Deniz kadastro literatürünün coğrafi dağılımı Şekil 2’de gösterilmiştir.



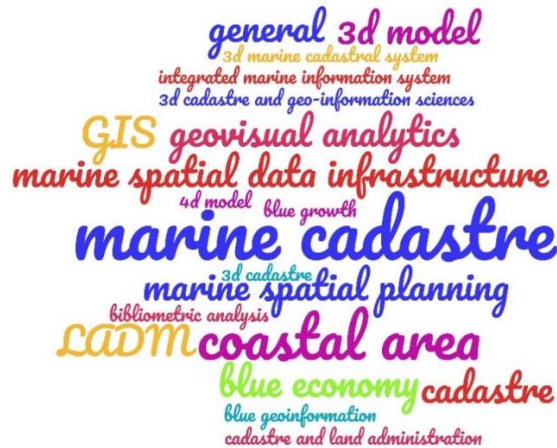
Şekil 2: Deniz kadastro literatürünün coğrafi dağılımı

Deniz kadastro ile ilgili yapılan 35 yayına 16 farklı ülke katkıda bulunmuştur. Yayın sayısı en yüksek ülkeler Şekil 2’te görülmektedir. Deniz kadastro literatürüne en çok katkı sağlayan ülkeler sırasıyla Malezya (6), ABD (5), Kanada (4), Avustralya ve Türkiye (3)’dir. Bölgesel dağılım incelendiğinde ise özellikle Kuzey Amerika ve Pasifik ülkeleri öne çıkmaktadır. Deniz kadastroya özel ilgi gösteren ülkeler, geniş denizel alanlara sahip olmaları, ekonomilerinde denizcilik faaliyetlerinin önemli bir yer kaplaması ve ülke sınırlarının denizlerle çevrili olması gibi üç temel özelliğe sahiptir. Bu üç temel özellik, deniz kadastro alanında öncülük eden ülkelerin stratejik bir avantaj elde etmelerini sağlamakta ve bu ülkelerin denizel kaynakları sürdürülebilir bir şekilde yönetmelerine katkıda bulunmaktadır.

Üç tarafı denizlerle çevrili olan ve 8333 km kıyı şeridi uzunluğuna sahip olan Türkiye’de, deniz kadastro gerekliliğinin farkındalığı da yüksektir. Konu ile ilgili ilk yayın [Sesli ve Uslu \(2010\)](#) tarafından yayımlanmıştır. Özellikle Karadeniz Teknik Üniversitesi’ne bağlı Harita Mühendisliği bölümündeki araştırmacıların konuya olan ilgisi dikkat çekmektedir.

4.4 Deniz Kadastro Literatüründeki Güncel Odaklar

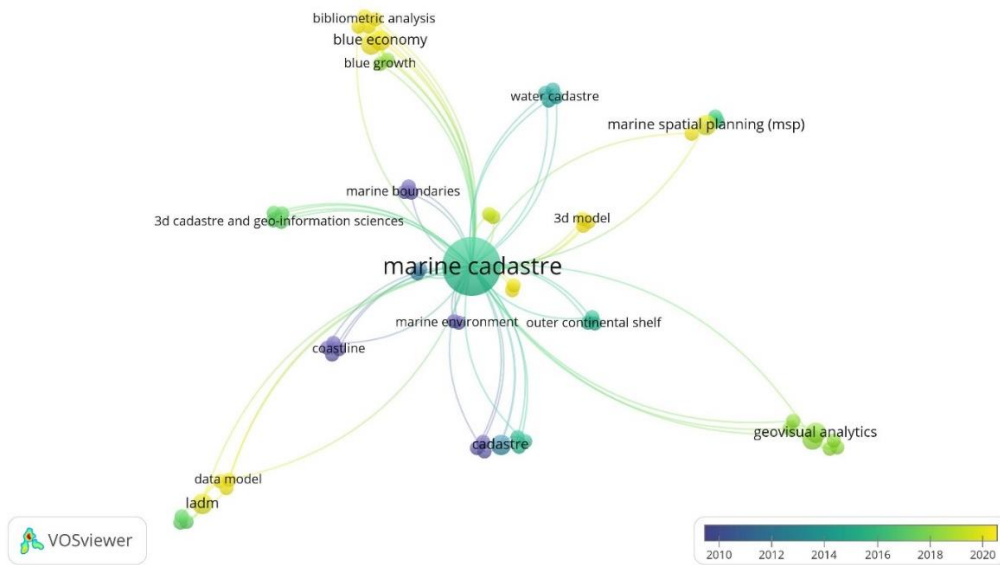
Bu bölümde, deniz kadastro alanındaki güncel eğilimlerin belirlenmesi amaçlanmış ve dördüncü araştırma sorusuna yanıt aranmıştır. Bilimsel yayınlarda en çok kullanılan ilk 20 anahtar kelime Şekil 3’te gösterilmiştir. Şekil 3’te yazı boyutu büyüklüğü, anahtar kelimenin bilimsel yayınlardaki kullanım sıklığını ifade etmektedir.



Şekil 3: Deniz kadastro literatürünün anahtar kelime bulutu

Deniz kadastro ile ilgili yayınlarda 82 farklı anahtar kelimenin kullanıldığı tespit edilmiştir. Eş anlamlılar sözlüğü dosyası oluşturularak benzer anlamlı kelimeler birleştirilmiştir. Örneğin, “marine spatial data infrastructure” ve “MSDI” anahtar kelimeleri birleştirilerek “marine spatial data infrastructure” olarak temsil edilmiştir. Deniz kadastro literatüründe en çok kullanılan anahtar kelimeler “marine cadastre”, “marine spatial data infrastructure”, “coastal area”, “marine spatial planning” dir. Diğer anahtar kelimeleri incelediğimizde ise denizel verilerin organizasyonu, analizi ve görselleştirilmesine odaklanmaktadır.

Anahtar kelime ağ haritası VOSviewer yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 4). Bu ağ haritası, deniz kadastro alanındaki güncel eğilimlere dair önemli bilgiler sunmaktadır. Şekil 4’te anahtar kelimelerin temsil edildiği her bir düğümün boyutu, o kelimenin yayınlarda kullanım sıklığıyla orantılıdır. Anahtar kelimeler ağ haritasındaki düğümlerin yakınlığı, araştırma konularının birbirleriyle ilintili ve bağlantılı olduğunu gösterirken; bağlantıların kalınlığı, iki anahtar kelimenin bir arada bulunma sıklığını ifade etmektedir.



Şekil 4: Anahtar kelime eş-oluşum analizini bindirmeli görselleştirmesi

Şekil 4, deniz kadastro alanında ortaya çıkan güncel eğilimlere dair bilgiler sunmaktadır. Geçmiş yıllarda, deniz sınırları ve kıyı çizgisi sınırlarının belirlenmesi temalarına yönelik anahtar kelimelerin bu araştırma alanında daha fazla popülerlik kazandığı gözlemlenmiştir. Diğer taraftan, sarı ve açık yeşil renkteki düğümler, araştırmacıların şu anda daha yoğun bir şekilde üzerine çalıştığı yeni gelişen konuları yansıtmaktadır. Ağ analizi ve bindirmeli görselleştirmenin elde ettiği sonuçlar, “deniz kadastro” konusunun mavi ekonomi, denizel mekânsal planlama, kadastro, veri modelleri, veri altyapısı ve kıyı alanları gibi konularla yakından ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

4.5 Deniz Kadastro Literatürünün Sınıflara Göre Dağılımı

Bu bölümde, deniz kadastro literatürünün sınıflara göre dağılımı analiz edilerek son araştırma sorusuna yanıt aranmıştır. Her bir sınıfa ait yayın sayısı Tablo 5’te verilmiştir. Paulsson ve Paasch (2013), yayınların genellikle tek bir sınıfa değil, birden fazla sınıfa atanabileceğini ifade etmişlerdir. Benzer bir şekilde, bu çalışmada da çoğu zaman bir yayında iki veya daha fazla sınıfa atanmıştır. Paulsson ve Paasch (2013) tarafından sunulan metodoloji benimsenerek, sınıflandırma için birincil ve ikincil temalar oluşturulmuştur. Bu yaklaşım, çalışmanın daha kapsamlı bir perspektife sahip olmasını sağlamış ve içerik analizinde çeşitli temaların etkileşimini değerlendirme imkânı sunmuştur. İkincil tema sayısı Tablo 5’te “()” içlerinde belirtilmiştir.

Tablo 5: Deniz kadastro literatürünün sınıflara göre dağılımı

Yıl	Yasal	Teknik	Tescil	Organizasyonel	Toplam / Yıl
2001	1 (1)	1 (1)	0 (0)	0 (0)	2 (2)
2002	1 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)
2003	0 (1)	0 (0)	0 (0)	1 (0)	1 (1)
2004	0 (2)	2 (0)	0 (1)	0 (1)	2 (4)
2005	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
2006	0 (1)	1 (0)	0 (0)	0 (1)	1 (2)
2007	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
2008	0 (0)	1 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)
2009	0 (1)	1 (0)	0 (0)	0 (1)	1 (2)
2010	1 (1)	1 (0)	0 (0)	0 (2)	2 (3)
2011	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
2012	0 (0)	1 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)
2013	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
2014	0 (1)	2 (0)	0 (0)	0 (1)	2 (2)
2015	0 (0)	2(0)	0 (1)	0 (1)	2 (2)
2016	0 (0)	1 (0)	0 (0)	0 (1)	1 (1)
2017	3 (2)	2 (2)	0 (2)	0 (3)	5 (9)
2018	2 (1)	1 (1)	0 (0)	1 (3)	4 (5)
2019	1 (0)	1 (1)	0 (0)	0 (0)	2 (1)
2020	0 (0)	1 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)
2021	0 (0)	1 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0)
2022	0 (0)	3 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (0)
2023	0 (0)	2 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (0)
Toplam	9 (11)	24 (5)	0 (4)	2 (14)	35 (34)

Tablo 5'te görüldüğü üzere, incelenen 35 yayının 9'u yasal, 24'ü teknik ve 2'si organizasyonel sınıflarına atanmıştır. Ana tema olarak, tescil sınıfında hiçbir yayının bulunmadığı belirlenmiştir. Teknik sınıf temasındaki yayın sayısı açık ara en fazla ele alınan temadır. Bu sınıf, diğer üç sınıfın toplam yayın sayısının yaklaşık üç katı kadar yayına sahiptir. Ayrıca, analiz sonucunda çoğu yayının birden fazla sınıfa atanabileceği belirlenmiştir. Örneğin, ana sınıf olarak teknik sınıfa atanan bir yayının, ikincil sınıf olarak yasal veya hem yasal hem de tescil sınıflarına atanabileceği tespit edilmiştir. Yayınların ikincil sınıflara göre dağılımı incelendiğinde; yasal sınıfta 11, teknik sınıfta 5, tescil sınıfta 4 ve organizasyonel sınıfta 14 yayın sınıflandırılmıştır.

Özellikle son 5 yıldır deniz kadastro ile ilgili teknik konularda daha fazla çalışma yayımlanmıştır. Teknik sınıfta ise veri tabanı tasarımı ve yönetimi, veri modelleri, mekânsal bilgi sistemi, coğrafi bilgi sistemleri ve görselleştirme gibi konulara daha fazla odaklanıldığı belirlenmiştir. Yasal sınıftaki yayınların büyük bir çoğunluğu ulusal ve uluslararası mevzuatları açıklamaktadır. Bu yayınlar genellikle yazarların kendi ülke hukuk sistemlerini, deniz kadastroya duyulan ihtiyacı ve gelişimini açıklamakla sınırlıdır.

5. Tartışma

Önemli ve öncelikli olarak, geniş bir literatüre sahip olan konuların bibliyometrik analizlerle nicel bir özeti çıkarılması önem kazanmaktadır. Bibliyometrik çalışmalar, bilim camiasında giderek daha popüler hale gelmesine rağmen, deniz kadastro konusunun bibliyometrik analizini içeren bilimsel çalışmaların sayısı sınırlıdır. Deniz kadastro literatürüne ilişkin tek çalışma [Racetin vd. \(2022\)](#)'ye aittir. [Racetin vd. \(2022\)](#), WoS veri tabanında yayımlanan “denizel mekânsal veri altyapısı (marine spatial data infrastructure)” ve “deniz kadastro (marine cadastre)” konulu yayınların bibliyometrik analizini gerçekleştirmiştir. Bu çalışma, [Racetin vd. \(2022\)](#) tarafından ele alınan çalışma ile herhangi bir örtüşme içermemekle birlikte, konuyu daha da ileriye taşıyarak iyileştirmiştir. Ayrıca, çalışmalar farklı amaçlara odaklanmakta, farklı veri tabanları ve yazılımları kullanmakta ve zaman periyodu farklılık göstermektedir.

2001 yılında, bilim camiası deniz kadastro konusunun önemini fark etmiş olsa da bu alana yeterince odaklanılmamıştır. İncelenen dönem içerisinde bilimsel literatür durağan bir eğilim göstermiştir. Deniz kadastro, denizel mekânsal planlamanın tasarlanması ve uygulanması süreçlerinde temel bir bileşen olarak değerlendirilmektedir ([Racetin vd., 2022](#)). Ancak, farklı disiplinlerin denizel mekânsal planlama konusuna olan ilgisinin, deniz kadastro içinde olduğunu söylemek zordur. İsrail, Endonezya, Malezya, Trinidad ve Tobago gibi çeşitli ülkelerin yanı sıra son zamanlarda Belçika, İngiltere, Almanya, İsveç, Polonya, Yunanistan ve Fransa gibi Avrupa ülkeleri de deniz kadastro uygulamaya yönelik plan ve programlar hazırlamaktadır ([Michalak, 2018](#); [PCC vd., 2017](#); [Stămure vd., 2017](#)). Bu girişimlerin bir sonucu olarak, deniz kadastro gelecekte daha fazla çalışılması gereken güncel ve önemli bir konu olarak öne çıkmakta ve bilimsel yayın sayısının da artması beklenmektedir.

Genel anlamda, deniz kadastro konusunun bilimsel literatürdeki tanınırlığı oldukça kısıtlıdır. Zira yalnızca 35 bilimsel yayın tespit edilebilmiştir. Ancak, bu durumun özellikle Avrupa ülkelerinde oldukça düşük olması, şaşırtıcı bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır. Asya ve Afrika kıtalarındaki ülkelerin de konuya çok az önem verdiği görülmektedir. Ülkelerle ilgili kesin yanıtlar alabilmek için mutlaka o bölgenin ve ülkenin stratejileri ve hedeflerinden konunun ayrıntılı analizi yapılmalıdır ([Racetin vd., 2022](#)).

Türkiye, üç tarafı denizlerle çevrili olan ve 8333 km kıyı şeridi uzunluğuna sahip bir ülkedir ([Akdeniz & İnam, 2021](#)). 11208 km uzunluğundaki toplam sınırının %74'ünden fazlası deniz sınırlarıdır ve Türkiye nüfusunun %55'inden fazlası 28 kıyı ilinde yaşamaktadır. Türkiye gibi deniz ticaretinde, güvenliğinde, ekonomik ve ekolojik kaynaklarında önemli bir potansiyele sahip bir ülke için ‘deniz kadastro’ konusu hayati önem taşımaktadır. Ancak, Türkiye'nin denizel alanlarındaki imkânlarından yeterince yararlandığını söylemek iyimserlik olacaktır. Buna rağmen, bilim camiasında özellikle harita mühendisliği disiplini deniz kadastro konusunun gerekliliği konusundaki farkındalık yüksektir. [Sesli ve Uslu \(2010\)](#), gelişmiş ülkelerin deniz kadastro yaklaşımlarını ve uygulamalarını araştırmış, aynı zamanda Türkiye'nin kıyı ve denizel alanlarındaki faaliyetlerini inceleyerek bu kavramın Türkiye için gerekliliğine dair sonuçlar çıkarmıştır. [Nişancı vd. \(2011\)](#), Türkiye'de deniz kadastro konusunun tasarlanması ve uygulanmasına katkı sağlayacak temel harita altlıkları ve mekânsal veri türlerinin belirlenmesini amaçlamıştır. [Başer vd. \(2011\)](#), Türkiye'nin denizel alanlardaki hakları, sınırlılıkları ve sorumluluklarını ulusal ve uluslararası mevzuatlar çerçevesinde incelemiştir. Ayrıca, gelişmiş ülkelerdeki deniz kadastro çalışmalarını özetlemiş ve Türkiye için deniz kadastro altyapısının bir an önce tesis edilmesine yönelik önemli çıkarımlarda bulunmuşlardır. [Nisancı vd. \(2015\)](#), Trabzon pilot saha örneğinde sürdürülebilir deniz kadastro yönetiminin bilgi teknolojileri desteğiyle nasıl gerçekleştirilebileceğini araştırmışlardır. [Erbaş \(2018\)](#)'de sürdürülebilir denizel alan yönetimi için denizel mekânsal veri tabanı modelinin geliştirilmesi ve denizel alanlarda faaliyeti olan paydaşlarla anket çalışmaları yaparak Türkiye'nin denizel alanlarındaki mevcut durum ve ihtiyaçları analiz edilmiştir.

Anahtar kelime eş oluşum analizinde (şekil 4) “deniz kadastro” anahtar kelimesinin “denizel mekânsal planlama” anahtar kelimesiyle güçlü bir bağlantısı olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Bu bağlamda, daha önceki araştırmacılar tarafından ifade edilen ‘deniz kadastrounun denizel mekânsal planlamanın temel katmanı olduğu vurgusu’ açık bir şekilde görölmektedir (Arvanitis vd., 2016; Balla & Wouters, 2017).

6. Sonuç ve Öneriler

İçinde bulunduğumuz zaman diliminde, tüm dünyada ve ölkemizde ‘Denizel Alan Planlaması’ ve bu planlama sonrası oluşacak deniz parsellerinin ‘Deniz Kadastro’ ile kayıt altına alınması konuları giderek önem kazanmaktadır. Deniz kadastro konusundaki çalışmalar, son yıllarda bir durağanlık içerisinde olup yayınlanan bilimsel araştırma sayısı da düşüktür. Denizel alana sahip olan ölkeler halen “kıyı ve deniz alanlarının kendi topraklarının da önemli ve bütönlüyci bir parçası olduğunun” farkında değildir. Ancak, Mavi Ekonomi’nin gelişimi ve denizel alanlar üzerindeki insan faaliyetlerinin giderek artması ve yoğunlaşması sonucunda deniz kadastrounun kurulması zorunlu bir hal alacaktır. Öyle ki, İsveç, İsrail gibi ölkelerde denizel alanlarda oluşturulan deniz parselleri kayıt altına alınmıştır (Racetin vd., 2022). Türkiye’de, akademik ve yönetsel birimler deniz kadastrouna olan gerekliliğin farkındadır. Ancak, şu ana kadar bu alanda herhangi bir somut girişimde bulunulmamıştır. Bu noktada, mevcut farkındalığın eyleme dönüşmesi için somut adımlar atılması ve deniz kadastrounun uygulanabilirliği üzerine kurumsal politikalar ve planlamalar geliştirilmesi, Türkiye’nin deniz kaynaklarıyla ilgili stratejik bir avantaj elde etmesine yardımcı olacaktır. Gelecekte, bu alandaki farkındalığın somut projeler ile uygulamaya dönüşmesiyle, Türkiye deniz kadastro konusunda ulusal ve uluslararası düzeyde daha etkin bir rol üstlenecektir.

Bu gelişmelere karşın, deniz kadastro ile ilgili henüz tescil konusunda yapılmış kapsamlı bir çalışma bulunmamaktadır. Literatürde yer alan deniz kadastro ile ilgili bibliyometrik analiz temelli çalışmalar da göstermiştir ki; dünyada ve Türkiye’de gerek üniversitelerde akademik düzeyde gerekse merkezi yönetimin yasama ve yürütme temelli çalışmalarında oldukça sınırlı ya da yetersiz kalmıştır. Gelecekte gerçeleştiren araştırmaların, bu boşluğu doldurarak ‘Denizel Alan Planlaması’ ve ‘Deniz Kadastro’ alanına çok daha kapsamlı ve nitelikli bir katkı sağlama potansiyeli taşıdığını belirtmek mümkündür. Deniz kadastro alanında etkin çalışmaların ve kamuoyu oluşumunun gerçeleştirilmesi adına, üniversitelerde bu konuların öğretim planlarına alınmak suretiyle yeni nesil meslek mensuplarının daha donanımlı hale getirilmesi, akademik içerikli lisansüstü tezler yapılması ve bilimsel projeler geliştirilmesi sağlanmalıdır. Bu çalışmanın alanyazına değerli bir katkı sağlama ve gelecekteki araştırmalara yol göstermesi, yazarların beklentileri arasındadır.

Teşekkür

Bu çalışma, ilk yazarın Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanan doktora tezinin bir parçasıdır.

Yazar Katkısı

Halil Burak Akdeniz: Fikir, Literatür taraması, Veri toplama, Analiz ve yorumlama, Yazım. **şaban İnam:** Makale değerlendirme, Denetleme, Yazım.

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Kaynaklar

- Abdullah, A., Omar, A. H., Chan, K. L., Mat Arof, X., Jamil, H., & Teng, C. H. (2014). The development of marine cadastre conceptual model for Malaysia. In *XXV FIG International Congress: Engaging the Challenges—Enhancing the Relevance, Kuala Lumpur, Malaysia 16–21 June 2014* (pp. 1-16).
- Akdeniz, H. B., & İnam, Ş. (2021). Türkiye’de yaşanan kıyı kenar çizgisi-mülkiyet sorunlarının örnek olaylarla değerlendirilmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 9(1), 139-149.
- Alviz-Meza, A., Orozco-Agamez, J., Quinayá, D. C., & Alvarez-Amador, A. (2023). Bibliometric analysis of fourth industrial revolution applied to material sciences based on web of science and scopus databases from 2017 to 2021. *ChemEngineering*, 7(1), 2.
- Anker, H. T., Nellemann, V., & Sverdrup-Jensen, S. (2004). Coastal zone management in Denmark: ways and means for further integration. *Ocean & coastal management*, 47(9-10), 495-513.
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of informetrics*, 11(4), 959-975.
- Arvanitis, A., Giannakopoulou, S., & Parri, I. (2016). Marine cadastre to support marine spatial planning. In *the Common Vision Conference*.
- Balla, E., & Wouters, R. I. K. (2017). Marine cadastre in Europe: State of play. In *18th Annual World Bank Conference on Land and Poverty 2017: Responsible Land Governance: Towards and Evidence Based Approach*.
- Başer, V., Bıyık, C., & Demir, O. (2011). Türkiye için deniz kadastro kavramının gelişimi. 7. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 21-23, Trabzon.
- Binns, A., Rajabifard, A., Collier, P. A., & Williamson, I. P. (2003). Issues in defining the concept of a marine cadastre for Australia. In *FIG/UNB Seminar/Meeting On Marine Cadastre* (pp. 1-14).
- Binns, A. (2004). Defining a marine cadastre: legal and institutional aspects (Doktora Tezi). University of Melbourne, Department of Geomatics, Faculty of Engineering.
- Boztoprak, T., Demir, O., & Çoruhlu, Y. E. (2016). Türkiye’de Harita/Geomatik Mühendisliğinde Yapılan Doktora Tezlerinin İçerik Analizi. *Yükseköğretim ve Bilim Dergisi*, (2), 252-260.
- Buonocore, E., Picone, F., Russo, G. F., & Franzese, P. P. (2018). The scientific research on natural capital: a bibliometric network analysis. *Journal of Environmental Accounting and Management*, 6(4), 381-391.
- Chalastani, V. I., Tsoukala, V. K., Coccossis, H., & Duarte, C. M. (2021). A bibliometric assessment of progress in marine spatial planning. *Marine Policy*, 127, 104329.
- Cordeiro, C. M. (2019). A corpus-based approach to understanding market access in fisheries and aquaculture international business research: A systematic literature review. *Aquaculture and Fisheries*, 4(6), 219-230.
- Dawidowicz, A., & Kulawiak, M. (2018). The potential of Web-GIS and geovisual analytics in the context of marine cadastre. *Survey Review*, 50(363), 501-512.
- Derviş, H. (2019). Bibliometric analysis using bibliometrix an R package. *Journal of scientometric research*, 8(3), 156-160.
- Dirik, D., Eryılmaz, İ., & Erhan, T. (2023). Post-Truth Kavramı Üzerine Yapılan Çalışmaların VOSviewer ile Bibliyometrik Analizi. *Sosyal Mucit Academic Review*, 4(2), 164-188.
- Erbaş, Y. S. (2012). Denizel alan coğrafi bilgi sistemi için kadastro veri modeli tasarımı: Trabzon ili örneği (Yüksek Lisans Tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Erbaş, Y. S. (2018). Deniz kadastro için denizel alanların kullanımına yönelik konumsal bir veritabanı modeli geliştirilmesi (Doktora Tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü, Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Fowler, C., & Treml, E. (2001). Building a marine cadastral information system for the United States—A case study. *Computers, Environment and Urban Systems*, 25(4-5), 493-507.
- Ghosh, A., & Prasad, V. S. (2021). Off-grid Solar energy systems adoption or usage—A Bibliometric Study using the Bibliometrix R

- tool. *Libr. Philos. Pract.*, 5673.
- Gissi, E., Frascchetti, S., & Micheli, F. (2019). Incorporating change in marine spatial planning: A review. *Environmental Science & Policy*, 92, 191-200.
- Hoegh-Guldberg, O. (2015). *Reviving the Ocean Economy: the case for action*. Boston Consulting Group, WWF, Global Change Institute, The University of Queensland.
- Kawuki, J., Yu, X., & Musa, T. H. (2020). Bibliometric analysis of Ebola research indexed in web of science and scopus (2010-2020). *BioMed research international*, 2020.
- Kuzior, A., & Sira, M. (2022). A bibliometric analysis of blockchain technology research using VOSviewer. *Sustainability*, 14(13), 8206.
- Michalak, S., (2018). *A multipurpose marine cadastre to manage conflict use with marine renewable energy*. In Ölçer, A.I., Kitada, M., Dalaklis, D., Ballini, F. (Eds.), *Trends and Challenges in Maritime Energy Management*. Cham: Springer, pp. 447-462.
- Ng'ang'a, S. M., Sutherland, M., Cockburn, S., & Nichols, S. (2004). Toward a 3D marine cadastre in support of good ocean governance: A review of the technical framework requirements. *Computers Environment and Urban Systems Journal*, 28, 443-470.
- Nişancı, R., Uzun, B., Demir, O., Yıldırım, V., & Özçelik, A. E. (2011). Denizel alanlara yönelik kadastro bilgi sistemi tasarımı: Trabzon örneği. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 13.
- Nisancı, R., Erbas, Y. S., Yildirim, V., & Colak, H. E. (2015). Management of marine cadastre with geographic information system: a case study of Trabzon. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 16(1), 126-132.
- Paulsson, J., & Paasch, J. M. (2013). 3D property research from a legal perspective. *Computers, Environment and Urban Systems*, 40, 7-13.
- Paulsson, J., & Paasch J. M. (2015). The land administration domain model – A literature survey. *Land Use Policy*, 49, 546-551.
- PCC, EULIS, ELRA, CLGE, Eurogeographics, (2017). *Marine Cadastre in Europe. A Preliminary Study*. Brief edition.
- Picone, F., Buonocore, E., Chemello, R., Russo, G. F., & Franzese, P. P. (2021). Exploring the development of scientific research on Marine Protected Areas: From conservation to global ocean sustainability. *Ecological Informatics*, 61, 101200.
- Polat, Z. A., & Alkan, M. (2015). Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi'nin bibliyometrik analizi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 15, 25-28.
- Polat, Z. A. (2019). Evolution and future trends in global research on cadastre: a bibliometric analysis. *GeoJournal*, 84(4), 1121-1134.
- Polat, Z. A., Saraçoğlu, A., & Duman, H. (2019). Harita Dergisi'nin bibliyometrik analizi. *Harita Dergisi*, 85(161), 46-56.
- Polat, Z. A., Alkan, M., Paulsson, J., Paasch, J. M., & Kalogianni, E. (2022). Global scientific production on LADM-based research: A bibliometric analysis from 2012 to 2020. *Land Use Policy*, 112, 105847.
- Polat, Z. A., Kırtıloğlu, O. S., & Kayalık, M. (2023). Evolution and future trends in global research on geographic information system (GIS): A bibliometric analysis. *Advanced GIS*, 3(1), 22-30.
- Racetin, I., Kilić Pamuković, J., & Zrinjski, M. (2022). Role of Marine Spatial Data Infrastructure and Marine Cadastre in a Sustainable World. *Journal of marine science and engineering*, 10(10), 1407.
- Robertson, B., Benwell, G., & Hoogsteden, C. (1999). The marine resource: administration infrastructure requirements. In *UN-FIG Conference on Land Tenure and Cadastral Infrastructures for Sustainable Development* (pp. 24-27).
- Sanguankaew, P., & Vathanophas Ractham, V. (2019). Bibliometric review of research on knowledge management and sustainability, 1994-2018. *Sustainability*, 11(16), 4388.
- Schiavi, G. S., & Behr, A. (2018). Emerging technologies and new business models: a review on disruptive business models. *Innovation & Management Review*, 15(4), 338-355.
- Sesli, F. A., & Uslu, G. (2010). The importance of marine cadastre for Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 5(14), 1749-1758.
- Srebro, H., Fabrikant, I., & Marom, O. (2010). Towards a marine cadastre in Israel. FIG congress 2010, facing the challenges – Building capacity, 11-16 Apr 2010 Sydney, Australia.
- Srebro, H. (2015). Implementation of Marine Cadastre in Israel. In *Proceedings of the FIG Working Week 2015*, Sofia, Bulgaria, 17-21 May 2015.
- Stāmure, I., Kaminskis, J., & Kowalczyk, K. (2017). Importance of the Marine Cadastre in the Development of the Real Estate Industry in Latvia. *Baltic Journal of Real Estate Economics and Construction Management*, 5(1), 259-274.
- Strain, L., Rajabifard, A., & Williamson, I. (2006). Marine administration and spatial data infrastructure. *Marine policy*, 30(4), 431-441.

- Sutherland, M., Cockburn, S., & Nichols, S. (2004). Toward a 3D marine cadastre in support of good ocean governance: A review of the technical framework requirements. *Computers, Environment and Urban Systems*, 28(5), 443-470.
- Sutherland, M. (2005a). The marine cadastre: legal and spatial data contribution to economic, environmental and social Development. In FIG Working Week (Vol. 1621).
- Sutherland, M. D. (2005b). Marine boundaries and good governance of marine spaces. (Doktora Tezi). Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick, Canada.
- Widodo, M. S. (2003). The needs for marine cadastre and supports of spatial data infrastructures in marine environment–A case study. *FIG Working Week, Paris, France*.
- Yomralioglu, T., & McLaughlin, J. (Eds.). (2017). *Cadastral: geo-information innovations in land administration* (Vol. 335). Cham, Switzerland: Springer.
- Zhang, H., Huang, M., Qing, X., Li, G., & Tian, C. (2017). Bibliometric analysis of global remote sensing research during 2010–2015. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(11), 332.
- Zamzuri, N. A. A., & Hassan, M. I. (2021). 3D Marine Cadastre within Land Administration-Review. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 767, No. 1, p. 012039). IOP Publishing.
- Zupic, I., & Čater, T. (2015). Bibliometric methods in management and organization. *Organizational research methods*, 18(3), 429-472.

Evaluation of zoned public real property parcels as small industrial site and model proposal: SISPE

Mehmet Aziz Sayar^{1,2} , Mustafa Ulukavak^{3*} 

¹Harran University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Geomatics Engineering, Şanlıurfa, Türkiye.

²Republic of Türkiye Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change-Şanlıurfa Directorate of National Property, Şanlıurfa, Türkiye.

³Harran University, Faculty of Engineering, Department of Geomatics Engineering, Şanlıurfa, Türkiye.

Abstract: Public Real Property (PRP) immovables are one of the most important building blocks of sustainable development. The process of utilization of these parcels in urban areas starts with the construction of zoning plans. These parcels gain different usage functions through zoning planning. One of these functions is Small Industrial Site (SIS) areas. SISs are established and served by the relevant cooperatives. In this context, if the immovable properties on which the SISs are to be established are on PRP parcels owned by the state, the ownership must first be transferred to the name of the relevant cooperative. This transfer of ownership takes place within the framework of specific legal procedures and principles. However, the legal legislation in force regarding this process contains some uncertainties and deficiencies and is insufficient. As a result, there may be cases where the work and transactions are interrupted. This situation leads to public and PRP losses. In this study, this process is analyzed in detail together with its actors. The process of utilization of PRP parcels as SIS areas is analyzed with concrete examples. A revision approach was introduced to the current legislation within the scope of these recommendations and the work/process flow was remodeled within the scope of the developed legislation. In this context, situations of uncertainty and deficiency were identified and a model of solution proposals was created. In this way, it has been determined that our study will eliminate the uncertainties and problems in this field, so that land management can be carried out more effectively and public / PRP losses can be prevented. In addition, our study is intended to be an appropriate process that can be used for the evaluation of PRP parcels planned as SISs in the zoning plan.

Keywords: Zoning plan, Small industrial site, Land management, SIS cooperative, Public real property parcel

Kamuya ait imarlı parsellerin küçük sanayi sitesi olarak değerlendirilmesi ve model önerisi: SISPE

Öz: Hazine taşınmazları, sürdürülebilir kalkınmanın en önemli yapıtaşlarından. Kentsel alanlarda bulunan bu parsellerin değerlendirilmesi süreci imar planlarının yapımı ile başlamaktadır. Bu parseller imar planlamasıyla birbirinden farklı kullanım fonksiyonları kazanmaktadır. Bu kullanım fonksiyonlarından birisi de Küçük Sanayi Sitesi (KSS) alanlarıdır. KSS'ler ilgili kooperatifler tarafından kurulur ve hizmet verir. Bu kapsamda, KSS kurulacak olan taşınmazlar, Hazine parselleri üzerinde ise mülkiyetin ilgili kooperatif adına geçirilmesi gerekmektedir. Bu mülkiyet devri, kendine has yasal usul ve esaslar çerçevesinde gerçekleşmektedir. Ancak bu sürece dair yürürlükte olan yasal mevzuat, bazı belirsizlikler ve eksiklikler içermekte ve yetersiz kalmaktadır. Bunun neticesinde iş ve işlemlerin sektöre ugradığı durumlar yaşanabilmektedir. Bu durum kamu ve Hazine zararına yol açmaktadır. Bu çalışmada, söz konusu süreç aktörleriyle birlikte ayrıntılı olarak incelenmiştir. Hazine parsellerinin KSS alanı olarak değerlendirilmesi süreci somut örneklerle işlenmiştir. Yürürlükteki mevzuata bu öneriler kapsamında revize yaklaşımı getirilmiş ve iş/işlem akışı geliştirilen mevzuat kapsamında yeniden modellenmiştir. Bu kapsamda belirsizliği ve eksikliği görülen durumlar tespit edilerek çözüm önerileri modeli oluşturulmuştur. Çalışmamızın bu alandaki belirsizlikleri ve sorunları ortadan kaldıracığı, böylelikle arazi yönetiminin daha etkin yürütülebileceği ve kamu/Özelleştirme İdaresi kayıplarının önlenebileceği tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmamızın imar planında KSS olarak planlanan KT parsellerinin değerlendirilmesi için kullanılacak uygun bir süreç olması amaçlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: İmar planı, Küçük sanayi sitesi, Arazi yönetimi, KSS kooperatifi, Hazine parseli

1. Introduction

With the emergence of industrialization in the world at the end of the 17th century, people, most of whom lived in rural areas and continued their lives with agriculture and animal husbandry, started to migrate towards cities (Dastrup & Gisp, 2015). These people, who rapidly increased the population in the places where they migrated, started to live in the cities, usually with jobs based on the industrial sector. This situation has revealed the necessity of gathering and maintaining industrial activities under a certain framework over time (Biyik, 2018). The planning of industrial sites with regular criteria and high standards gave birth to organized industrial zones and smaller scale SISs (Bayülken & Kütükoğlu, 2012).

As a result of this process in Turkey, as in other countries, it has become necessary to organize the population working in the industrial sector in social and spatial terms. In this context, the establishment of industrial sites has become inevitable. Industrial sites have played a major role in the creation of a regular urbanization throughout the country, in solving environmental waste problems and in the coordinated activities of industrial enterprises. In this context, the concept of industrial estates is considered as a socio-spatial formation where people and businesses are together (Sforzi, 2015).

Industrial site practices in Turkey started in the 1960s, the period of planned development, with the aim of preventing unplanned urbanization and bringing industrial settlements into a disciplined form. The first organization organized in this field in order to increase and systematize industrial production was the Organized Industrial Zone (OIZ). Along with this practice, in order to prevent irregular urbanization and environmental pollution caused by intensive industrialization activities, SISs that gathered small industrial enterprises together started to be established after 1965 (Bozdemir, 2014). It can also be mentioned that these sites are considered as the continuation of OIZs. In this context, SISs realize the co-location of small-scale repair shops, workshops and commercial establishments.

As in all matters under the heading of real site management in urban spaces, the most important factors in the establishment and operation of SISs are the ownership of the site and zoning planning. Just as in all conceivable land use functions such as education, health facility, housing, etc., a zoning plan is required for SIS areas to become operational. Within the scope of this planning work carried out by the municipalities, the immovable becomes zoned as "SIS area" in the zoning plan. Thus, the first step of the legal requirements for the establishment of a SIS on the immovable is fulfilled. There are major differences in terms of business and procedures between private ownership and state ownership of the immovable that is planned as a SIS in the zoning plan. In the case of private ownership, the necessary license for the establishment of the SIS is obtained and the construction of the facility is started, whereas if the property belongs to the state, the work and procedures to be followed are not so simple. First of all, the ownership of the immovable property in question must be transferred from state ownership to the ownership of the cooperative that will establish the SIS. This transfer of ownership is a process in itself in terms of land management. While the actors representing SIS enterprises are SIS cooperatives, the actors in terms of state institutions are the Republic of Turkey Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change at the center, the Directorate of National Property and the Branch Directorate of Infrastructure and Urban Transformation in the provinces. The transition of PRP parcels planned as SISs in the zoning plan from state ownership to SIS cooperative ownership is realized through two different models implemented in the light of legal regulations. In one of these models, the process is carried out through the Directorate of National Property, while in the other, it is carried out through the Branch Directorate of Infrastructure and Urban Transformation. In both models, PRP parcels planned as SISs are transferred to cooperative ownership under very favorable terms and conditions. The aim here is to facilitate the establishment of SISs that serve national and urban development in social and economic terms. However, there are significant differences between these two models in terms of the procedures followed, the fee paid to the state by the cooperative in exchange for PRP parcels, the state budget

to which this fee is transferred, the public services for which the fee is used, and so on. However, there is no provision in the legislation on which model the process will be carried out. For this reason, the concerned Ministry is asked each time how (using which model) the application process for cooperatives will be carried out. The fact that the Ministry, which has a workload and intensity on numerous issues, is also the decision-making authority on this issue slows down the procedures. This not only leads to very slow procedures, but also to uncertainty and “multi-headedness”. In addition to the confusion caused by the existence of two different models, there are also some insolvability and uncertainties within each model. Due to all these reasons, transactions are often disrupted, stalled and the desired efficiency cannot be achieved. As a result, the works and transactions carried out in line with the establishment of public and PRP interests may result in public and PRP losses.

In our study, in which these processes are covered in detail, on the one hand, the work and transactions carried out are analyzed in terms of legislation, and on the other hand, the practices are supported with concrete examples. Uncertainty and deficiency points were identified and both revision proposals were made to the legislation in force and the business/processes were remodeled for solution. The two existing models within the scope of the legislation in force and the workflow were assigned the letters A and B as “Model A” and “Model B” (*Model A: The workflow realized through the Directorate of National Property, Model B: The workflow model realized through the Branch Directorate of Infrastructure and Urban Transformation*). Within the scope of the study, the “Small Industrial Site PRP Efficiency (SISPE) Model”, which gathers the whole process under a single roof by removing the “problems/uncertainties” instead of the legislative provisions and workflow models that were found to be deficient, was created.

According to created SISPE Model;

- preventing public/PRP losses by providing a permanent solution to the uncertainties and problems in this area,
- maximizing the maximum benefit from SIS areas in terms of sustainability,
- clarify and streamline the process,
- filling the gap in this area,
- to be a guide that will shed light on business/transactions,

general research objectives were aimed. The specific problems that played a role in determining these objectives and the hypotheses put forward to solve these problems are detailed in the research findings section of the study.

In this study, the evaluation of PRP parcels as SIS areas is discussed in general. In Chapter 2 of the study, the conceptual information on SISs and the criteria required for the establishment of SISs are examined from different perspectives. In Chapter 3, the provisions of the legislation in force and the work flow models applied within the framework of these provisions are explained and supported with tangible examples. In Chapter 4, the shortcomings of the current legislation and existing models are identified and revision suggestions are made. In addition, a new workflow “SISPE Model” that gathers these suggestions under a single frame has been created. Chapter 5 presents the conclusions and recommendations of the study.

2. Material and Methods

In this section, a detailed definition of the concept of “Small Industrial Site”, which constitutes the focal point of our study, is provided. Furthermore, the concepts of “zoning planning of small industrial sites” and “ownership of small industrial sites” within the framework of the current legislation will be examined separately and analyzed within the current situation. Finally, we will present a new model as a solution proposal.

2.1 Small Industrial Site from a Conceptual Perspective

Industry is a tool that people use to meet their needs by processing and transforming the raw materials available in the living space in a form suitable for them (Gedik, 2021). It is also a set of methods developed to create and functionally use energy resources (British Standards Institution, 2011).

SISs are defined as enterprises equipped with infrastructure services and social structures such as administrative buildings, apprenticeship courses, sales offices, etc., where small enterprises engaged in repair, manufacturing and buying and selling are located (Aydemir & Ateş, 2011). The gathering of small enterprises in industrial sites enables the development of inter-enterprise organization on the one hand, and on the other hand, to benefit from the benefits of the national economy (Aslan, 2007). Considering the ease of transportation of “road” service, which is indispensable in terms of logistics, and the “energy” criterion, which is also one of the most necessary elements for SISs, to collective and planned areas; the vital importance of SISs for the special needs of small businesses comes to the fore.



Figure 1: The old situation of car dealerships in the city (URL-1)

Figure 1 shows a visual of the old situation of the car dealerships in Şanlıurfa. The irregular and distorted situation of the businesses in the middle of the residential areas in the city is clearly seen here. Figure 2 shows an image of the Şanlıurfa province Car Dealers Small Industrial Site.



Figure 2: Current status of car dealerships in the city (URL-1)

As seen in Figure 2, after the establishment of the SIS, the car dealerships in Figure 1 moved to their own SIS, which is healthy, efficient and isolated from residential areas in every respect. In this context, scattered enterprises were gathered together and efficiency was achieved in many areas such as the organization of enterprises among themselves, provision of infrastructure services, reduction of environmental pollution, reduction of unplanned urbanization tendency, supervision of the administration over enterprises, etc.

2.2 Small Industrial Site in terms of Zoning Planning

As a requirement of modern urbanization, the establishment of SISs cannot be done haphazardly and requires a planning process. In this respect, as in all land use functions in cities, the first condition for the realization of services in SIS areas is to make a zoning plan in the area where the SIS will be built. Within the scope and thanks to the zoning planning, the activities on the land in question will be carried out in compliance with the rules of health and science under the control of the state. Thus, sustainability will be ensured through healthy and planned urbanization, while regional development will be served through infrastructure services to be provided by local governments within the scope of zoning planning and the benefits of these services to operational efficiency.

As is known, Article 2 of the Zoning Law No. 3194 stipulates that “*all plans to be made and all public and private buildings to be constructed within and outside the boundaries of municipalities and adjacent areas are subject to the zoning law*”. Article 3 of the Zoning Law also states that “*any area cannot be used for purposes contrary to the principles of plans of all scales, the conditions of the region where it is located and the provisions of the regulations*” (URL-2). Pursuant to these provisions, it is understood that the land considered as a SIS area should first be planned as a “small industrial site area” in the zoning plan. In this context, the subparagraph (e) of Article 5 of the Spatial Plans Construction Regulation states that “*small industrial area is an area where the daily maintenance, repair, service and small-scale manufacturing needs of the inhabitants of the city can be met, workshops, workshops and warehouses that do not contain explosive, flammable and flammable substances and do not pose a danger to environmental health can be built in easily accessible places to settlements*” (URL-3).

2.3 Small Industrial Site in terms of Ownership

SISs are established in accordance with the Cooperatives Law No. 1163. Article 1 of the Cooperatives Law states that “*cooperatives are established as legal entities in order to provide and protect the specific economic interests of their members and the needs of their professions through mutual assistance, solidarity and surety with their labor and monetary contributions*” (URL-4). As in all land use functions, the ownership in SIS areas can belong to either private individuals or the PRP. If the ownership belongs to private individuals, it is very simple for them to establish a SIS on their own property, provided that the provisions of the zoning legislation are complied with. However, if the property belongs to the PRP, the process is carried out under a very serious land management process. Within the scope of this process, in order for the SIS to be established, the property must be transferred from the name of the PRP to the name of the SIS cooperative. Regarding the function of cooperatives, one of the most important actors of this system, Article 6 of the Articles of Association of Small Industrial Site Building Cooperatives states that “*the purpose of the cooperative is to ensure that tradesmen, craftsmen and industrialists operating in the relevant professions have a workplace with modern and technical conditions and to establish a small industrial site that includes facilities to meet the general services of the community*” (URL-5). Accordingly, it is understood that small industrial site cooperatives are legally responsible for carrying out the transfer of ownership works and transactions on behalf of cooperative members in accordance with the legislation. As a result of the fulfillment of these procedures and principles, the ownership of the PRP immovable belonging to the state is transferred to the relevant SIS cooperative. Thus, the PRP immovable on which the SIS will be established is removed from state ownership and registered in the ownership of the cooperative. Then, after the conditions specified in the legislation are completed, the ownership of the industrial enterprises is transferred from the ownership of the cooperative to the ownership of the cooperative members through the “individuation” process.

3. Research Findings

3.1 Evaluation of PRP Parcels with Small Industrial Sites in the Zoning Plan

The planning of a PRP parcel as a SIS in the zoning plan means that the parcel is a potential SIS parcel. Thus, the PRP parcel(s), which is now certain to serve as a SIS area, is now ready for evaluation. The evaluation process starts with the request (application) of the relevant SIS cooperative that is obliged to perform the service. After this request, the transfer of the PRP immovable on which the SIS will be established to the ownership of the SIS cooperative is carried out under two different models: “through the General Directorate of National Property” and “through the Branch Directorate of Infrastructure and Urban Transformation”.

For the convenience of this study, the workflow realized through the Directorate of National Property is defined as “Model A” and the workflow realized through the Branch Directorate of Infrastructure and Urban Transformation is defined as “Model B”.

3.1.1 Evaluation under the Model A

In this model, provided that the PRP parcel where the SIS will be established is planned as a SIS area in the zoning plan, the transition of the parcel from PRP ownership to cooperative ownership is made in accordance with the Law No. 4706 “Law on the Evaluation of Immovable Properties Belonging to the PRP and Amendments to the Value Added Tax Law”. Article 4, paragraph 3 of Law No. 4706 states that “*Immovable properties belonging to the PRP can be sold directly to cooperatives established for this purpose for the construction of small industrial sites at the value based on the fee. An annotation is placed on the land registry stating that these places cannot be used for other purposes*” (URL-6). The concept of “fee-based value”

referred to here is the base value of the relevant immovable property determined every year. This value is the minimum financial value of an immovable and corresponds to figures far below the real market value of the immovable. Considering that the PRP parcel was sold to the relevant cooperative at the base value, the convenience granted by the state to cooperatives for SISs is clearly understood.

Within the scope of Model A, sales transactions are carried out in accordance with the Law No. 4706, while sales procedures and principles are carried out in accordance with the “General Communiqué No. 313 of National Property”. Article 2.1. subparagraph (a) of the Sales Procedures section of the Communiqué No. 313 states that “*Immovable properties belonging to the PRP, which are allocated as SISs in zoning plans, can be sold to cooperatives established for this purpose in order to establish SISs*” (URL-7).

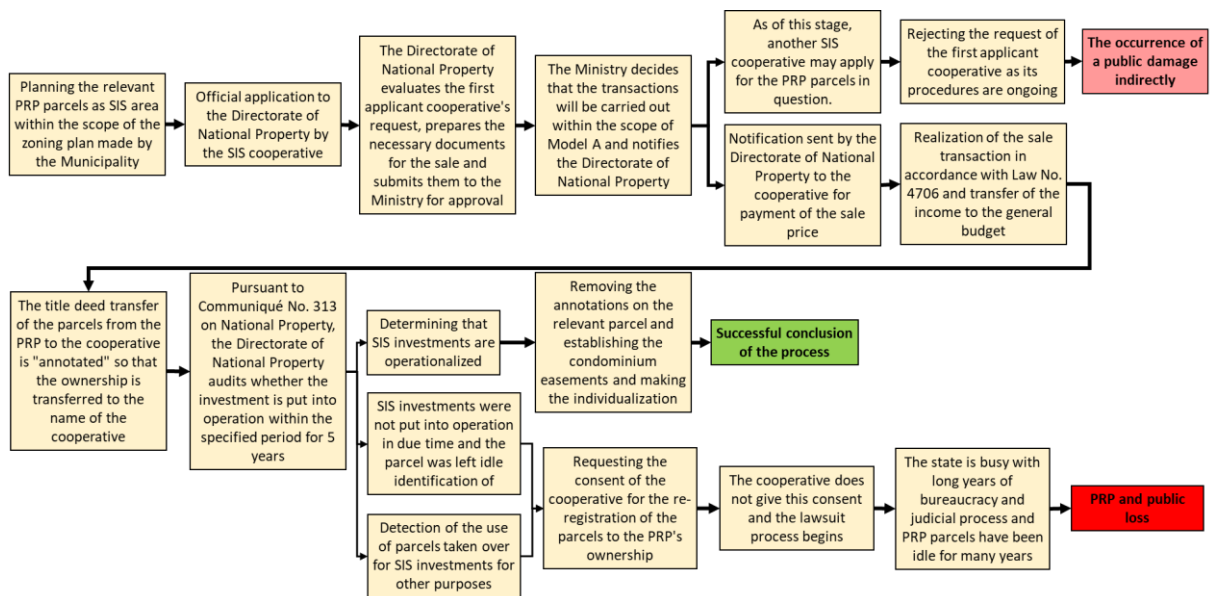


Figure 3: Model A

In Figure 3 The steps and results of the process carried out within the scope of the legislation in force and this model are shown in detail in the flow diagram of Model A. Within the scope of Model A, an example of the process carried out in Şanlıurfa province is given below.

In April 2014, the “Şanlıurfa Plastic Manufacturers Specialized SIS Construction Cooperative Presidency” requested eleven PRP immovable parcels in the Kadıkendi Neighborhood of Şanlıurfa from the Şanlıurfa Directorate of National Property to establish a SIS. This request was notified to the Ministry by the Şanlıurfa Directorate of National Property. The Ministry decided to carry out the transactions within the scope of Model A.

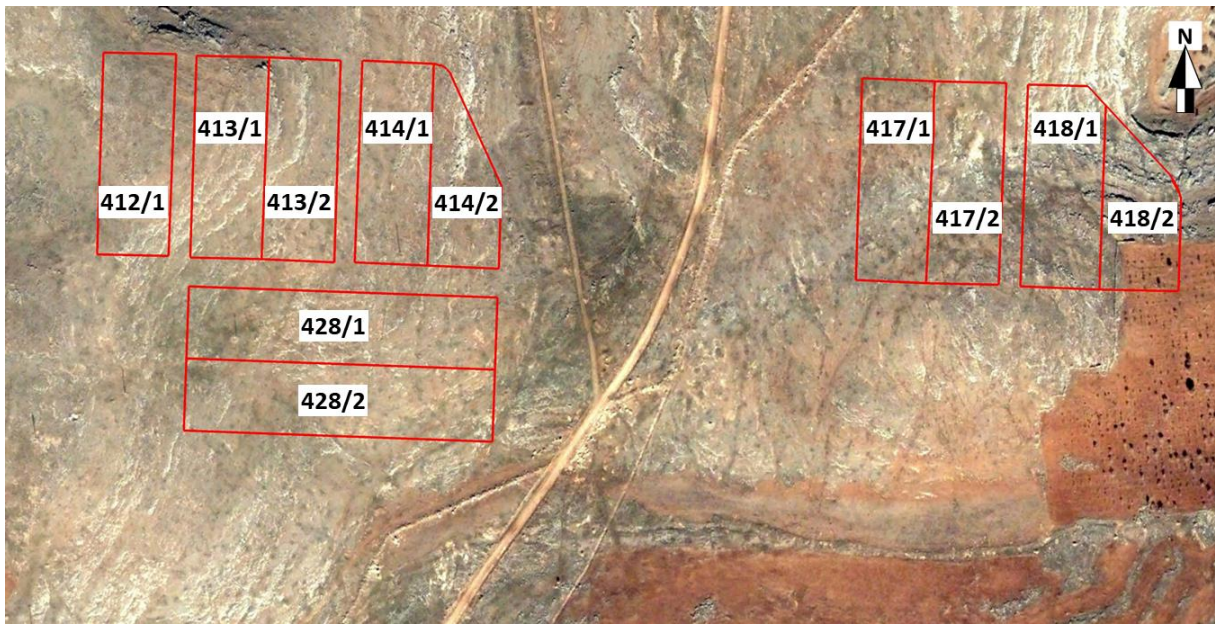


Figure 4: PRP parcels requested by the Plastic Manufacturers Specialized SIS Cooperative (from Google Earth, 2015 image)

Figure 4 shows the satellite image of the PRP immovables in question. The zoning status of the region where the parcels in question are located is given in Figure 5 and it is seen that the zoning planning criterion, which is one of the conditions for the construction of SISs, is met.

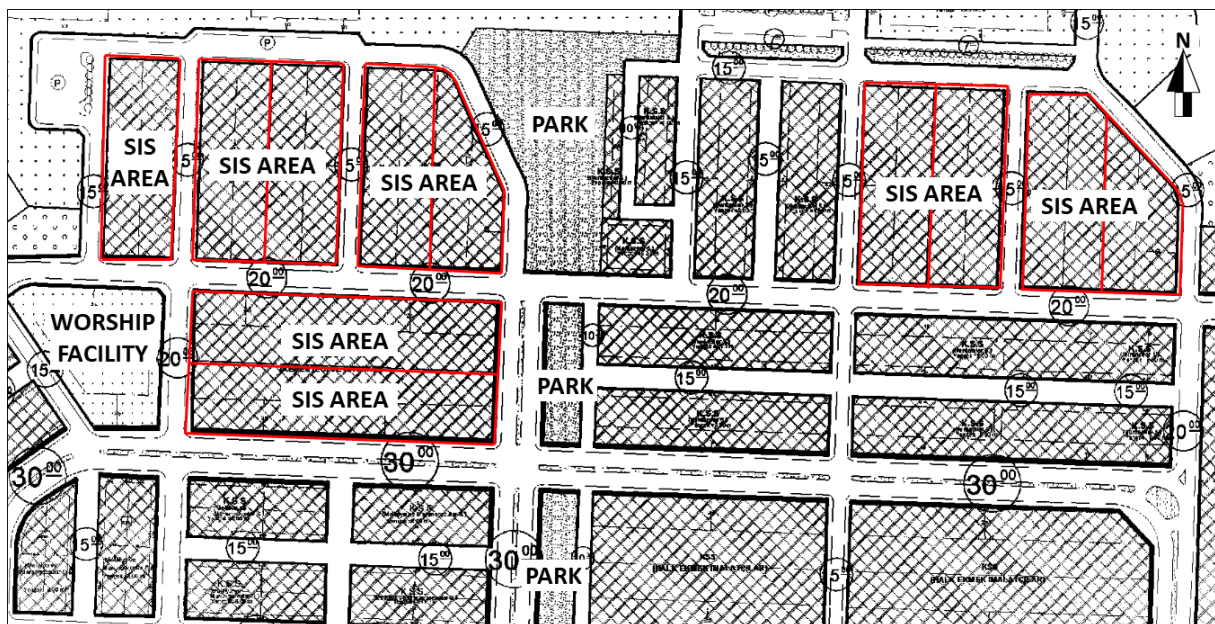


Figure 5: Zoning plan of the parcels (from Directorate of National Property of Şanlıurfa Institution Archive)

In the plan notes of the zoning plan in Figure 5, it is stated that the following parcels are allocated for the Keresteciler SIS: Block 412 parcel 1, Block 413 parcel 1, Block 413 parcel 2, Block 414 parcel 1, Block 414 parcel 2, Block 428 parcel 1 and Block 428 parcel 2, and Block 417 parcel 1, Block 417 parcel 2, Block 418 parcel 1 and Block 418 parcel 2 are allocated for the Plastikçiler SIS.

Although some of the PRP parcels mentioned in the zoning plan notes were allocated for the Keresteciler SIS and some for the Plastikçiler SIS, since the only official request came from the Şanlıurfa Plastic Manufacturers Specialized SIS

Construction Cooperative Presidency, the Şanlıurfa Directorate of National Property initiated the procedures to be sold to this cooperative. The Directorate of National Property prepared and sent to the Ministry the information and documents regarding the mentioned parcels. Subsequently, as a result of the detailed examination of the information and documents by the Ministry, the necessary approval was given and the Şanlıurfa Directorate of National Property was once again assigned the task for the continuation of the process. The Şanlıurfa Directorate of National Property collected the value based on the fee from the Şanlıurfa Plastic Manufacturers Specialized SIS Construction Cooperative. Subsequently, a letter was written to the Land Registry and Cadastre XXI. (Şanlıurfa) Regional Directorate and it was notified that the mentioned PRP immovables were sold to the Şanlıurfa Plastic Manufacturers Specialized SIS Construction Cooperative in accordance with Law No. 4706. By placing the “annotation” specified in Law No. 4706, the ownership in the land registry was transferred from the name of the PRP to the name of the Şanlıurfa Plastic Manufacturers Specialized SIS Construction Cooperative Presidency. It is possible to say that the annotation mentioned here is one of the most important work items in the process in question.

This annotation states that *“the immovables named ..., the ownership of which belongs to the PRP, were sold to the Şanlıurfa Plastic Manufacturers Specialized SIS Construction Cooperative Presidency in accordance with Law No. 4706 in order to establish a small industrial site in order to carry out plastic manufacturing activities in accordance with the project and to be used for this purpose. It is obligatory to put the investment into operation within the periods determined for the foreseen investment. In the event that the project is not started or completed within the specified time period or if it is used for purposes other than the purpose of sale, the parcels will be taken back by the PRP in accordance with Communiqué No. 313.”* In fact, Article 2.2 of the Principles and Procedures for Sale Section of the General Communiqué No. 313 of the National Property states that *“if the project is not started or completed within the time limit or if it is used for purposes other than the purpose of sale, the real estate will be taken back by the PRP”* (URL-7).

It is stated that General Communiqué No. 313 of the National Property, in the section on Activation and Supervision of Investment Projects, *“(1-2) the date of commencement of the project shall be notified to the administration by the relevant legal entities. Within fifteen days following the notification by the administration, the determination to be made on site and the commencement of the project will be recorded in a report. (3) The projects related to the investments to be made shall be completed and put into operation at the end of the fourth year. (5) After the completion of the project, the administration shall be notified of the date of completion of the project and the date on which it will be put into operation, and the annotation on the title deed shall be removed if it is determined by the administration that the project has been completed in accordance with its purpose.”* (URL-7).

As can be understood from Law No. 4706 and the General Communiqué No. 313 of the National Property, on the one hand, the state provides all the facilities to the cooperative for the establishment of a SIS, and on the other hand, the state tries to prevent the idle and/or misuse of the PRP parcels that are easily acquired by the cooperative (*purchased at the value based on the fee*). In this context, even if the ownership is transferred from the PRP, the state continues to supervise the industrial investments undertaken to be established on the immovable.



Figure 6: Plastic Manufacturers SIS (from Google Earth, 2023 image)

Figure 6 shows a satellite image of the current status of the area in question. Compared to the current situation (Figure 4) at the time of the commencement of the transactions, it is seen that SIS enterprises have been established and started to operate in all other parcels except for parcel 418 block 1 and parcel 418 block 2. In the case of parcel 418 block 1 and parcel 418 block 2, where the committed investment activities have not been carried out, transactions have been initiated in accordance with the provisions mentioned in the “Activation and Supervision of Investment Projects” section of the General Communiqué No. 313 of the National Property, and the legal process continues for the transfer of the parcels back to the PRP ownership.

3.1.2 Evaluation under the Model B

In this model, provided that the PRP parcel where the SIS will be established is planned as a SIS area in the zoning plan, the transition of the parcel from PRP ownership to cooperative ownership is carried out in accordance with the “Law No. 6306 on the Transformation of Areas Under Disaster Risk”. In this model, the term “Reserve Building Area” is encountered in the transfer of ownership of SIS areas owned by the PRP to cooperative ownership. The state first allocates the PRP parcels that it will sell to the cooperative for the establishment of SISs as reserve building areas and then sells them to the cooperative. The income from these immovable properties is used only for disaster and urban transformation projects. As the name “reserve” suggests, with this practice, the state reserves both the PRP parcels and the income from these parcels. The aim here is to legally separate the PRP parcels to be sold from other PRP parcels by collecting them under the name “reserve”. In this way, the income from the sale of these “reserve parcels” will also be “reserve income” and will be allocated from the general budget to be used directly in specific works and transactions (*transformation of disaster areas, urban transformation*).

In this context, subparagraphs (e) and (g) of paragraph 5 of Article 6 of Law No. 6306 state that “*The Ministry is authorized to lease and sell the immovable properties owned by the PRP and allocated to the Ministry within the scope of this law in order to generate income for the special account of transformation projects, and to carry out all kinds of practices that will generate income and revenue in reserve building areas*” (URL-8).

In this model, the sale of PRP immovable properties to cooperatives is not made in return for the fee-based value as in Model A. Instead, they are sold for a price determined between the base price and the ceiling price of the parcel. The base price

mentioned here is the value of the parcel based on the fee. The ceiling price is the real market value of the parcel determined by the Branch Directorate of Infrastructure and Urban Transformation. As can be understood, the income obtained from the sales made in this model is much higher than the fee-based value obtained from the sales made in model A. Nevertheless, it is still below the real market value. Therefore, it is also understood that the support and facilities provided for SIS investments have not been abandoned.

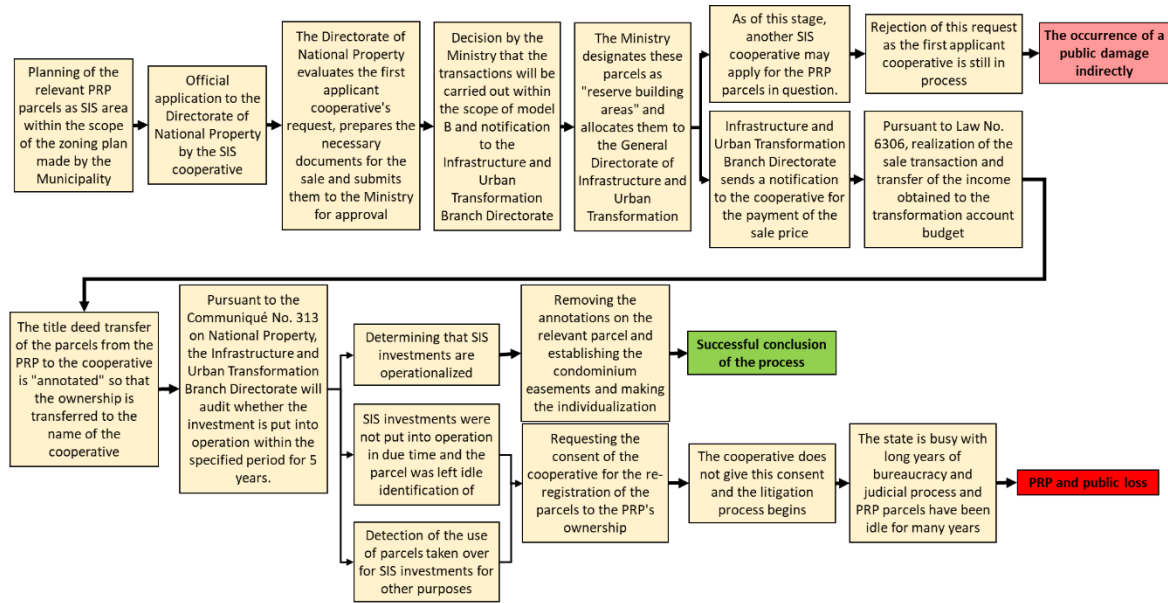


Figure 7: Model B

Model B is presented in Figure 7 The steps and results of the process carried out within the scope of the legislation in force and this model are shown in detail in the figure. A concrete example of the process carried out within the scope of Model B in Şanlıurfa province is given below.

“Şanlıurfa Briquetters Specialized SIS Construction Cooperative Presidency” has requested 11 (eleven) PRP immovable properties in Akçamescit Neighborhood to establish a SIS in 2019. This request was notified to the Ministry by Directorate of the National Property of Şanlıurfa. The Ministry decided to carry out the transactions within the scope of model B.

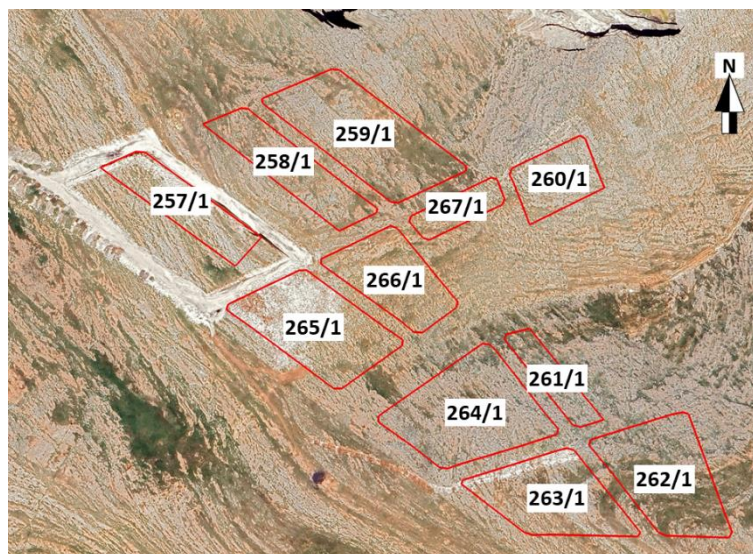


Figure 8: Parcels requested by the Briquetters Specialized SIS Construction Cooperative (from Google Earth, 2023 image)

Figure 8 shows the satellite image of the PRP immovables in question. The zoning status of the region where the parcels are located is given in Figure 9 and it is clearly seen that the zoning planning criterion, which is one of the conditions for the construction of SISs, is met.

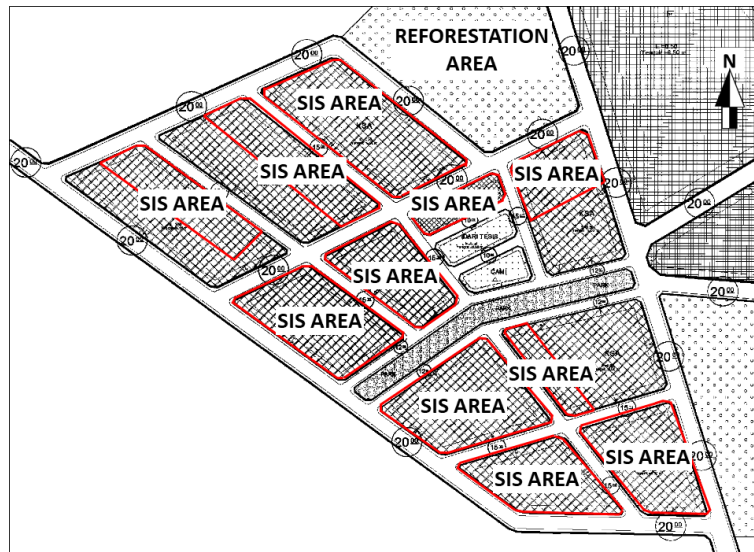


Figure 9: Zoning plan of the parcels (from Directorate of National Property of Şanlıurfa Institution Archive)

Although sales transactions within the scope of Model B are carried out in accordance with the Law No. 6306 on the Transformation of Areas Under Disaster Risk, the procedures and principles regarding the sale are determined in accordance with the General Communiqué No. 313 of the National Property and the “Regulation on the Special Account for Transformation Projects”. Article 25, paragraph 2, subparagraph (g) of the Regulation on Special Account for Transformation Projects stipulates that “*the immovable can be sold directly to cooperatives established for this purpose for the construction of a small industrial site, at a price to be determined by the Ministry, provided that it is not lower than the value based on the fee*” (URL-9). As can be understood from both Article 6 of Law No. 6306 and Article 25 of the Regulation on the Special Account for Transformation Projects, the price to be obtained from the sale of the parcel is transferred to the “special account for transformation projects”. As can be understood from the name of this account, the purpose of this account is to use the proceeds for “disaster areas and urban transformation projects”.

In this respect, the sale price was paid by the Şanlıurfa Briquetters Specialized SIS Construction Cooperative Presidency within the framework of the procedures and principles within the scope of the provisions of the mentioned legislation, and the title deed transfers were completed and the ownership of the mentioned parcels was removed from the ownership of the PRP and transferred to the ownership of the cooperative as “annotated”. This annotation states that “*the immovables named ..., the ownership of which belongs to the PRP, were sold to the Şanlıurfa Briquetters Specialized SIS Construction Cooperative Presidency in accordance with the Law No. 6306 in order to be used for SIS activities in accordance with the project and for this purpose. It is obligatory to put the investment into operation within the periods determined for the envisaged investment. In the event that the project is not started or completed within the specified period or is used for purposes other than the purpose of sale, the immovable will be taken back by the PRP.*” As in the case of Model A sales, state supervision continues after the sale. The authority to supervise after the sale is also taken from the “Activation and Supervision of Investment Projects” section of the General Communiqué No. 313 of the National Property (detailed in section 3.1.1). As a result, project works are ongoing on the parcels whose ownership was transferred from the PRP to the name of Şanlıurfa Briquetters Specialized SIS Construction Cooperative by transferring the title deeds in 2022. Following the

completion of the projects within the framework of the mentioned legislation, the annotations on the title deeds will be removed and individuation procedures will be carried out. If the project is not completed, legal proceedings will be initiated to transfer the parcels back to the PRP ownership, as in the concrete example given in Figure 6.

4. Discussion

4.1 Discussion of Models A and B

4.1.1 The Problem of Having Two Separate Models and Solution Approach

In both models, the ownership of the PRP parcel is transferred to the SIS cooperative at the end of the process completed within the scope of the procedures and principles set out in the legislation. In this respect, the goal is common. However, there are significant differences between the two models in terms of the price paid by the SIS cooperative to the state in return for the PRP parcel, the state budget to which the price is transferred, the public service for which the price is used, the procedures followed, etc. The model under which PRP parcels will be utilized depends on the decision taken by the Ministry upon the application of the cooperative. However, there is no legislative provision or finalized criteria for this decision. In addition to the numerous work items and file load of the Ministry, the work of reviewing and deciding on the SIS files sent from 81 provinces is added to the existing workload. This causes the process to be prolonged, often stalled and unstable. Moreover, the existence of two different models for a work item that is supposed to serve a common purpose leads to dual-headedness and confusion of authority. In addition, the fact that both models are carried out under different legislative provisions increases the confusion. For a solution, it would be appropriate to gather work and transactions under a new model to be produced.

As it is known, while the transactions in Model A are carried out in accordance with the Law No. 4706 and the General Communiqué No. 313 of the National Property, the transactions in Model B are carried out in accordance with the Law No. 6306, the General Communiqué No. 313 of the National Property and the Special Account Regulation for Transformation Projects. In addition, in both models, audits conducted after the completion of the process are carried out in accordance with the General Communiqué No. 313 of the National Property. Although there are many important differences between the two models, the most important differences are the “revenue generated” and the “state budget to which this revenue is transferred.” In Model A, the revenue generated is “the value based on the fee”, whereas in Model B, the revenue generated is “a value between the value based on the fee and the real market value”. In model A, the revenue generated is transferred to the “general budget”, while in model B, the revenue generated is transferred to the “conversion account budget”.

As is well known, the state’s general budget is funded from a myriad of sources and line items. In contrast, the transformation account budget has a weak revenue source. Moreover, the transformation account budget is a specific budget. This budget provides resources only for disaster management and urban transformation activities and is not used for any other line item. Thus, feeding the transformation account budget increases the efficiency and sustainability of post-disaster transformation operations. In this regard, Article 1 of the current Law No. 6306 clearly states that “*the purpose of this law is to make improvements, liquidations and renovations in order to create healthy and safe living environments in areas under disaster risk and in lands and plots where risky structures are located*” (URL-8). Considering that Turkey is a natural disaster (earthquake, flood) zone, it would be appropriate to prefer Law 6306 as the legislation for the new model. In this way, the state will generate more income from cooperatives and sustainability will be ensured through the direct use of this income in the transformation/rehabilitation of disaster areas.

4.1.2 The Problem of Identifying the SIS Cooperative whose Application will be Evaluated and Solution Approach

Article 2.1. subparagraph (a) of the Sales Procedures section of the General Communiqué No. 313 of the National Property states that “*In case of more than one request for the same immovable for the construction of a small industrial site; the zoning plan notes will be checked and the land will be given to the cooperative for which SIS it is allocated in the plan notes. If the field of activity is the same, the dates of application will be taken into consideration.*” (URL-7). However, the insufficiency of this provision is clearly seen in concrete cases.

In section 3.1.1., in the current example, the works and transactions regarding the eleven PRP parcels given in Figure 4 started in April 2014 with the application of the “Presidency of the Plastic Manufacturers Specialized SIS Construction Cooperative”. At that time, no other application other than the Plastic Manufacturers Specialized SIS Construction Cooperative was made for the relevant parcels. Therefore, the application of this cooperative was accepted and evaluated.

In June 2014, the “Presidency of the Woodworking Specialized SIS Construction Cooperative” applied for seven of these eleven immovables, namely Block 412, Parcel 1, Block 413, Parcel 1, Block 413, Parcel 2, Block 414, Parcel 1, Block 414, Parcel 2, Block 428, Parcel 1 and Block 428, Parcel 2. However, the application of the “Woodworking Specialized SIS Construction Cooperative Presidency” was rejected by the Directorate of National Property since the transactions were initiated in the name of the “Plastic Manufacturers Specialized SIS Construction Cooperative Presidency” in April 2014 for the mentioned parcels.

However, in the plan notes of the relevant zoning plan, it is stated that the 412 block 1 parcel, 413 block 1 parcel, 413 block 2 parcel, 414 block 1 parcel, 414 block 2 parcel, 428 block 1 parcel and 428 block 2 parcels are reserved for Keresteciler SIS, and 417 block 1 parcel, 417 block 2 parcel, 418 block 1 parcel and 418 block 2 parcel are reserved for Plastikçiler SIS. However, in April 2014, the date of the application of the Plastic Manufacturers Specialized SIS Construction Cooperative Presidency, all eleven PRP parcels were evaluated in line with the request of the Plastic Manufacturers Specialized SIS Construction Cooperative Presidency, as there was no other cooperative’s request on the mentioned parcels. Thus, the PRP parcels in question were brought to the economy of the country and the city, but the Woodworking Specialized SIS Construction Cooperative was victimized.

In such a situation, in response to the application made by the Presidency of the Plastic Manufacturers Specialized SIS Construction Cooperative in April 2014, “*acting in accordance with the zoning plan notes and holding the seven PRP parcels in question for a possible future application for the establishment of the Lumber Manufacturers SIS*” may seem like a solution. However, in the event that a cooperative of lumberjacks never exists, or if such a cooperative never applies, the PRP parcels will sit idle for years.

In fact, the procedure to be followed in the event that more than one CSS cooperative applies for the same PRP parcels is stipulated in the General Communiqué No. 313 of the National Property. However, this provision could not provide a solution in the concrete case and was insufficient. In addition, as stipulated in Communiqué No. 313, “granting PRP parcels for SIS purposes to the cooperative with the earlier application date” is a very superficial and shallow evaluation method. It does not offer an effective and efficient solution.

In order to resolve such situations, it would be appropriate to revise subparagraph (a) of Article 2.1 of the Sales Procedures section of the General Communiqué No. 313 of the National Property. In this context, the relevant article should be revised as follows: “***In the event that a request is made for the PRP parcel(s) for the construction of a SIS, the parcel(s) in question***

will be announced on the official website of the Directorate of National Property in the province and in the three local newspapers with the highest circulation in the province for 1 month. During the announcement period, applications will be received from all cooperatives that are interested in the parcel. At the end of the 1-month suspension period, the zoning plan notes will be reviewed and the application of the cooperative belonging to the branch of activity for which the relevant PRP parcels are reserved for which SIS service in the plan notes will be accepted. Requests of other cooperatives that have already applied will be rejected. If more than one cooperative has applied for the same type of activity (e.g. “X Mermerciler KSS Cooperative Presidency” and “Y Mermerciler KSS Cooperative Presidency” have applied for a parcel designated as “Mermerciler KSS” in the plan notes), an auction will be held between these cooperatives and the application of the cooperative with the highest price will be accepted. If no cooperative serving in the field of activity specified in the plan notes has applied for the PRP parcels planned as KSS; an auction will be held between the cooperatives that have applied (for example, if “Plastic Producers KSS cooperative” and “Demirciler KSS cooperative” apply for a parcel that is “Keresteciler KSS” according to the zoning plan notes) and the application of the cooperative with the highest price will be accepted.”

In this way, all cooperatives in the province will be informed about the existence of PRP parcels planned as SISs and that these parcels will be evaluated. This will prepare the ground for all existing cooperatives to apply. In addition, it will be possible for cooperatives that are still in the idea or establishment phase to complete their establishment procedures and apply within the 1-month suspension period.

In addition, if the conditions require, auction sales will be made to the cooperatives that apply, thus ensuring equal opportunity and increasing the price to be paid for the PRP parcel due to the competitive environment in the tender among cooperatives. Under the proposed new model, this will be transferred to the “transformation account budget”, which will be further enriched.

4.1.3 Post-Transfer Audit Problem and Solution Approach

As it is known, the transfer of PRP immovable properties planned as SISs in the zoning plan to the relevant SIS cooperatives is realized under very favorable prices and conditions. This is because the purpose of the state in these works and transactions is to facilitate, expedite and encourage the establishment of SIS enterprises, which are one of the locomotives of national and urban development. However, there is a possibility that these PRP parcels may be left idle and/or used for other purposes after they are transferred to private ownership. Such situations lead to the abuse of the strategy pursued by the state in SIS and the facilities it provides. For this reason, the state audits the PRP immovables transferred to private ownership for SIS purposes. The procedures and principles to be followed within the scope of the relevant articles of the General Communiqué No. 313 of the National Property regarding this audit were clearly explained in section 3.1.1 of the study. The controls that need to be carried out in terms of auditing are explained and it is ruled that the parcels given by the state to the cooperative can be taken back as a result of the controls. To this end, annotations are placed on the title deeds of the parcels.

Just as all kinds of works and transactions regarding the granting of parcels are carried out in accordance with the provisions of the legislation, the form of the works and transactions regarding the withdrawal of the parcel is also within the framework of the provisions of the legislation. In the section of the General Communiqué No. 313 of the National Property, “Procedures for the Recovery of Immovables that are not used for their intended purpose”, *the annotations on the title deeds of these immovables will be activated if it is determined as a result of the determinations made that the project of the immovables sold is not started or completed within the period of time or is used for purposes other than the purpose of sale. In this context, the registration of the immovable back to the PRP will first be requested from those concerned. If no consent is given to the*

registration in the name of the PRP within one month following the request, a deed cancellation and registration lawsuit will be filed.” (URL-7).

As it can be understood from these provisions of General Communiqué No. 313 of the National Property, it is not possible to transfer the ownership of an immovable under private ownership to the PRP directly for legal, physical and social reasons. Even if it is determined during inspections that the parcel should be taken back by the state, the registration of the immovable back to the PRP is first requested from the relevant parties, and if the request is not fulfilled, a deed cancellation and registration lawsuit is filed. This causes the process to be very long and uncertain. As a result, PRP parcels that are transferred to private ownership at very reasonable prices may remain idle for many years, creating unnecessary workload for state institutions and causing losses to the PRP. In addition, the state is discredited by the fact that it takes many years of effort to transfer a parcel of land that was previously owned by the state back to state ownership and the issue is brought to the courts.

In the concrete case discussed in section 3.1.1. of the study, as clearly seen in Figure 6, the committed investment activities on parcel 418 block 1 and parcel 418 block 2 have not been realized. In these parcels, the transactions continue in accordance with the relevant provisions of the General Communiqué No. 313 of the National Property. However, this has not prevented the parcels from remaining idle for years. Thus, public damage has occurred at the end of a process carried out for public benefit.

As is known, in both Model A and Model B, PRP parcels are first transferred to private ownership for the SIS facility, and then it is inspected whether the committed SIS project is built or not. However, it would be more correct to follow the opposite path. In other words, despite the collection of the sales price, it would be a proper solution to not immediately transfer the ownership to the cooperative ownership, to keep the title deed registered in the name of the PRP during the project completion period, and to wait for the completion of the project for the transfer of ownership at the Land Registry Directorate. In this context, Article 2.2 of the Principles and Procedures to be Applied in the Sale Section of the General Communiqué No. 313 of the National Property states that *“it is obligatory to put the investment into operation within the periods and purposes determined for the envisaged investment. If it is determined that all conditions of the investment are fulfilled within the time period, the relevant parcels will be removed from the PRP’s ownership and transferred to cooperative ownership. In the event that the project is not started or completed within the time period or is used for purposes other than sale, the immovable, which is already owned by the PRP, will be evacuated.”*

In this way, the state will not have to spend years trying to regain ownership of its own parcel of land, if necessary, and will not have to deal with the courts. In addition, the fact that the title deed transfer will be made at the end of the project will be an incentive for the completion of the project. In this way, the projects will be completed faster and brought into the economy, while the PRP parcels will be prevented from becoming idle.

4.1.4 Small Industrial Site PRP Efficiency (SISPE) Model Approach

Having two types of models, model A and model B, slows down the processes by causing business confusion. In addition, the A and B models also have their own drawbacks. As a result of the proposed solution approaches to the problems and uncertainties identified in sections 4.1.1, 4.1.2 and 4.1.3, the deficiencies of the A and B models were revised and development proposals were brought to the relevant legislation. Within the scope of the legislation developed with the revised suggestions, the new workflow was combined under the name of “SISPE model”. Figure 10 shows the SISPE model. As can be seen, the PRP losses likely to be seen at the end of the process in Models A and B are not encountered in this model.

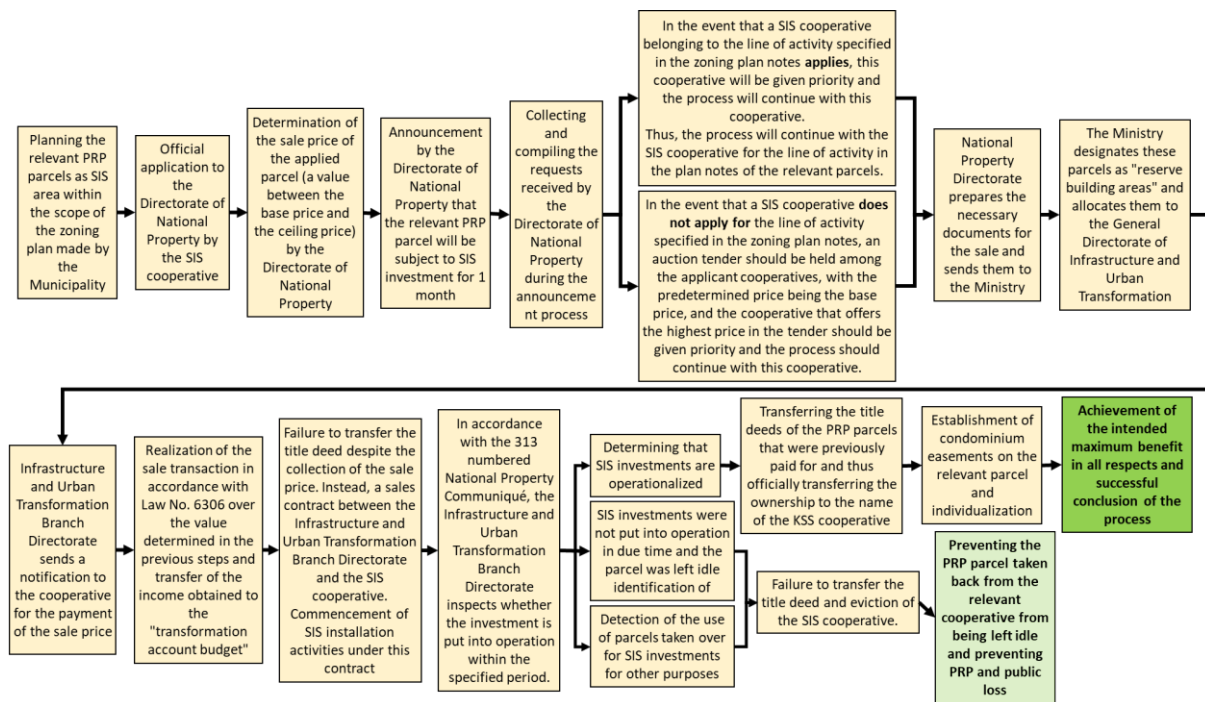


Figure 10: SISPE Model

5. Conclusion and Recommendations

In terms of property in our country, state property has an important place in addition to private property. In terms of immovable property, the high amount of PRP parcels owned by the state shapes the country’s real estate market. Considering its place in sustainable development and its share in national wealth, the necessity of the management and supervision of these immovable properties emerges. The active use of PRP parcels for commercial and human investments such as SISs contributes to the sustainability of the national economy. Subsequently, this potential is activated by the evaluation of these parcels by the relevant public institutions. This evaluation requires a serious land management process from start to finish. At the end of this process, in which the Directorate of National Property and the Branch Directorate of Infrastructure and Urban Transformation play a leading role, PRP parcels designated as SIS areas through zoning planning are transformed from “static” to “dynamics of the national and urban economy”. The utilization of these parcels within the scope of immovable property management and bringing them into the national and urban economy is discussed in detail in sections 3.1.1. and 3.1.2. However, there are cases where models that are supposed to serve common purposes lead to confusion and there are some uncertainties and problems inherent in both models.

In sections 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3, uncertainties and problems were identified concretely and solutions were proposed for each of them. All these recommendations were integrated into a new model created in section 4.1.4. The defective aspects of the business models applied in the legislation in force are revised and gathered under a single frame and re-modeled as the SISPE model.

As a result, both models;

- The state’s contribution to the industrial sector and the revitalization of the sector by realizing the transition of PRPs to private ownership at prices below the real market value,

- Establishing a healthy and orderly urbanization by gathering the industrial enterprises scattered in the city center together,
- To support sustainable development with benefits for the national and city economy,
- The promotion of potential industrial operators,
- increased public accessibility to and trust in industrial enterprises through the co-location of these enterprises in an organized manner by the state,

provides. In this way, the “State - Industry Sector – Public” triangle is established to benefit all its members. However, there are cases where the models intended to serve common purposes can cause confusion and uncertainty, which both models contain. In our study, we identify the points where the current legislation remains unresolved with concrete examples and propose solutions. Using these guidelines, we have revised the shortcomings of the current legislation. Furthermore, the flawed aspects of the business models utilized within the existing legislation have been reviewed and consolidated into a single framework, and restructured under the title of the SISPE model and the following processes are aimed to be realized:

- Speeding up the work and transactions and finalizing them without causing confusion and unnecessary waste of energy.
- Preventing PRP and public losses by eliminating uncertainties and problems.
- The study will serve as a road map in its field and guide sector employees and researchers.

With the achievement of these objectives of the study, public losses will be prevented in the utilization of PRPs as SISs. The maximum benefit to be received by the state, SIS enterprises and citizens will increase. Thus, the following benefits will be established in the area:

- The sustainability of public services.
- Public accessibility to services.
- Efficient use of services.
- Auditability of service provision.

The basis of the “utilization of PRP-owned SIS areas”, which is explained in detail throughout the study, depends on zoning planning. In order for PRP parcels to be used for small industrial site services, just like other urban services, the area must first be planned as a “SIS area”. When zoning planning is made, attention should be paid to the property texture and the property structure of the region should be used as a basis. The areas to be planned as “SIS areas” by the municipalities should be determined through joint work with the Directorate of National Property at the stage of draft zoning planning. Thus, SIS areas should coincide with PRP parcels as much as possible, as in the concrete example in Figure 8. This will ensure that the planned area belongs directly to the PRP instead of a fragmented ownership structure (*some private ownership, some PRP ownership*). In this way, transactions will be carried out from a single source and the industrial sector will benefit from the state facilities discussed in sections 3.1.1 and 3.1.2.

The solution approaches developed against the shortcomings and uncertainties covered in the sub-headings in section 4.1 of the study should be integrated into the legislation in force. By implementing the solution model produced within the scope of revising and developing the relevant legislation, the public and PRP losses that have been experienced and are likely to be experienced will be put an end to. In this way, the misuse of the parcels that have been transferred from PRP ownership to private ownership under very favorable conditions and prices to serve the national and urban economy will be prevented, and these parcels, which are national wealth, will not be allowed to turn into personal profit.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Şanlıurfa Directorate of National Property for permission to search the archives.

Author Contribution

Mehmet Aziz Sayar: Conception, Literature review, Analysis, Data collection and processing, Writing. **Mustafa Ulukavak:** Supervision, Interpretation, Design, Review of article, Writing.

Declaration of Competing Interests

The authors declare that they have no known relevant competing financial or non-financial interests that could have appeared to influence the work reported in this paper.

References

- Aslan, E. (2007). *Türkiye'de organize sanayi bölgeleri ve küçük sanayi sitelerinde ihtiyaç duyulan meslekler ile yeterince karşılanamayan meslekler ve bu konuda İŞKUR'un rolü* (Expertise Thesis), Turkish Ministry of Labour and Social Security, General Directorate of Turkish Employment Agency, Ankara, Türkiye (in Turkish).
- Aydemir, M., & Ateş, M. (2011). Corporate social responsibility phenomenon in small industrial areas: Bilecik small industrial area case. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 30, 169-180.
- Bayülken, Y., & Kütükoğlu, C. (2012). Organize Sanayi Bölgeleri Küçük Sanayi Siteleri Teknoparklar. *Genişletilmiş Dördüncü Baskı, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Publication No: MMO/584* (in Turkish).
- Biyik, F. Ö. (2018). Küçük sanayi sitelerinde iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları üzerine bir inceleme örnek alan: marmara sanayi sitesi. *OHS Academy*, 1(3), 98-109.
- Bozdemir, E. (2014). Accounting Applications in the Small Industrial Sites' Structure Cooperatives: A Case Study in Small Industrial Sites. *Journal of Social Sciences Institute of Ataturk University*, 18(1), 461-477 (in Turkish).
- British Standards Institution (2011). *BS EN 15978 Sustainability of Construction Works. Assessment of Environmental Performance of Buildings: Calculation Method*. British Standards Institution London, UK.
- Dastrup, R.A., & Gisp, M. (2015). *Introduction to Human Geography*. PressBooks.
- Gedik, Ü. (2021). *Transformation of dilapidated urban industrial areas: The case of İskitler small industrial site in Ankara province* (Master Thesis), Ankara University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Real Estate Development and Management, Ankara, Türkiye (in Turkish).
- Sforzi, F. (2015). Rethinking the industrial district: 35 years later. *Investigaciones Regionales-Journal of Regional Research*, (32), 11-29.
URL-1: <https://www.sanlıurfa.bel.tr/icerik/10234/23/oto-galericiler-sitesi> (Accessed: 5 February 2023).
URL-2: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.3194.pdf> (09.05.1985 dated and 18749 numbered Resmî Gazete, Accessed: 17 May 2023).
URL-3: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=19788&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> (14.06.2014 dated and 29030

numbered Resmî Gazette, Accessed: 17 May 2023).

URL-4: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.1163.pdf> (10.05.1969 dated and 13195 numbered Resmî Gazette, Accessed: 17 May 2023).

URL-5: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/eskisehir/webicerik/webicerik622.pdf> (Accessed: 28 May 2023).

URL-6: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=4706&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5> (18.07.2001 dated and 24466 numbered Resmî Gazette, Accessed: 28 May 2023).

URL-7: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/08/20070829-13.htm> (29.08.2007 dated and 26628 numbered Resmî Gazette, Accessed: 1 June 2023).

URL-8: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=6306&MevzuatTur=1&MevzuatTertip=5> (31.05.2012 dated and 28309 numbered Resmî Gazette, Accessed: 1 June 2023).

URL-9: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=23366&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> (25.02.2017 dated and 29990 numbered Resmî Gazette, Accessed: 5 June 2023).

Üretken uzamsal zekânın getirdiği paradigma değişimi

Caner Güney^{1*} 

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak Kampüsü, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Sarıyer, İstanbul.

Öz: İnsanoğlunun düşünce sistemini kolaylaştıran ve tamamlayan, akıl yürütme ve çıkarım yapmasına olanak veren üretken yapay zekâ uygulamalarının önemli yükselişi, farklı endüstrilerden son kullanıcılara kadar hemen hemen her kesimin günlük yaşamını ve iş yapış şeklini değiştirmektedir. Üretken yapay zekâ; kişilerin ve kuruluşların verimliliklerini ve üretkenliklerini arttırmakta, yenilikçi ürün ve hizmetlerin geliştirilmelerini kolaylaştırmakta, zaman ve kaynak tasarrufu sağlamakta ve kısacası geleceğe yön vermektedir. Büyük dil modellerinin ve bununla birlikte üretken yapay öğrenme modellerinin birçok üstün yönü olmasına rağmen bazı kısıtlı kaldığı geliştirilmesi gereken yönleri de bulunmaktadır. Genel bilgiye sahip büyük dil modellerinin belirli alanlarda daha etkin kullanılabilmesi için öncelikle ince ayarlarının yapılması ve eksik arka plan bilgisinin kapatılması için bilgi çizgeleri ile bütünleştirilmesi gerekmektedir. Sonrasında ise JSON gibi standart web formatları ile sorunsuz çalışabilmesi sağlanmalı ve eylem modelleri ile ilişkilendirilmelerindeki yetersizlikler giderilmelidir. Çalışma kapsamında sözü edilen bu eksiklikler tartışılacak, kurum ve kuruluşların bu eksiklikleri nasıl bir bilgi işlem altyapısı ile ele almaları gerektiği üzerinde durulacaktır. Üretken yapay zekâ uygulamalarından elde edilen deneyimin uzamsal/mekânsal zekâ ile bütünleştirilerek üretken uzamsal zekâ kavramının nasıl şekilleneceğine ilişkin çıkarımlar çalışma kapsamında paylaşılacaktır.

Anahtar Sözcükler: Yapay zekâ, Uzamsal zekâ, Üretken yapay zekâ, Çok modlu yapay zekâ, Büyük dil modelleri

Paradigm shift by generative spatial intelligence

Abstract: Generative AI (GenAI) applications facilitate and complement human thinking, enabling reasoning and inference. The significant rise of GenAI applications is changing the daily lives and the way of doing business for almost everyone, from different industries to end users. GenAI increases the efficiency and productivity of individuals and organizations, facilitates the development of innovative products and services, saves time and resources. In summary, it shapes the future. While there are many advantages of large language models and GenAI models, there are also some limitations. There are some issues where large language models with general knowledge are inadequate, such as fine-tuning them to be used more effectively in certain areas, integrating them with knowledge graphs to cover missing background information, working smoothly with standard web formats such as JSON, and associating them with large action models. Within the scope of the study, these deficiencies will be discussed. It will also focus on how organizations should configure an information processing infrastructure to overcome these deficiencies. The study will discuss how the concept of generative spatial intelligence (GenGeoAI) will be shaped by integrating the experience gained from GenAI applications with spatial intelligence (GeoAI).

Keywords: Artificial intelligence, Spatial intelligence, Generative AI, Multi-modal AI, Large language models

1. Giriş

4. Endüstri Devrimi ile ortaya çıkan üretim şekillerinin değişim ve dönüşüm hızı COVID-19 pandemisiyle birlikte ivme kazanmıştır. 4. Endüstri Devrimi ile hızla ilerleyen dijital dönüşüm bugün kendini yapay zekâ dönüşümü olarak göstermektedir. Sözü edilen dönüşüm kural bazlı modeller, geleneksel analitikler yerine kendi kendine öğrenen ve geleneksel veri analitiğinin çok ötesinde veriden değer ortaya çıkaran yapay öğrenme algoritmalarının kullanılması biçiminde görülmeye başlanmıştır. ChatGPT, Q*, Gemini, Yapay Genel Zekâ (Artificial General Intelligence, AGI), Figure AI örneğindeki gibi yapay zekânın robotlarla buluşması, 5. Endüstri Devrimi vb. yaklaşımlar yapay zekâ dönüşümünün önemli çıktıları olarak görülebilir. Yapay zekâ dönüşümüyle birlikte bugüne kadar insan ile yapay zekâ etkileşimi hiç olmadığı kadar yüksek düzeyde gerçekleşmektedir. Ayrıca bu etkileşim giderek artmakta ve etkileşimli öğrenme biçiminde ilerlemektedir.

İnsanlık bugüne kadar yapay öğrenmeden (yapay zekâdan, makine öğrenmesinden) bir hesaplama aracı olarak yararlanmıştı. Son zamanlarda yapay öğrenme yalnız bir hesaplama aracı olarak değil aynı zamanda bir üretim aracı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu noktadan sonra ise daha yüksek hesaplama güçleri, daha çok veri ve çok modlu yapay öğrenme modelleri ile insanoğlunun problem çözme kapasitesini ve karar verme yeteneğini arttıracak daha farklı uygulamaların ortaya çıkması beklenmektedir. Bu nedenle bu çalışma yapay zekâ dönüşümünün mekânsal bilişim alanına yansması konusuna değinmektedir.

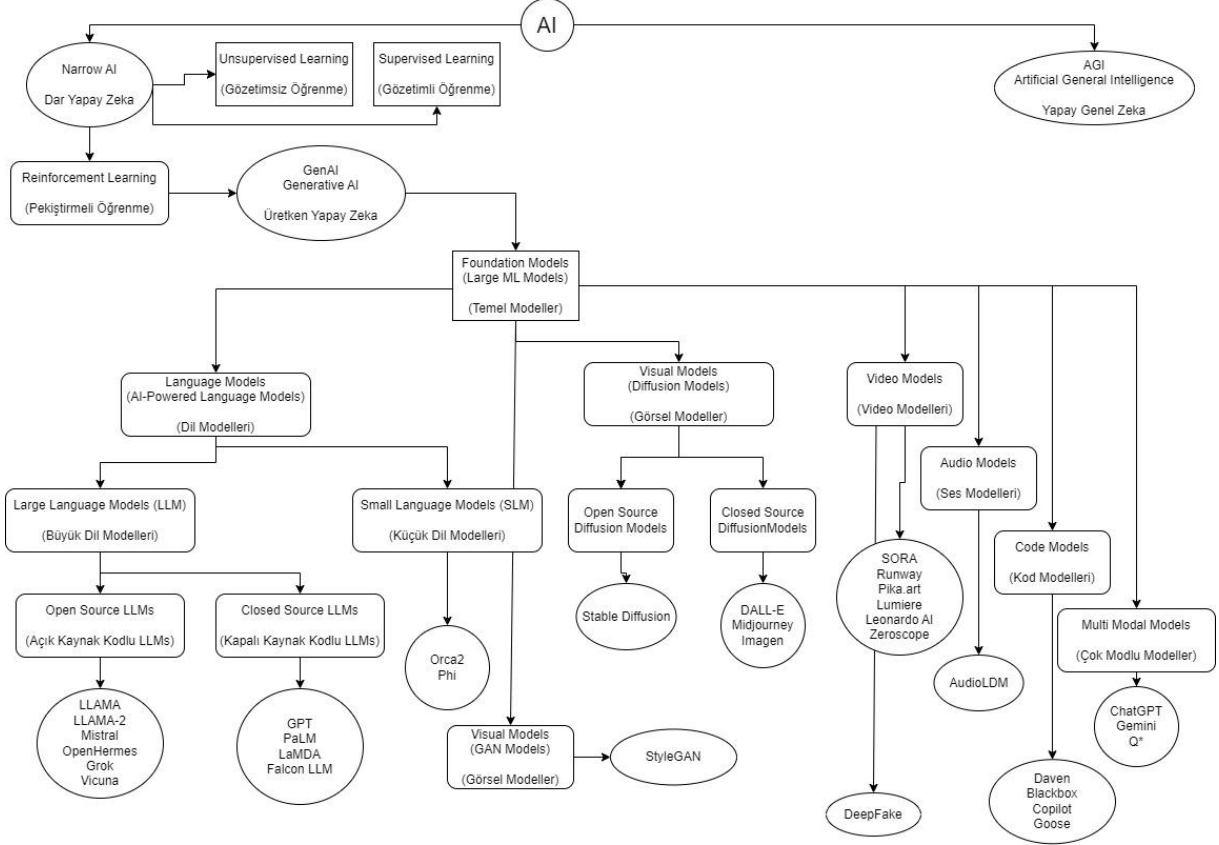
Bununla birlikte yapay zekâ yalnız bilim, teknoloji, iş geliştirme, ekonomi açılarından değil etik ve varoluşsal konuları da içeren felsefe, sosyoloji, antropoloji, psikoloji bakış açılarından da ele alınması gereken bir kavramdır. Yapay öğrenme kavramı üzerinde farklı açılardan düşünülmediğinde ön yargıları olan uygulamalar ve ön yargı ile karar verebilen bilgi sistemleri ortaya çıkabilmektedir.

Biyolojik temelli zekâ olan doğal zekâyı tam olarak tanımlayamayan, düşünmenin nasıl gerçekleştiğini tam olarak modelleyemeyen insanoğlu; insan gibi düşünen, karar veren ve eyleme geçen makineleri, sistemleri, robotları ortaya çıkarmak için yoğun biçimde çalışmaktadır. Hatta bununla da sınırlı kalmayıp doğal zekâyı, silikon temelli yapay zekâyı neuralink vb. projeler üzerinden bütünleştirmeye çalışan teknolojileri hayata geçirmeye başlamıştır.

Üretken Yapay Zekâ (Generative AI, GenAI), mevcut yapılar hakkındaki veri kümelerinden öğrenen ve bunu yeni yapılar oluşturmak için kullanan yapay öğrenme tekniklerine denir. Bunun için çok büyük etiketsiz veri kümeleri üzerinde eğitilmiş büyük makine öğrenim modelleri olan ve Şekil 1'de gösterilen temel modeller (*foundation models*) kullanılmaktadır. Temel modeller arasında da insanın düşünce biçimini yansıtan büyük dil modelleri öne çıkmaktadır. Büyük dil modellerini kullanan ChatGPT gibi üretken uygulamalar makine öğrenimi kullanımının tabana yayılması şeklinde görülmektedir. Öyle ki ChatGPT uygulamasının kullanıcı sayısı 5 günde 1 milyona ulaşmış ve 2 ayda 100 milyonu geçmiştir. Üretken yapay öğrenme yalnız metin üreten bir teknoloji olmayıp, ses, görüntü, video, yazılım kodu gibi içerikler de oluşturabilmektedir. Bu açıdan bakıldığında yukarıda da ifade edildiği gibi insan-makine, insan-yapay zekâ etkileşiminin hiç bu kadar yüksek düzeyde olmadığı bir dönem yaşanılmaya başlanmıştır. Tüm dünyada çok fazla insanın üretken yapay zekâ uygulamalarını kullanması, makine öğreniminin demokratikleşmesi olarak yorumlanmaktadır.

Bugüne kadar yapay öğrenme alanında ortaya çıkan gelişmeler insanoğlunun çeşitli iş alanlarına olan yaklaşımını değiştirmekte ve yeniden şekillendirmektedir. Bununla birlikte teknoloji ve insan etkileşiminin geleceğinin şekillenmesi Google, Microsoft, Meta, Apple, OpenAI, Nvidia gibi büyük işletmelerin öncülüğünde diğer bir ifadeyle küresel sermayenin liderliğinde gerçekleşmektedir. Bu işletmelerin dışında kalan geliştiricilerin üretimi çoğunlukla belirli alanlar için özel modellerin ince ayarının yapılması ile sınırlı kalmaktadır. Bu durumda yapay öğrenmenin demokratikleşmesi yaklaşımı

aslında arkasında büyük işletmelerce geliştirilen temel modellere ve hemen arkasından bu modellere dayalı geliştirdikleri uygulamalara bağımlılıkları bulundurmaktadır. Sözü edilen büyük işletmeler sahip oldukları büyük miktardaki veriden yine sahip oldukları büyük miktardaki hesaplama gücünü kullanarak temel modelleri oluşturmaktadır. Bu durumda veriyi nasıl elde ettikleri, veri kalitesinin ne düzeyde olduğu, hangi tür veri kümelerine daha fazla ağırlık verildiği vb. konular ön yargılı uygulamaların ve sistemlerin ortaya çıkmaması için önemli bir hâl almaktadır.



Şekil 1: Yapay zekâ kavramında temel modeller

Makine öğrenmesinin demokratikleşmesi diğer bir ifadeyle tabana yayılması konusuna ilişkin üretken yapay zekâ yolculuğunda sahip olunan yeteneklere ve kaynaklara bağlı olarak aşağıdaki seçenekler ortaya çıkmaktadır:

- **Önceden eğitilmiş (*pre-trained*) modellerin kullanımı:** Başkasının verisi ile başkasının modeli kullanılarak eğitilmiş modelin doğrudan kullanımınıdır. Bu tür modellerin kullanımı kolaydır, makine öğrenmesi konusunda bilgi sahibi olmayı gerektirmez. Örneğin son kullanıcılar hiç kodlama yapmadan metin, görüntü, video, ses gibi içerikleri üretken yapay zekâ uygulamaları ile üretebilmektedir.
- **Yeniden eğitilmiş (*re-trained*) modellerin kullanımı:** Başkasının kullanıma hazır modelinin kullanım amacına uygun olan veri kümesi ile tekrardan eğitilmesidir. Bu yaklaşım ince ayar (*fine-tuning*) olarak da bilinir ve gerçekleştirmek için yapay öğrenme konusunda belirli düzeyde bilgi sahibi olmak gerekir.
- **Özel (*custom*) modellerin kullanımı:** Kişi veya kuruluşların kendisine ait veri kümesiyle kendi modelini geliştirerek kullanmasıdır. Bu tür modelleri geliştirmek (*full training*) için yapay öğrenme konusunda ileri düzeyde bilgi sahibi olmak ve büyük bilgi işlem altyapısına sahip olmak gerekir.

Bu durumda öncelikli yapılabilecekler arasında üretken yapay öğrenme modellerinin üretim ve hizmet sektörlerinde, mühendislik uygulamalarında etkin kullanımı için kullanım senaryolarının oluşturulması yer almaktadır. Birçok sektör için iş yapış şekilleri yeni bir boyuta taşınacak, otomatik öneri sunan sistemler/uygulamalar yaygınlaşacak, kişisel asistanların

kullanımı artacaktır. Diğer sektörlerde olduğu gibi Geomatik/Harita mühendislerinin, mekânsal bilişim alanında çalışan uzmanların yaptıkları işler için kullandıkları mevcut üretim bantları da değişecektir. Hatta mekânsal zekâ uygulamaları (Güney, 2019) üretken mekânsal zekâ uygulamalarına dönüşecektir. Bir başka ifadeyle mekânsal bilişim alanında kullanılan yapay öğrenme modelleri yerini üretken yapay zekâ öğrenme modellerine bırakacağı düşünülmektedir. Bu durum çalışmanın odak noktasını oluşturmaktadır.

Büyük dil modellerinin dolayısıyla üretken yapay zekânın güçlü yönleri olduğu gibi insan-makine etkileşiminin daha verimli olabilmesi için geliştirilmesi gereken zayıf ya da eksik kalmış yönleri veya sınırlamaları da bulunmaktadır. Bu durumu değiştirmek için aşağıdaki konular üzerine çalışmaların yapılması kişi, topluluk ve kuruluşların gerçekleştirebileceği konular arasında yer alabilir:

- İnce ayar ile büyük dil modellerinin bilgi yoğun istemlere yanıt verme doğruluğunun artırılabilmesi,
- Büyük dil modellerinde yapılandırılmış bilgiyle mantıksal akıl yürütebilmenin sağlanabilmesi,
- Büyük dil modelleriyle doğal dil sorgularından yapılandırılmış bilginin üretilebilmesi,
- Büyük dil modellerinde yapılandırılmış veri kümeleriyle birlikte analitik ve analiz yapılabilmesi için uygun hesaplama mimarilerinin geliştirilebilmesi,
- Büyük dil modellerinde ve üretken yapay zekâ uygulamalarında planlama algoritmalarının kullanılabilmesi,
- Büyük eylem modelleri ile büyük dil modellerinin yapabilirliklerinin artırılması.

Çalışma kapsamında yukarıda maddeler halinde ifade edilen konulara bağlı olarak üretken yapay öğrenme modellerinin daha etkin kullanılabilmesi için yapılması gerekenler tartışılmaya çalışılmıştır. Bu tartışmalara bağlı olarak üretken uzamsal zekâ modelleri geliştirme üzerine bazı çıkarımlar yapılmıştır.

2. Büyük Dil Modelleri

İnsanlar tarafından kullanılan doğal dil ve makineler tarafından kullanılan makine dili olmak üzere genel olarak birbirinden tamamen farklı iki tür dil bulunmaktadır. Buna ek olarak, yapay öğrenmeyle (makine öğrenmesiyle) birlikte insan ile makine arasında iki yönlü bir etkileşim oluşmaya başlamıştır. Makinelerin insan dilini anlaması ve yorumlaması “Doğal Dil İşleme (Natural Language Processing, NLP)” alanının konusudur. İnsan tarafından makineye verilen metinsel ifadeyi analiz eden ve metinden herhangi bir “şeye” geçiş sağlayan (text-to-anything, text-to-X) ChatGPT vb. uygulamalar doğal dil işleme yöntemini kullanmaktadır. Doğal dil işleme teknikleri daha önce 2010’lu yıllarda Siri (Apple – 2011), Cortona (Microsoft – 2014), Alexa (Amazon – 2014), Assistant (Google – 2016), Bixby (Samsung – 2017) gibi akıllı asistanlarda ve hemen arkasından Google Translate ve DeepL Translator gibi çözümler üzerinden farklı diller arasında çeviri gerçekleştirmede etkin olarak kullanılmıştır. Bugün ise ChatGPT (OpenAI – 2022), Gemini (Google – 2023), Copilot (Microsoft – 2023) vb. üretken yapay zekâ uygulamaları “Büyük Dil Modellerini (Large Language Models, LLMs)” kullanarak insanın; makineyle, bilgisayarla, yapay zekâyla bugüne kadar hiç olmadığı kadar yüksek düzeyde etkileşim kurabilmesini sağlamaktadır.

Bir tümedeki sözcüklerin sırasının, bu sözcüklerin anlamlı olma olasılığına göre belirlenmesi dil modellemenin (*language modeling*) konusudur. Büyük dil modelleri insan dilini işleme (*language processing*), insan gibi metin oluşturma (*generation*) ve dil uyarlama (*adaptation*) için güçlü araçlardır. Büyük dil modelleri; girdiyi anlamak için “Doğal Dil Anlama (Natural Language Understanding, NLU)” ve bir yanıt formüle etmek için “Doğal Dil Oluşturma (Natural Language Generation, NLG)” yöntemlerini kullanmaktadır. Büyük dil modelleri çevrimiçi kitaplar, Wikipedia gibi insan bilgisinin ve iletişiminin geniş bir yelpazesini kapsayan farklı ve kapsamlı metin derlemeleri (*text corpuses*) üzerinde eğitilmektedir. Büyük dil modelleri eğitildiği kaynaklarda bulunan bilgiler arasındaki ilişkileri kurar ve örüntüleri (*pattern*) yakalar. Bu eğitim

sonucunda metinsel ifadeler üzerinden dildeki sözcüklerin dağılımına, yani dile ilişkin temel istatistiksel bilgiye sahip olurlar. Sahip oldukları bu bilgi, sözcüklerin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır. Bu durumda model; söz dizimi (*syntax*), dil bilgisi (*grammar*), anlam bilim (*semantics*) veya üst düzey bilim öğrenmek arasında bir fark görmemekte ve yalnız bir sonraki sözcüğü tahmin etmede (*predict*) daha iyi olmak için uğraşmaktadır. Böylece, büyük dil modelleri göreve özel (*task-specific*) kapsamlı bir eğitime gereksinim duymadan dille ilgili çeşitli görevleri farklı alanlarda, konularda ve yazma şekillerinde etkili bir şekilde yerine getirebilmektedir.

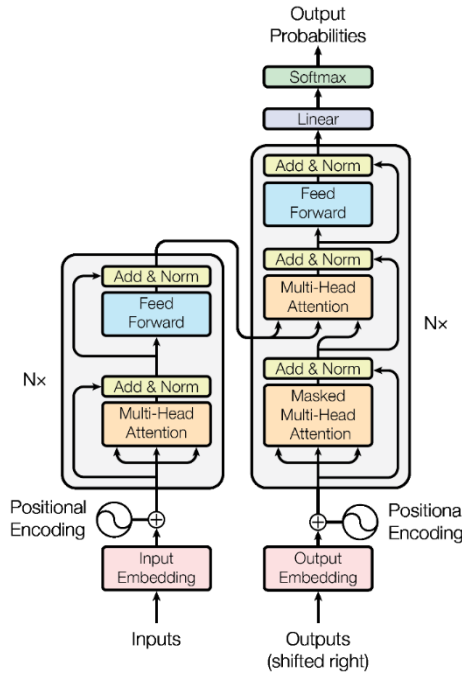
Büyük dil modelleri genel olarak insan dilini anlamak ve insan gibi metin üretmek için büyük miktarda metin veri kümeleri üzerinde önceden eğitilmiş (*pre-trained*) yapay öğrenme modelleridir. Büyük dil modeli, eğitiminde kullanılan tüm metinsel ifadelerin bir istatistiğini oluşturur ve bu istatistiksel söz dizimine dayalı parametreleri temel alarak kullanıcının uygulama üzerinden girdiği istemlere (*prompt*) tamamlayıcı olacak en olası bir dizi sözcüğü tahmin eden bir fonksiyon olarak düşünülebilir. Derin öğrenmeye dayalı dönüştürücü modellerini (*language transformers*) kullanan büyük dil modelleri sıralı/dizili verinin (*sequential data*) yorumlanması ve yönetilmesi konusunda gelişmiştir. Bu sayede bağlama duyarlı (*contextually-aware*) konuşmaları anlayabilmekte ve bu bağlamla ilgili tutarlı yanıtlar üreterek konuşmayı sürdürebilmektedir. Büyük dil modelleri, metinsel ifadelere ilişkin olasılık dağılımlarını, sözcüklerin birlikte bulunma olasılıklarını ve metinsel ifadeye ilişkin istatistik bilgileri kullanarak tümevarım çıkarımı (*inductive inference*) da gerçekleştirebilmektedir.

Büyük dil modelleri anlamsal ve söz dizimsel tümce yapılarını yorumlayarak ve analiz ederek çok yönlü dil işleme görevlerini etkin bir şekilde gerçekleştirebilir. Öyle ki, büyük dil modelleri; metin oluşturma, metin tamamlama, çeviri, özetleme, yeniden yazma, soru yanıtlama, metin sınıflandırma gibi çeşitli doğal dil işleme görevlerini başarıyla yerine getirme yetenekleri nedeniyle son zamanlarda büyük ilgi ve popülerlik kazanmışlardır. Bununla birlikte, büyük dil modeli temelli üretken yapay zekâ (Generative AI, GenAI) uygulamalarında halüsinasyon, yanlışlık gibi teknik problemler bulunmaktadır. Söz edilen bu problemler; üretken yapay zekâ uygulamalarının ilk bakışta makul gelen ancak gerçekte yanlış bilgileri savunan metinler oluşturma, eksik veya yanlış veri kümelerine dayalı varsayımlarda bulunma, anlamsız döngülere girme, akademik literatür uydurma vb. sorunları ortaya çıkarmaktadır. Büyük dil modelleri eğitildikleri veri kümelerinin yanlışlıklarına ve sınırlamalarına sahip oldukları için yanlış ve yanlış çıktılar verebilmektedir. Büyük dil modelleri muğlak ve çelişkili girdilerle karşılaştıklarında belirsiz ve tutarsız yanıtlar üretebilmektedir. Bu durum büyük dil modellerinin başarımını ve üretken yapay zekâ uygulamalarının güvenilirliğini sorgulatmaktadır.

Üretken yapay öğrenme uygulamaları ya da büyük dil modelleri her ne kadar kullanışlı olsa da geliştirme maliyetlerinin yüksekliği, ayrıntı düzeyi sorunu, akıl yürütme için ince ayar gerektirmesi gibi zorlukları faydalarının önüne geçebilmektedir.

2.1 Büyük Dil Modellerinin Çalışma Şekli

Büyük dil modelleri dönüştürücü tabanlı modellerdir (*transformer models*). Dönüştürücü bir veri dizisinin tüm parçaları arasındaki ilişkiyi bütünsel olarak öğrenen bir tür yapay sinir ağıdır. Dönüştürücüler Şekil 2’de görüldüğü üzere kodlayıcı (*encoder*) ve kod çözücü (*decoder*) olmak üzere temelde iki ana bölümden (*module*) oluşmaktadır. Dönüştürücülerin kullanımında birden fazla kodlayıcı ve kod çözücü yapısı kullanılmaktadır (Vaswani vd., 2023). Vaswani vd. (2023) çalışmalarında bu değeri (N_x) 6 olarak belirlemiştir.



Şekil 2: Dönüştürücü mimarisi (Vaswani vd., 2023)

Kodlayıcı bölümün girdisi metinsel ifadedir. Ancak yapay öğrenme modelleri metinsel temsilleri (*text representation*) doğrudan kullanamamaktadır. Kodlayıcı bölümde sıralı metin dizisi işlenir ve sayısal temsile (*numerical representation*) dönüştürülür. Bir diğer ifadeyle metinsel ifade bağlamsal ilişkileri çıkarabilmek için kodlanır. Sözcüklerin sayısal temsiline katıştırma (*embedding*) denir. Katıştırmalar metnin bağlamını (*context*) ve anlamını (*meaning*) yakalamak için kullanılır.

Kod çözücü bölüm girdi olarak kodlayıcı bölümde üretilmiş olan katıştırmaları alır ve analiz eder. Bir diğer ifadeyle kodlanmış metinlerin ilgili çıktıyı oluşturması için kodları çözülür. Kod çözücü bölüm çıktı olarak anlamlı, konuyla ilgili ve tutarlı insan benzeri metin dizileri üretir.

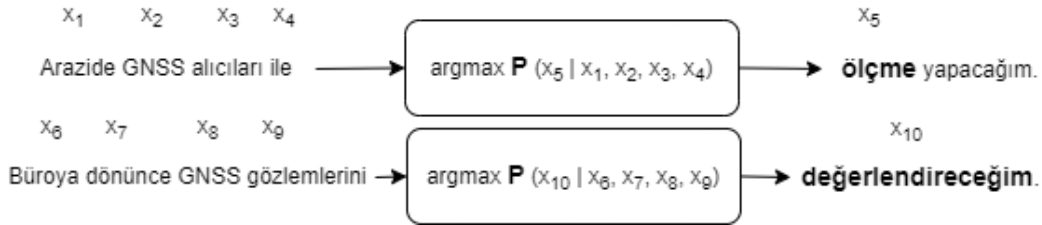
Büyük dil modellerindeki dönüştürücü modeller metinsel ifadenin önemli kısmını vurgulamak ve daha sonra bunu hatırlamak için dikkat düzeneğini (*self-attention mechanism*) kullanmaktadır (Vaswani vd., 2023). Bu yönüyle dönüştürücü modeller, kendinden önceki dikkat düzeneği kullanmayan yinelemeye (*recurrence*) dayalı olan RNN, RSTM, GRU gibi derin öğrenme tabanlı modellerden ayrılmaktadır.

Şekil 2’de görüldüğü üzere her kodlayıcı, metinsel ifadenin kendisine dikkat eden bir öz dikkat katmanına (*self-attention layer*) ve bir ileri beslemeli sinir ağı katmanına (*feed forward neural network layer*) sahiptir. Her kod çözücü de iki öz dikkat katmanına ve bir ileri beslemeli sinir ağı katmanına sahiptir. Alt katmanlar arasında yani öz dikkat katmanıyla ileri beslemeli sinir ağı katmanı arasında ekleme (*add*) ve normalleştirme (*normalization*) katmanları bulunmaktadır. Bunların görevi alt-katmandan gelen çıktıyı katman normalizasyonu tekniğiyle normalleştirmektir. Öz dikkat katmanına veya ileri beslemeli sinir ağı katmanına gitmeyen bazı bilgiler doğrudan normalleştirme katmanına gönderildiği Şekil 2’de görülmektedir. Buna atlama durumu (*skip state*) denilmektedir. Bunun amacı, modelin bazı şeyleri unutmamasını ve modelin önemli olan bilgileri ağına daha ileri aşamalarına iletebilmesini sağlamaktır. Şekil 2’de çok başlı dikkat (*multi-head attention*) ve maskeli çok başlı dikkat (*masked multi-head attention*) olmak üzere iki farklı dikkat katmanı görülmektedir. Genel olarak her ikisi de aynı işlevi görse de tek farkları çok başlı dikkat katmanında tüm sözcükler bir tümce içerisinde girilen diğer tüm sözcüklerle karşılaştırılırken, maskeli çok başlı dikkat katmanında yalnız bir sözcükten önce gelen sözcükler tümcedeki o sözcükle karşılaştırılmaktadır (Vaswani vd., 2023).

Hem kodlayıcının hem de kod çözücünün girdileri katıştırmalardır (*embeddings*). Dönüştürücü mimarisinde yinelemeler olmadığı için katıştırmalara konumsal kodlayıcı (*positional encodings*) eklenmektedir. Konumsal kodlayıcı sözcüğün tümce içerisinde nerede olduğunu diğer bir ifadeyle hangi sözcüğün önce ve diğerlerinin sonra geldiğini göstermek için kullanılır. [Vaswani vd. \(2023\)](#) çalışmalarında bunun için farklı frekanslarda sinüs ve kosinüs fonksiyonları kullanılmıştır. Konumsal kodlayıcılar ile iki sözcük arasındaki uzaklık hesaplanabilir ([Vaswani vd., 2023](#)).

Şekil 2’de görüldüğü üzere kod çözücü bölümünün sonunda çıktı için bir doğrusal katman (*linear transformation*) ve bir *softmax* katmanı bulunmaktadır. Burada vektördeki her bir sözcüğün, dizideki son kelimedenden sonraki sözcük olma olasılıkları bulunmaktadır. Bu katmanlar modelin çıktılarını insanların anlayabileceği ifadelere dönüştürmektedir.

Büyük dil modelleri genel olarak şu şekilde çalışmaktadır. Modele girdi olan metinsel ifadeye önce alt sözcük birimi yapısına dönüştürme (*tokenization*) işlemi uygulanarak alt sözcük birimlerinin katıştırmaları (*token embeddings*) oluşturulur. Böylece her bir alt sözcük birimi (*token*) bir tanımlama sayısı (*token id*) almış ve metinsel ifadenin temsili bir matris formuna (*numerical representation*) dönüştürülmüş olur. Alt sözcük birimleri katıştırmalarına konumsal kodlayıcılar eklendikten sonra ortaya çıkan matris, ilk kodlayıcı bölümün çok başlı dikkat katmanına iletilir. Bu katmanda katıştırma matrisi sorgu (*query*), anahtar (*key*) ve değer (*value*) matrisleri ile çarpılır. Çarpım sonucunda her bir sözcük için sorgu, anahtar ve değer vektörleri elde edilir. Sorgu vektörü ile anahtar vektörünün skaler çarpımı (*dot product*) yapılarak her sözcük için tümcedeki diğer tüm sözcüklere karşılık gelen bir puan hesaplanır. Bir çeşit ağırlık (*attention weights*) olarak kabul edilebilecek bu puanlar normalleştirilerek *softmax* katmanına gönderilir. *Softmax* katmanında bu ağırlıklar sözcüklerin değer vektörleri ile çarpılır ve bağlam vektörü (*context vector*) elde edilir. Buna bağlı olarak *softmax* katmanı bir sonraki sözcüğün hangi sözcük olacağını belirler ([Vaswani vd., 2023](#)). Böylece Şekil 3’te görüldüğü gibi metin üretilebilir. Bu dizide beşinci sözcük, ilk dördü göz önüne alınarak en olası bir sonraki sözcük olarak tahmin edilmektedir.



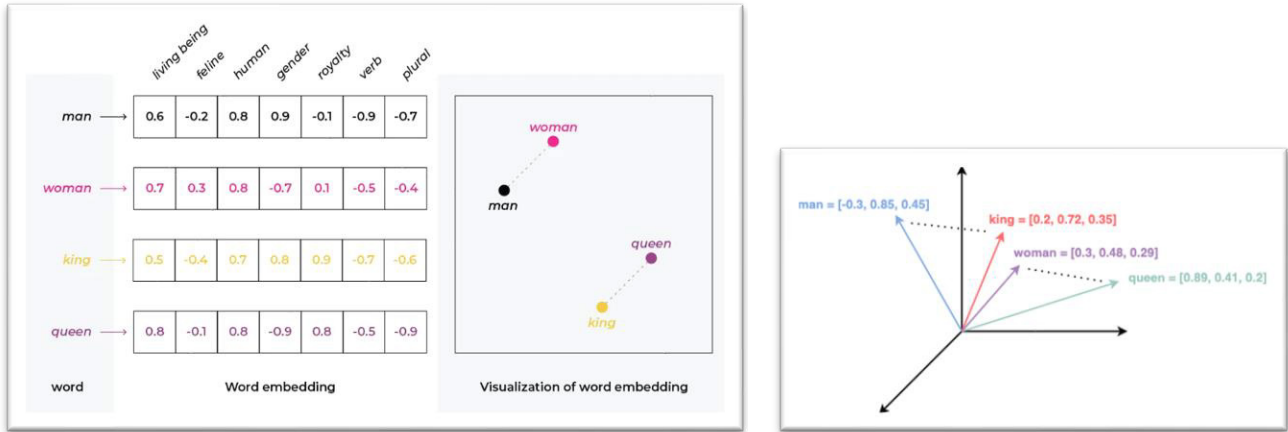
Şekil 3: Katıştırmalara ve yapay sinir ağlarına dayalı tahmin görevi

2.2 Katıştırma Uzayı

Doğal dil işlemede sözcük katıştırmaları (*word embeddings*) dışında metinsel ifadenin sayısal temsili konusunda sayım temelli (*count-based*), tek vuruşlu kodlama (*one-hot encoding*) gibi başka yaklaşımlar da bulunmaktadır. Sayım temelli yöntemde sözcüklerin tümce içerisinde kaç kez kullanıldığına (*occurrence*) dayalı “bag of words”, “N-gram”, “TF-IDM” gibi bir dizi farklı yaklaşım bulunmaktadır. Doğal dil işleme alanında uzun zamandır kullanılan bu yöntemler; bağlamı dikkate almaması, eğitim sırasında karşılaşmadıkları sözcüklerle başa çıkamamaları, seyrek vektör oluşturmaları vb. nedenlerle verimli biçimde kullanılamamıştır. Bundan dolayı bugün doğal dil işleme alanında sözcük katıştırmaları yaklaşımı öne çıkmaktadır.

Sözcük katıştırma vektörleri katıştırma uzayında (*embedding space*) bulunmaktadır. Bu uzayda sözcük katıştırmaları arasındaki uzaklık ne kadar yakınsa, sözcükler de o kadar benzer veya aynı bağlamda kullanılan sözcüklerdir. [Vaswani vd. \(2023\)](#) çalışmalarında kullandığı örnek Şekil 4’te görüldüğü üzere kadın-erkek, kral-kraliçe sözcükleri benzer veya aynı bağlamda kullanılan sözcükler olduğundan aralarındaki uzaklıklar farklı bağlamlarda kullanılan diğer sözcüklere göre azdır.

Eğer erkek ve kadın sözcükleri katıştırma uzayında bu şekilde konumlanıyorsa, kral ve kraliçe sözcükleri de benzer şekilde konumlanır. Ayrıca kral vektöründen erkek vektörü çıkarıldığında ve buna kadın vektörü eklendiğinde kraliçe vektörü elde edilmektedir (Vaswani vd., 2023).



Şekil 4: Katıştırma uzayında sözcük katıştırma vektörleri (Vaswani vd., 2023)

Şekil 4'te de görüldüğü üzere genelde basit olması ve konunun anlaşılması açısından 2 veya 3 boyutlu olarak gösterilen sözcük katıştırmaları gerçekte yüzlerce boyuta sahip olabilir. Yüzlerce boyutlu katıştırma uzayında yüzlerce boyutlu sözcük katıştırma vektörleri arasındaki uzaklığın öklid uzaklığı ile ifade edilmesi zor olacağı için kosinüs benzerliği (*cosine similarity*) kullanılmaktadır.

2.3 Sözcük Katıştırmaları ile Büyük Dil Modeli Oluşturma

Sözcük katıştırmaları; çok sayıda metinsel ifadenin olduğu külliyatlardan, derlemelerden elde edilen yapılandırılmamış veri (*unstructured data*) kümeleri ile denetimsiz öğrenme yöntemi kullanılarak aşağıda ifade edilen iki tür ana yaklaşımla oluşturulabilir:

- En baştan kendi gereksinimlerine göre sözcük katıştırma modelini oluşturma (custom embeddings)
- Önceden eğitilmiş sözcük katıştırma modellerini (pre-trained word embeddings) kendi gereksinimlerine göre zenginleştirerek oluşturma
 - Statik sözcük katıştırmaları (static word embeddings) kullanarak oluşturma
 - Bağlamlaştırılmış sözcük katıştırmaları (contextualized word embeddings) ile oluşturma.

Sıfırdan başlayarak sözcük katıştırma modelini oluştururken eğitim için kullanılacak metinsel ifadeler geliştiricinin kendi geliştireceği yapay öğrenme modelinde eğitilmektedir. Bu yaklaşımın diğer yaklaşımlara olan üstünlüğü kullanım alanına, kullanım amacına ve veri kümesine özel bir sözcük katıştırma modeline sahip olunacak olmasıdır. Bu yaklaşımın diğer yaklaşımlara olan zorluğu ise hesaplama maliyetinin yüksek olmasıdır. Diğer bir ifadeyle sözcük katıştırmaları oluşturmak için çok fazla sayıda yüksek kapasiteli “Grafik İşlemci Birimi (Graphical Processing Unit, GPU)” kullanarak çok fazla veriyi uzun zaman içerisinde eğitmek gerekmektedir.

Büyük Dil Modelleri güçlüdür, ancak güçleri eğitildikleri veri kümeleri ile sınırlıdır. Ölçeklendirme (*scaling*), genel olarak bir modeli daha fazla işlem gücü ile daha fazla veri üzerinde daha fazla parametre ile eğitip daha büyük hale getirme sürecidir. Dil modelleri, büyük dil modelleri olarak ölçeklendirildiğinde modellerin doğal dildeki örüntüleri öğrenme becerisi de büyük ölçüde artmaktadır. Bu durum büyük bilgi işlem gücü ile önceden eğitilmiş sözcük katıştırma modellerinin üstünlüğü olarak kabul edilebilir.

Önceden eğitilmiş sözcük katıştırma modelleri; statik sözcük katıştırma ve bağlamaştırılmış sözcük katıştırma olmak üzere iki farklı yaklaşımla oluşturulabilir. Statik sözcük katıştırma modellerinde bir dildeki her sözcük için, o sözcüğün o dilde kullanıldığı bütün bağamlardan yola çıkarak tek bir sözcük katıştırması üretilirken, bağlamaştırılmış sözcük katıştırma modellerinde cümlenin bağlamı dikkate alınarak farklı katıştırma modelleri üretilir. Bu durumda bağlamaştırılmış sözcük katıştırma modellerinde aynı sözcüğün farklı iki bağlamdaki cümleden üretilen katıştırma modelleri farklı olacaktır. Ayrıca statik sözcük katıştırma modelleri bir sözcük için tek bir katıştırma oluşturduğu için çok anlamlılığı ve eş adlılığı temsil edememektedir. Diğer bir ifadeyle eş adlı veya çok anlamlı sözcüklerin farklı anlamları arasında ayırım yapılamamaktadır. Örneğin “yazın denize gireceğim” ve “eve ulaşınca bana mesaj yaz” tümcelerinde kullanılan hem mevsim hem de eylem olan “yaz” sözcüğü arasında ayırım yapılamamaktadır. Bağlamaştırılmış sözcük katıştırma modellerinde böyle bir sorun bulunmamaktadır. Tablo 1 önceden eğitilmiş sözcük katıştırma modellerinin örneklerini ve bunlara ait bazı bilgileri göstermektedir.

Tablo 1: Sözcük katıştırma modelleri ve özellikleri

Önceden eğitilmiş sözcük katıştırma modelleri (<i>Pre-trained word embeddings</i>)	Katıştırma türü	Eğitimi gerçekleştiren
Word2Vec	Statik	Google
Global Vectors (GloVe)	Statik	Stanford University
fastText	Statik	Facebook
Enough, Let's Moe On (ELMo)	Statik	Allen Institute for AI (Ai 2)
Universal Sentence Encoders (USE)	Statik	Google
BERT	Bağlamsal	Google
ALBERT	Bağlamsal	Lan vd. (2020)
Bert Sentence Embeddings	Bağlamsal	
XLNET	Bağlamsal	Yang vd. (2020)
XLM	Bağlamsal	Lample ve Conneau (2019)
RoBERTa	Bağlamsal	Liu vd. (2019)
DistilBERT	Bağlamsal	Sanh vd. (2020)
Electra	Bağlamsal	Stanford University & Google

Bir dil modeli veya bir sözcük katıştırma modeli üzerinde mimari değişiklikler yapılarak ve/veya uygulama alanına özel veri kümeleri kullanılarak dil modeline denetimli bir şekilde ince ayar yapılabilir. Bu yaklaşımda modelin genel bilgisinin korunması sağlanırken belirli bir alanda uzmanlaşması da sağlanmış olur. Bunun sonucunda gereksinimlere göre özel olarak ayarlanmış büyük dil modeli (*fine-tuned LLM*) elde edilir. Bir büyük dil modelinin ince ayarını yapmak için en çok kullanılan tekniklerden biri “Low Rank Adaptation (LoRA)” tekniğidir. Bu teknikte model parametrelerinin büyük kısmı dondurulur yalnızca küçük bir kısmı yeniden eğitilir. LoRA tekniği Hugging Face kod alanı içerisinde bulunan “Parameter Efficient Fine Tuning (PEFT)” kütüphanesi kullanılarak gerçekleştirilebilir. LoRA tekniğine ek olarak kullanılacak diğer bir teknikte “Quantized LoRA (QLoRA)” tekniğidir. Büyük dil modellerini belirli bir alana yönelik özelleştirmenin diğer bir yolu da “Retrieval Augmented Generation (RAG)” yaklaşımıdır. RAG yaklaşımı harici bir veri kaynağındaki veri kümelerinde yararlanarak yanıtların kalitesini arttırmak için kullanılan bir tekniktir. Özellikle büyük dil modellerinin halüsinasyon problemlerine çözüm olarak geliştirilmiştir.

Bunların dışında diğer bir yaklaşım da istem mühendisliğindeki (*prompt engineering*) bağlam içi öğrenme yaklaşımını uygulamaktır. Bağlam içi öğrenme, sorgu istemine bazı ekstra bilgi parçalarının Chain of Thought (CoT), Tree of Thought (ToT), Skeleton of Thought (SoT), Graph of Thought (GoT), Algorithm of Thought (AoT) vb. istem mühendisliği teknikleri kullanılarak eklenmesidir.

Çok boyutlu vektör olarak üretilen katıştırılmaları depolamak için vektör veri tabanları (*vector databases*) kullanılmaktadır. Katıştırılmalar yalnız tümceler, sözcükler ve alt sözcükler için oluşturulmamaktadır. Diğer yapılandırılmamış veri kümeleri olan görsel, video ve ses içinde vektör katıştırılmaları oluşturulabilir ve vektör veri tabanlarında depolanabilir.

Bir vektör veri tabanı hızlı erişim (*fast retrieval*) ve benzerlik araması (*similarity search*) için vektör katıştırılmalarını indeksler ve depolar. Binlerce vektör arasında uzaklık metriğine dayalı bir sorgu gerçekleştirmek son derece yavaş olacağı için yapılandırılmamış veri kümelerini yalnızca katıştırma olarak depolamak yeterli değildir. Bu nedenle vektörlerin indekslenmesi de gerekir. Dolayısıyla indeksleme işlemi bir vektör veri tabanının ikinci kilit unsurudur. Arama işlemini kolaylaştıran bir veri yapısı olan indeksleme için vektör veri tabanlarında Hierarchical Navigable Small-World (HNSW), DiskANN (Subramanya vd., 2019) gibi farklı indeksleme yöntemleri kullanılmaktadır. Tablo 2’de görüldüğü üzere farklı özellikli birçok vektör veri tabanı bulunmaktadır.

Tablo 2: Vektör veri tabanları ve özellikleri

Vektör veri tabanı	Kaynak kod	Programlama dili	İndeks yöntemi
Vespa	Açık	C/C++	NHNSW + BM25 hibrit
Weaviate	Açık	Go	HNSW, özelleştirilmiş HNSW, DiskANN
Milvus	Açık	Go	IVF, HNSW, RHNSW, DiskANN
Zilliz	Kapalı	Go	IVF, HNSW, RHNSW, DiskANN
Vald	Açık	Go	NGT
drant	Açık	Rust	özelleştirilmiş HNSW
Pinecone	Kapalı	Rust	özel karmaşık index
Elastic Search	Açık	Java	HNSW
Redis	Açık	C/C++	HNSW
Chroma	Açık	C/C++	HNSW
LanceDB	Açık	Rust	IVF, DiskANN
pgvector	Açık	C/C++	IVF

3. Büyük Görsel Modeller

Difüzyon modelleri (*diffusion models*), görüntü veya ses üretimi gibi birçok farklı alanda kullanılan üretici modellerdir (*generative models*). Difüzyon modelleri, koşullandırma olmadan rastlantısal bir görüntü oluştururken, metinsel ifadeden görüntü (*text-to-image*) oluşturan modeller koşullandırma yaparak girilen metin istemine uygun bir görüntü üretmektedir. Metin istemlerinden görüntüler oluşturabilen veya bir metin istemiyle mevcut görüntüleri değiştirebilen açık kaynak kodlu olarak Stable Diffusion (StabilityAI – 2022) ve kapalı kaynak kodlu olan DALL-E (OpenAI – 2021), Midjourney (bağımsız geliştiriciler – 2022) vb. üretken yapay zekâ uygulamaları bulunmaktadır.

Gerçekçi görünen sentetik görüntüler oluşturan derin üretici ağ modelleri arasından en öne çıkanı 2014 yılında Goodfellow vd. tarafından geliştirilmiş olan Çekişmeli Üretici Ağlar (Generative Adversarial Networks, GANs)’dır (Goodfellow vd., 2014). Sonrasında farklı araştırmacılar tarafından CycleGAN, BiCycleGAN, ReCycleGAN, StyleGAN, Fast StyleGAN, pixelRNN, text-2-image, DiscoGAN, IsGAN gibi birçok farklı GAN mimarisi ortaya çıkarılmıştır.

Nvidia araştırmacıları 2018 yılında yüksek çözünürlüklü sentetik görüntü oluşturan Style-Based Generator Architecture for Generative Adversarial Networks (StyleGAN) mimarisini duyurmuşlar ve kaynak kodunu da yayınlamışlardır. StyleGAN yüz sentezi yapabilen bir yapay öğrenme algoritmasıdır. Genel olarak bu yapay öğrenme algoritması bir insanın yüz

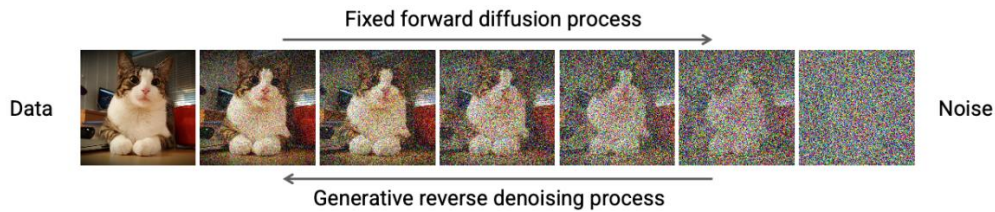
hareketlerini öğrenmekte ve bunu tarihi bir figüre uyarlamaktadır. Özellikle Mona Lisa gibi tarihi figürlere gerçek insanların yüzlerinin sentezlenmesi ile popülerlik kazanmıştır.

DeepFake uygulaması da benzer yaklaşımı görüntü yerine video üzerine uygulamaktadır. Bu videolarda genellikle bir kişinin videosu üzerinde oynamaya gidilerek video içeriği bir başka kişinin görüntüsü ile değiştirilmektedir. DeepVoice uygulaması da benzer tekniği ses üretim için gerçekleştirilmektedir.

3.1 Difüzyon Modellerinin Çalışma Şekli

Metin istemlerinden görüntü oluşturan difüzyon modelleri genel olarak aşağıda ifade edildiği ve Şekil 5'te gösterildiği gibi çalışmaktadır:

- **Veriden gürültüye ileri besleme:** Bir dizi eğitim görüntüsüne görüntü yalnız gürültüden oluşana kadar rastlantısal gürültü (*random noise*) eklenir.
 - Birçok farklı gürültü türü olmasına rağmen difüzyon modellerinde normal dağılım özelliği olan Gauss gürültüsü (*Gaussian noise*) kullanılır. Bir görüntüye Gauss gürültüsü eklemek, o görüntünün piksel değerlerini ve olasılık dağılımını biraz değiştirmek anlamına gelmektedir.
 - Gürültü, bir Markov zincirini takip ederek görüntülere uygulanır. Diğer bir ifadeyle, her zaman adımında görüntüye bir parça gürültü eklenir.
- **Gürültüden veriye geri besleme:** Metin istemine uygun görüntüyü oluşturmak için eklenen gürültünün nasıl tersine çevrileceği (*denoising*) öğrenilir. Böylece model yüksek çözünürlüklü görüntüler üretebilir.
 - Gürültünün tersine çevrilmesi için evrişimsel sinir ağları (*convolutional neural network*) kullanılarak görüntü piksellerinin değerleri geri kazandırılmaya çalışılır. Diğer bir ifadeyle yapay sinir ağı gürültüyü tahmin etmeyi öğrenir.
 - Nichol vd. (2021), evrişimsel sinir ağı olarak UNet kullanmıştır. Konvolüsyonlar aracılığıyla görüntünün küçük bir temsilini oluşturması ve ardından orijinal boyutlara geri örnekleme nedeniyle bu şekilde adlandırılmaktadır. Bu şekilde ağların giriş ve çıkış boyutları aynı boyuta sahip olmaktadır (Nichol vd., 2021).



Şekil 5: Difüzyon modeli çalışma şekli (URL-1)

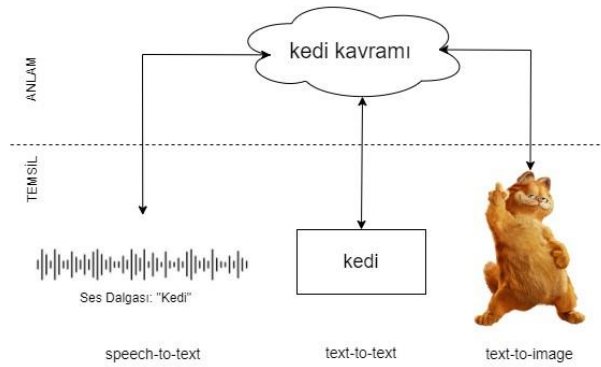
4. Çok Modlu Üretken Yapay Öğrenme

Kısa zaman içerisinde tek modda (*single modal*) dönüşüm (*transform*) yapan model ve uygulamalar yaygınlaşmıştır. Büyük dil modeline soru sorup yanıt alma (*text-to-text*) tek modlu dönüşüme örnektir. Bu yaklaşımda akıl yürütme ve çıkarım gerçekleştirilmiştir. Bir sonraki adımda çok modlu görevleri (*multi-modal tasks*) yerine getirebilen ChatGPT, Gemini gibi yaklaşımlar ortaya çıkmıştır. Son olarak üretken yapay zekâ, Figure AI gibi insansı robotlarla (*humanoid robots*) bütünleştirilmeye başlanmıştır.

Metin ve görüntü biçiminde her iki mod aynı anlamsal kavramı (*semantic concept*) temsil edebilir. Şekil 6'da görüldüğü

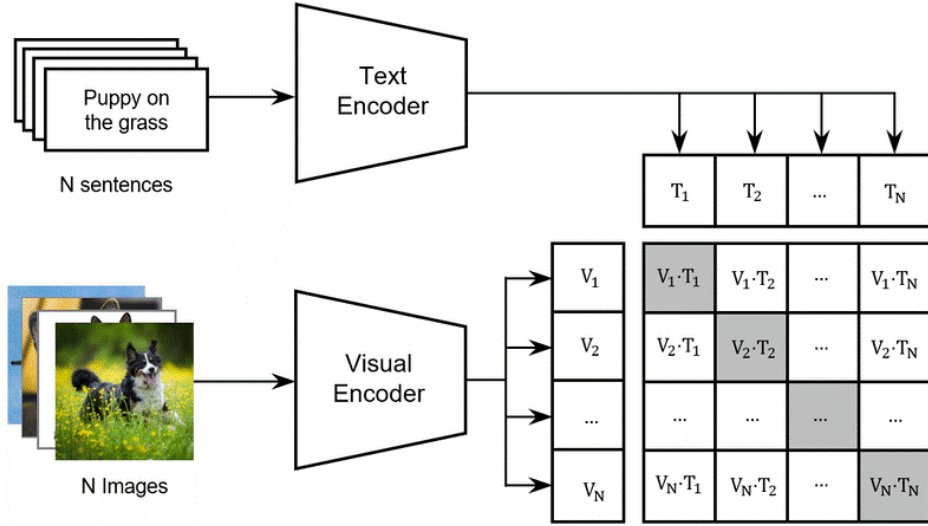
üzere bir insan, kedi sözcüğünü gördüğünde de kedi görüntüsünü gördüğünde de kedi ifadesini duyduğunda da aynı temel anlamı yani kedi kavramını anlar. Tek fark birinin metin (*textual representation*) birinin görsel (*visual representation*) diğerinin ses (*audio representation*) olarak temsil edilmesidir. Metin, görüntü, video, ses, kod, vb. bunlar birer temsildir. Aynı zamanda birer modalitedir (*modalities*). Üretken yapay öğrenme uygulamaları metin, görüntü, video ve ses gibi çeşitli veri türlerini içeren çok modlu bir yaklaşıma (*multi-modal approach*) doğru evrilmiştir.

Metinsel ifadeden görüntü üreten modeller (*text-to-image models*), girişte metin çıkışta görüntüler olmak üzere modelin her iki ucunda yalnızca bir modu (*one modality*) işlemektedir. Bu yaklaşım diğer modların eklenmesi ile zenginleştirilebilir ve böylece çok modlu (*multiple modalities*) yaklaşıma geçilmiş olur. Çok modlu bir yapay öğrenme modeli (multimodal AI) girdi olarak metin, görüntü, video ve ses gibi farklı modları alabilir ve çıktı olarak metin, görüntü, video ve ses gibi farklı modları üretebilir. Örneğin bir üretici yapay zekâ uygulamasından konuşarak bir kedi görüntüsü oluşturması istenirse ses önce metne (*speech-to-text*) dönüştürülecek, ardından büyük dil modeli bu istemi yorumlayacak (*text-to-text*) ve son olarak bu yorum görüntü üretimine (*text-to-image*) dönüşecektir. Bu örnekte ilk bakışta konuşma/ses girdisinden doğrudan görüntü elde edildiği zannedilse de aslında sestten görüntü (*speech/audio-to-image*) üreten bir model bulunmamaktadır. Onun yerine yapay öğrenme tabanlı doğal dil işleme yetenekleri olan büyük dil modelleri metin modu üzerinden farklı modları birbirine bağlamak için kullanılmaktadır. Başka bir ifadeyle çok modlu yapay öğrenmede modelin merkezini diğer bir ifadeyle düşünme mekanizmasını büyük dil modeli oluşturmaktadır.



Şekil 6: Aynı kavramın farklı modlarla temsili

Çok modlu bir yapay öğrenme modeli, doğrudan bu farklı temsillerin kendi temsil yapılarıyla çalışmak yerine anlam (*meaning*) üzerinden çıkarımlar yapmaktadır. Çok modlu modeller, metin, görüntü gibi modların anlamlarını yakalayan katıştırma kullanmaktadır. Başka bir ifadeyle metin, görüntü, ses gibi farklı temsiller vektör temsiline dönüştürülerek kullanılmaktadır. Örneğin DALL-E gibi bir difüzyon modeli katıştırma eğitme ve dolayısıyla anlam uzayını (*meaning space*) öğrenmek için CLIP modelinden yararlanır. CLIP gibi modeller altyazılı görüntülerden eğitilir. Alt yazılardan metin kodlayıcılar (*text encoders*), görüntülerden görüntü kodlayıcılar (*image encoders*) oluşturulur. Daha sonra farklı modda bulunan bu çiftlerin kosinüs benzerliği üzerinden eğitim aşamasına geçilir. Aynı kavram için benzerlik arttığında metin ve görüntü vektörleri yakınlaşacak yani kosinüs benzerliği artacak, iki farklı kavram için metin ve görüntü vektörlerinin kosinüs benzerliğini en aza indirecek şekilde eğitim gerçekleştirilir. Bu işlem veri kümesindeki her metin ve görüntü vektörü kombinasyonu için gerçekleştirilir. Ardından görsel anlam vektörünün bir görüntü için kodu çözülür (*decoding*) ve difüzyon modeli görüntüyü oluşturur.



Şekil 7: Çok modlu yapay öğrenme modelinin çalışma şekli (Song vd., 2022)

Google firması 6 Aralık 2023 tarihinde AlphaGo gibi planlama algoritmalarıyla büyük dil modellerinin bir kombinasyonu olan Gemini çözümünü çok modlu yapay öğrenme modeli olarak duyurmuştur. Tanıtım videolarında gösterildiği gibi Gemini gerçek zamanlı çalışmamaktadır. Sözü edilen tanıtım videolarında şu ifade yer almaktadır: “*ara işlemler atlanarak tanıtım videoları oluşturulmuştur*”. Ancak yine de Gemini çok modlu yapay öğrenme modelinin olabileceğini göstermiştir.

OpenAI firması tarafından 15 Şubat 2024 tarihinde metinsel ifadeden video üreten (*text-to-video*) SORA uygulamasını yayınlanmıştır. Pika.art, runway, Leonardo AI, StableDiffusion, Lumiere gibi daha önce de metinsel ifadeden video üreten uygulamalar olsa da SORA uygulamasının akıcılığı, gerçekçiliği, yüksek çözünürlüğü ve en önemlisi fizik kurallarına uygun çalışması farklılık oluşturmaktadır. OpenAI firması SORA çözümü için “*Sora, gerçek dünyayı anlayabilen ve benzetim yapabilen modeller için bir temel olacaktır*” ifadesini kullanmıştır. Bu açıdan bakıldığında SORA çözümünün gerçek dünya problemlerinin çözümünde kullanılabilecek bir araç olarak kabul edilebileceği düşünülebilir.

Google firması 15 Şubat 2024 tarihinde bir milyon token ile çalışabilen Gemini Pro 1.5 çözümünü duyurmuştur. Aynı zamanda Gemini 1.5 sürümüyle birlikte üretken yapay öğrenme modelleri video modunu girdi olarak alıp çıkarım yapmaya başlamıştır. Daha önceki videodan metin çıkarma uygulamaları (*video-to-text*) videonun kendisini izleyerek değil video içerisindeki transkriptleri okuyarak yorumlama yapmaktaydı. Artık gerçek dünya problemlerine yönelik SORA tarafından üretilen simülasyon videoları Gemini 1.5 tarafından yorumlanarak farklı modlara dönüştürülebilir.

Gerek metinsel ifadeden görüntü (*text-to-image*) üreten DALL-E, Midjourney, StableDiffusion gibi uygulamaların oluşturduğu görüntülerin, gerekse metinsel ifadeden video (*text-to-video*) üreten SORA gibi uygulamaların oluşturduğu videoların gerçek dünya problemlerinin çözümü için etkileşimli bir şekilde kullanılabilmesi gerekmektedir. Örneğin İstanbul gibi bir kentin dijital ikizi temel alınarak 3B kent modelinin SORA uygulaması üzerinde ulaşım, otonom sürüş, enerji, afet gibi tematik alanlarda simülasyonu yapıldığı düşünüldüğünde bu benzetimlerle etkileşimin nasıl kurulabileceği, benzetim üzerindeki senaryoların ve kullanım durumlarının (*use-cases*) nasıl değiştirilebileceği bir diğer sorun olarak ortaya çıkmaktadır.

Google firması 23 Şubat 2024 tarihinde Generative Interaction Environment (GENIE) uygulamasını duyurmuştur. GENIE web üzerinden bulunan etiketi olmayan videolarından denetimsiz olarak eğitilmiş bir temel dünya modelidir (*foundation world model*). Şekil 8’de görüldüğü üzere GENIE; gerçek görüntülerden, sentetik görüntülerden (*text-to-image*), el

çizimlerinden sonsuz çeşitlilikte oyun oynanabilir yani etkileşimle kontrol edilebilir dünyalar oluşturabilmektedir (Bruce vd., 2024). Yine benzer biçimde SORA tarafından üretilen simülasyonların GENIE içerisinde etkileşimli biçimde kullanılabilir olması önemli bir gelişme olacaktır.



Şekil 8: GENIE çalışma prensibi (Bruce vd., 2024)

Google firması 13 Mart 2024 tarihinde Scalable Instructable Multiworld Agent (SIMA) çözümünü duyurmuştur. SIMA 3B sanal ortamlar için eğitilmiş üretken bir etmendirdir. SIMA içerisinde etmenler farklı ortamlarda (farklı oyunlarda) eğitilebilir ve tüm bu eğitimlerde kazanılan yetenekler farklı bir simülasyon ortamında kullanılabilir.

Bununla birlikte Github Copilot, Goose, Blackbox AI, Devin AI gibi metinsel ifadeden kod (*text-to-code*) üretimi için özelleştirilmiş birçok uygulama ortaya çıkmaktadır. Cognition Labs firması 12 Mart 2023 tarihinde yapay öğrenme modeli eğitebilen Daven AI çözümünü duyurulmuştur. Böylece örneğin Hugging Face kod alanı içinde bulunan daha önceden SORA, GENIE vb. kullanılarak üretilen İstanbul kentinin yapay öğrenme modelinin benzeri (*readme*) sayfası Daven AI uygulamasına verilerek Ankara gibi başka bir kent için 40 milyar gibi milyarlarca parametrelili bir kent modeli eğitilebilir.

Yapay genel zekâ türünde her şeyi yapabilen Jarvis, Skynet gibi tek bir yapay zekâ modeli yerine farklı şeyleri yapabilen birçok yapay öğrenme modeli bulunmaktadır. Bu durumda örneğin SORA uygulamasında üretilen bir videonun GENIE uygulamasında kontrol edilebilmesi gibi farklı kişiler veya kuruluşlar tarafından geliştirilen üretken yapay öğrenme modellerinin birlikte kullanımı sorunu ortaya çıkmaktadır. Sözü edilen modeller arasında bu tür bir birlikteliğin kurulması; İstanbul'un jeodezik ölçülere dayalı oluşturulmuş dijital ikizinin fizik kurallarına dayalı olarak oluşturulacak uzamsal modeli ile etkileşiminin, uzamsal analizlerinin ve karar verme süreçlerinin etmenler tarafından yapılabilmesini olanaklı hale getirecektir.

Büyük dil modellerini yalnız sözcüklerle değil de görüntü, video, ses gibi diğer temsillerle birlikte eğitildiği düşünüldüğünde "Genel Dünya/Gerçeklik Modeline (General World Model, GWM)" biraz daha yaklaşılmış olacaktır. Diğer ifadeyle çok modlu yapay öğrenme ile dünyanın işleyişinin anlaşılması, etrafında olup bitenler arasında bağlantıların kurulabilmesi, buradan kendini daha da geliştirebilmesi mümkün olacaktır. Aslında otonom sürüş alanında sözü edilen genel dünya modeli yaklaşımına benzer bir yaklaşım kullanılmaktadır. Otonom araç üzerindeki sensörlerden farklı modlarda veri üretilmekte ve bu farklı veri kümeleri otonom sürüş kararları ve eylemleri için birlikte kullanılmaktadır.

4.1 Çok Modlu Öğrenmenin Çalışma Şekli

Çok modlu üretken yapay öğrenme modeli yaklaşımı aşağıda ifade edilen üç ana bileşenden oluşmaktadır (Wu S. vd., 2023):

- **Çok Modlu Kodlayıcı (Multimodal Encoding):** Metin olmayan girdileri metin istemlerine dönüştürme görevini yerine getirmektedir. Her farklı moddaki her bir girdinin anlamsal katıştırması (*semantic embedding*) oluşturulur.

Ardından bu katışımlar büyük dil modelinin kullanılabilmesi için metinsel temsile dönüştürülür.

- Çok modlu kodlayıcı kısmında Meta firmasının açık kaynaklı ImageBind çoklu ortak katıştırma modeli (*multi joint embedding model*) kullanılabilir.
- ImageBind birden fazla modu işleyebilen ve aynı katıştırma uzayında anlamsal katışımlar üretebilen bir modeldir.
- **Büyük Dil Modeli:** Metin temsillerini anlayarak ve bunlar üzerinde akıl yürüterek kodlayıcı bileşeninden gelen metinsel ifadelerle yanıt verme ve çıktı için diğer modların oluşturulmasına ilişkin yönlendirme yapma görevlerini yerine getirmektedir. Farklı modların birbirine karışmadan üretim yapmasını sağlamak için yönlendirmelerinde token kullanmaktadır.
- **Çok Modlu Kod Çözücü (*Multimodal Decoding*):** Büyük dil modeli bileşeninden gelen ayrı ayrı modlarla ilgili olan çıktıların dönüştürücü (*transformer*) tabanlı modellerle hazırlanması görevini yerine getirmektedir. Böylece difüzyon kod çözücülerle çok modlu çıktı üretilmektedir.

Birinci bölümde büyük dil modellerinin amaca yönelik olarak özelleştirilebileceğinden (*custom LMM*) bahsedilmiştir. Bu bölümde de çok modlu üretken yapay öğrenme modellerinden ve bu modellerin merkezinde büyük dil modellerinin yer aldığından söz edilmektedir. Bir diğer ifadeyle dil modelleri kavramı “Çok Modlu Büyük Dil Modelleri (Multimodal Large Language Model, MLLM)” olarak genişlemiştir. Kurum ve kuruluşların büyük dil modellerinde olduğu gibi çok modlu büyük dil modellerini etkin kullanabilmeleri için belirli bir alana veya işlevselliğe özel olarak eğitmeleri gerekmektedir. Bu durum da “Özelleştirilmiş Çok Modlu Büyük Dil Modelleri (customized MLLM veya custom multimodal AI)” kavramını ortaya çıkarmaktadır. Bu özelleştirme, modellerin daha yüksek doğrulukta ve bağlam içinde sonuçlar üretmesini sağlayacaktır. Kurum ve kuruluşların bu modelleri iş akışlarına doğrudan entegre edilebilmeleri için önceden geliştirmiş oldukları mikro servislerle birlikte kullanabilmeleri gerekmektedir. Dijital dönüşümünü tamamlamış kurum ve kuruluşların sunucularında bulunan veri tabanları üzerindeki yapılandırılmış veri kümeleri ile bu modelleri kullanabilmeleri gerekmektedir.

4.2 Büyük Eylem Modelleri

“Büyük Eylem Modelleri (Large Action Model, LAM)” veya “Büyük Etmen Modelleri (Large Agentic Models, LAMs)” büyük dil modellerinin bir uzantısıdır. Büyük eylem modeli, kullanıcının ona verdiği istemelere göre gerçek zamanlı olarak eyleme geçebilen bir modeldir. Yemek siparişi vermek, taksi çağırmak, hotel rezervasyonu yapmak vb. eyleme dayalı işler büyük eylem modeli ile gerçekleştirilebilir. Eyleme dönüştürme görevi gören büyük eylem modelleri ile üretken yapay zekânın tam olarak kişisel asistan olması hedefi gerçekleşmiş olacaktır.

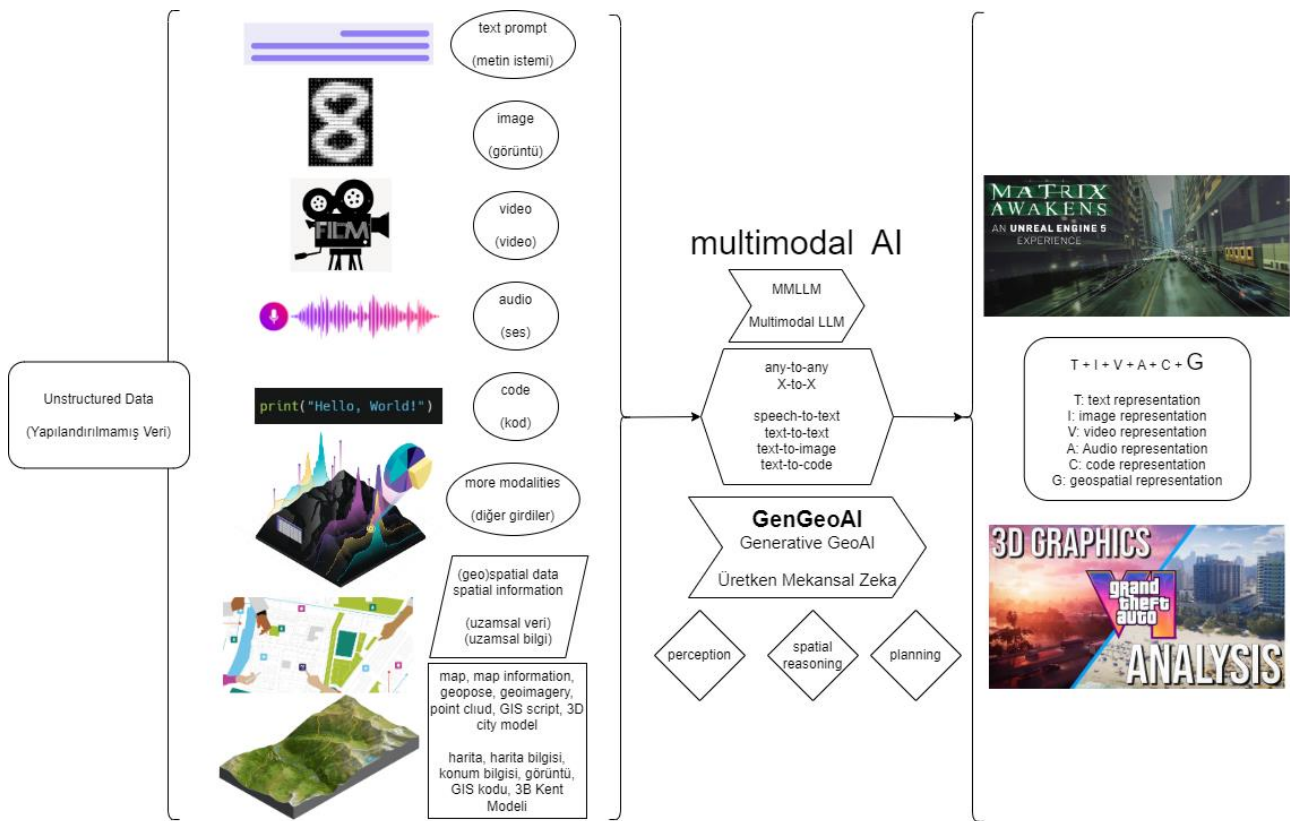
Etmenler kendi başlarına görevler yürütebilen yazılım birimleridir. Bu nedenle büyük dil modellerinde olduğu gibi insanın sorularını/istemlerini yanıtlamak yerine, bir görevi yerine getirirler. Büyük eylem modelleri yaklaşımındaki etmenler; nesnelerin interneti (IoT) cihazları, otomatik cihazlar ve uygulama programlama arayüzleri (API) gibi harici sistemlerle işlevsel bir iş birliği kurarak gerçek dünya ile etkileşime girebilir. Büyük eylem modelleri bu tür cihaz ve uygulamalara bağlanarak fiziksel eylemler gerçekleştirebilir, cihazları kontrol edebilir, JSON/GeoJSON dosyası olarak veri alabilir veya bir hesap tablosu üzerinde bilgi işlem görevin yerine getirebilir.

4.3 Üretken Uzamsal Öğrenme

Çok modlu yapay öğrenme modellerinde uzamsal bilgi (spatial information) de bir mod olarak kullanılabilir. Üretken yapay zekâ kavramı temel modeller (foundation models) üzerinde geliştirilmektedir. Metin, görüntü gibi farklı temsiller için

önceden geliştirilmiş temel modeller bulunmaktadır. Nasıl metinsel ifadeler için büyük dil modelleri varsa, uzamsal (mekânsal, coğrafi) ifadelerin de yer alacağı uzamsal etkin büyük dil modelleri (Geo enable LLM veya GeoLLM) ince ayar yapılarak çok modlu üretken yapay zekâ uygulamaları Şekil 9’da gösterildiği gibi zenginleştirilebilir. Daha sonra da GeoGPT gibi uygulamalar GeoLLM modelleri üzerine geliştirilebilir. Bu tür uygulamalara Geo+ ve GeoForge örnek olarak verilebilir. Böylece aşağıdaki gibi mekânsal analizler yapılabilir:

- Sarıyer İlçesi Maslak mahallesinde yapılacak olan içme suyu hattındaki arıza çalışması için hangi vanalar kapatılmalıdır? Buna bağlı olarak hangi binalar susuz kalacaktır? Hangi abonelere SMS gönderilecektir? Bu tür sorular üretken uzamsal uygulamasına istem olarak girilebilir.
- Kapatılacak vanaların yerlerinin haritada veya 3B modelde gösterilmesi istenebilir. Vanaların konum bilgilerini GeoJSON veya CSV dosya türünde bir tablo olarak dışarıya aktarılabilir.
- İstanbul ili Sarıyer İlçesi Maslak Mahallesi için Sentinel 2 uydu görüntülerinden NDVI gibi indeksler oluşturması istenebilir.



Şekil 9: Üretici uzamsal zekâ modeli

İstanbul’da deprem durumunda afet anında barınma, lojistik gibi sorunların çözümü için mekânsal/coğrafi bilgi sistemi oluşturulmak istense iş adımları genel olarak aşağıdaki gibi olacaktır:

- Verinin elde edilmesi
 - Afet anı öncesi kentin topografik haritası
 - Afet anı sonrası uydu görüntüleri, fotogrametrik görüntüler
 - Görüntülerden yapay öğrenme algoritmaları ile hasarlı yerlerin, yıkılan binaların, kapalı yolların vb. bilgilerin çıkarılması
 - Sosyal medya uygulamaları üzerinden veri kazıma yapacak yapay öğrenme algoritmaları ile bilgi çıkarılması

- Ulaşım için güncel yol ağı ve yol ağı topolojisi
- Lojistik yerlerin ilgi noktaları
- Nerede ne kadar insan yaşadığı
- Diğer veri kümeleri
- Verinin veri tabanları üzerinden sistematik hale getirilmesi ve veri tabanı modeli üzerinden ilişkilendirilmesi
- Verinin analiz edilmesi
 - Mekânsal/Coğrafi sorgulamaların yapılması
 - Mekânsal/Coğrafi analizlerin gerçekleştirilmesi
- Verinin karar destek için kullanılması
 - Karar destek için algoritmaların uygulanması
- İlgili tematik haritaların üretimi

Çok modlu üretken uzamsal yapay öğrenme ile yukarıdaki senaryo yalnız istemler girilerek gerçekleştirilebilir. Örnek istemler aşağıda belirtilmiştir:

- Kamu kurum ve kuruluşları için örnek istem: “Kentlilerin/afetzedelerin yaşanan son deprem sonrasında ulaşabilmeleri için İstanbul’un geneline yönelik mevcut enkaz durumlarında kullanımı en uygun olabilecek barınma ve lojistik alanlarının yerlerini belirle.”
- Afetzedede olarak örnek istem: “Bulduğum konuma en yakın geçici/kalıcı barınma yerlerini ve lojistik merkezlerini otomobile ve yürüyerek ulaşım bilgilerini de içeren bir harita üzerinde göster.”

Bu istemlerin gerçekleştirilmesinde herhangi bir insan müdahalesi olmadan bağlantılı veri ve API’ler üzerinden yapay öğrenme modeli ilgili veri kümelerine ulaşabilir, mekânsal/coğrafi analizleri gerçekleştirebilir, karar verme süreçlerini ilerletebilir ve sonuç olarak isteme uygun tematik haritaları üretebilir. Böylelikle ilk senaryoda uzun zaman alacak çözüm ikinci senaryoda çok kısa zamanda üretilebilecektir.

Çok modlu üretken yapay öğrenme uygulamalarının temelinde bulunan büyük dil modellerinin bağlam pencerelerine (*context window*) ilişkin token sayıları arttıkça üretken yapay öğrenme ile uzamsal yapay öğrenme arasındaki boşluk üretken modeller tarafına doğru daha da kapanacaktır. Örneğin Google Gemini 1.5 bir milyon tokena sahiptir ve on milyon tokena yükseltilmesi planlanmaktadır. Bu durumda bugün görece küçük boyutlu görüntülerle gerçekleştirilen üretken uygulama yer gözlem platformlarının farklı sensörlerinden elde edilecek büyük boyutlu görüntüler içinde gerçekleştirilebilecektir. Görüntü üreten uygulamaların API’leri mekânsal bilişim alanında kullanılan CAD/GIS/BIM yazılımlarında etkin olarak kullanılmaya başlanacaktır. Geomatik/Harita mühendislerinin arazide kullandığı uzamsal veri üreten ölçme cihazları hem büyük dil modellerinin hem de büyük eylem modelleri ile bütünleşmeye başlayacaktır. Bu ve benzeri gelişmeler arazide ve/veya ofis ortamında çalışan personel sayısını da etkileyecektir. Büyük eylem modelleri ile destekli ölçme cihazları arazide gerekli personel sayısının azalmasına, büyük dil modelleri destekli mekânsal bilişim yazılımları da ofis ortamındaki personel sayısının azalmasına neden olacaktır.

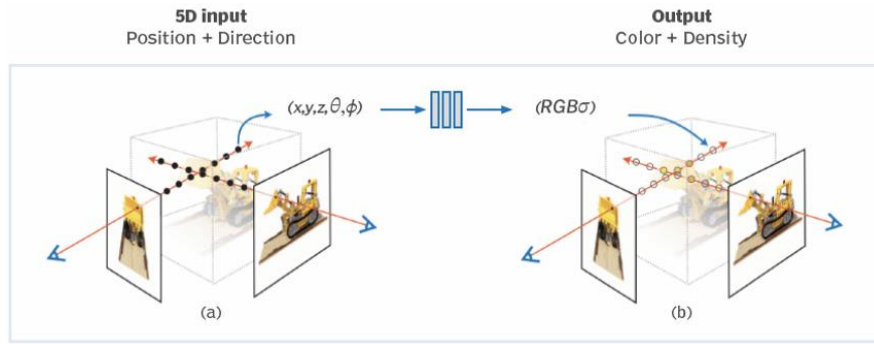
Uzamsal yapay öğrenme modelleri genel olarak gözetimli ve gözetimsiz öğrenme üzerinde yapılmaktadır. Çok modlu üretken yapay öğrenme uygulamalarında pekiştirmeli öğrenme yaklaşımının kullanımı giderek artmaktadır. Pekiştirmeli öğrenme yaklaşımının uzamsal yapay öğrenmeye yansımaları büyük bir paradigma değişimine neden olacaktır. Bu paradigma değişiminin en iyi örneği olarak sürücüsüz araçlarla otonom sürüşün gerçekleştirilmesi gösterilebilir.

4.4 3B Veri Üretimi ve Üç Boyutlu Temsil

Birden fazla bakış açısından elde edilen görüntüler veya videolar kullanılarak gerçek zamanlı, gerçekçi (*photorealistic*) ve yüksek kaliteli sahnelerin oluşturulmasında (*3D reconstruction*), render edilmesinde, temsilinde (*representation*) ve sentezinde (*view synthesis*) önemli ilerlemeler olmuştur. Bu konuda “Sinirsel Işınlam Alanı (Neural Radiance Field, NeRF)” ve “3B Normal Dağılımlı Düzensiz Şekillendirme (3D Gaussian Splatting, 3DGS)” olmak üzere iki yöntem öne çıkmaktadır.

4.4.1 Sinirsel Işınlam Alanı (NeRF)

NeRF yönteminin amacı yapay sinir ağlarını kullanarak 2B görüntülerden bir sahneyi (*scene*) 3B modellemek ve 3B görsel temsilini (*3D visual representation*) oluşturmaktır. Bu yöntemde üretilen görsel temsil lokal bir koordinat sistemindedir. NeRF yöntemi ile sahne sürekli bir fonksiyon olarak modellenir. Şekil 10’da görüldüğü üzere bu fonksiyon 3B Kartezyen koordinatlar şeklinde görüntü elde etme anındaki kamera konum bilgisini (X, Y, Z), kamera bakış açılarını (Θ, ϕ) girdi olarak kullanıp sahnenin bulunduğu uzaydaki piksellerin görünümüne bağlı olarak renklerini (RGB) ve konum bilgisine bağlı olarak ışığın yayılma özelliğini (*radiance*, σ) tahmin etmektedir (Mildenhall vd., 2020).



Şekil 10: NeRF eğitiminin çalışma şekli (Mildenhall vd., 2020)

Başka bir ifadeyle 3B sahnenin içinde bulunduğu uzaydaki her nokta için ışık ışınlarının yayılma özelliğini yapay sinir ağı kullanarak hesaplayan bir fonksiyon oluşturulmaktadır. Böylece 2B görüntülerden 3B sahnenin temsili öğrenilmiş olur. Fonksiyon, öğrenilen uzayı yeterince temsil ettiğinde, görüntülerin elde edildiği uzayın tüm 3B bilgisini temsil etme yeteneğine sahip hale gelir.

Bilgisayar grafiği alanında kullanılan bir sahnenin 3B render sürecinde (*volume rendering*) önce şekiller (*shapes*) yani nesnelerin geometrileri mesh veya voksel gibi 3B poligonlarla oluşturulur sonra doku (*texture*) ve malzeme (*material*) efektleri uygulanır. NeRF yöntemi ise geometriyi, dokuyu, malzeme efektini doğrudan karakterize eden ışık alanları (*light fields*) üzerinde çalışmaktadır. Diğer bir ifadeyle nesnelerin gerçekte nasıl farklı görülebildiklerini temsil edebilmektedir.

NeRF yönteminin eğitim aşamasında bir sahneye ilişkin farklı bakış açılarından elde edilen görüntüler ve/veya videolar kullanılır. Görüntülerin veya videolardaki çerçevelerin (*frame*) görüntü elde etme anındaki kamera konum ve bakış açıları bilgileri elde edilir. Daha sonra yukarıda sözü edilen fonksiyon, yapay sinir ağı modeli kullanılarak oluşturulur. Yapay sinir ağı tarafından tahmin edilen renkler ve ışığın yayılma özelliği bilgisi kullanılarak oluşturulan görüntülerle gerçek görüntüler arasındaki benzetim düzeyi kullanılarak yapay sinir ağı eğitilir. Belirli bir düzeyde eşleşme sağlandığında eğitim süreci sonlandırılır. Böylece üretken yapay öğrenme modeli tüm sahneyi temsil edebilir (*scene representation*) hale gelir. Diğer bir ifadeyle artık bu model;

- sahnenin tüm bilgisinin 3B olarak oluşturulması için kullanılabilir (*text-to-3D Modeling*)
- sahnenin gerçek görüntüsü olmayan yerlerine ilişkin görüntü oluşturmak için kullanılabilir (*view synthesis*)

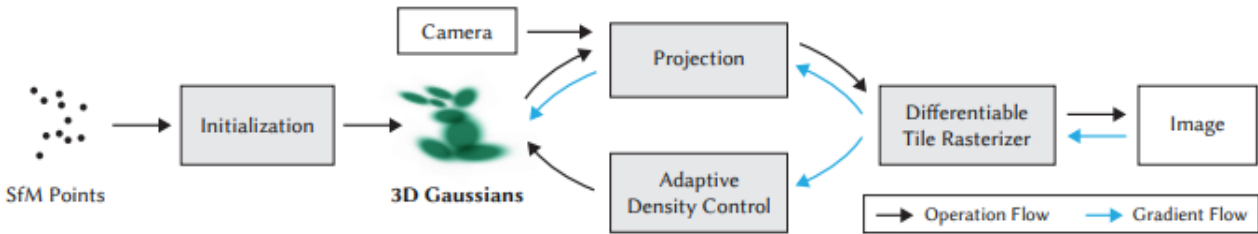
- yeni bakış açılarından gerçekçi görünüm oluşturulabilir (*text-to-reality*)
- aynı sahnenin günün farklı saatlerindeki farklı aydınlık koşullarına göre görüntüleri oluşturulabilir.

2020 yılında Mildenhall vd. tarafından sunulan çalışmada görüntüler aynı ışık koşullarında aynı kamera ile elde edilmiş ve “Çok Katmanlı Algılayıcılar (Multilayer Perceptron, MLP)” kullanılarak hesaplama yapılmıştır (Mildenhall vd., 2020). 2022 yılında Nvidia firması tarafından geliştirilen Instant NeRF ve Google firması tarafından geliştirilen NeRF in the Wild gibi ilerlemelerle birlikte farklı kameralarla farklı ışık koşullarında elde edilen görüntülerle farklı derin öğrenme mimarileri uygulanarak kısa süre içerisinde farklı görünüm oluşturulabilmiştir. Sonrasında NeRF yaklaşımı kullanan PixelNeRF (CVPR 2021), Mega-NeRD (CVPR 2022), Neural Sparse Voxel Fields (NSVF), Plenoptic Voxel (2021), Pyramidal Neural Radiance Field (PyNeRF), Mega-NeRF gibi birçok farklı katkı geliştirilmiştir (Rabby ve Zang, 2024).

4.4.2 3B Normal Dağılımlı Düzensiz Şekillendirme

Gaussian Splatting (GS) geleneksel bir bilgisayar grafiği tekniğidir. Genel olarak hacim oluşturmada (*volume rendering*) ve nokta tabanlı render işlemlerinde kullanılmaktadır (Zwicker vd., 2002).

3D Gaussian Splatting (3DGS) yönteminde Şekil 11’de görüldüğü üzere 3B nokta bulutları uzaya yayılarak parçacıklar (*particles*) üzerinden sahne temsil edilmeye çalışılır. Her parçacık yani 3B Gaussian, 3B uzayda konum bilgisine (*position*), yönelim bilgisine (*orientation*) ve tekdüze olmayan bir ölçeğe (*non-uniform scale*) sahiptir. Sahne temsili sonrasında parçacıklar 2B görüntü düzlemine normal dağılım kullanarak iz düşürülür ve bu düzensiz şekillendirme (*splatting*) olarak isimlendirilir. Buradaki düzensiz şekilden kasıt katı bir yüzeye çarpan viskozitesi yüksek yani ağıdalı bir sıvının leke gibi görünen düzensiz şekil oluşturmasıdır. Bu yöntemde render işlemi parçacıkların splatting işlemidir yani 3B Gaussianların 2B uzayda oluşturulmasıdır (Kerbl vd., 2023). Özetle 3DGS, 3B noktaları 2B uzaya iz düşüren bir rasterlaştırma tekniğidir.



Şekil 11: 3DGS yönteminin çalışma şekli (Kerbl vd., 2023)

3DGS yönteminde görüntülerin veya videolardaki çerçevelerin görüntü elde etme anındaki kamera konumları elde edilir. Görüntülerden nokta bulutları oluşturmak için Structure from Motion (SfM) yöntemi COLMAP sinir ağı kullanılarak oluşturulur. Her nokta normal dağılım özelliği gösterecek hale dönüştürülür. Nokta bulutlarını gerçek görüntülerle kıyaslayabilmek için önce nokta bulutları Şekil 11’de görüldüğü üzere diferansiyel Gauss rasterlaştırma tekniği kullanılarak rasterlaştırılır. Böylece gerçek görüntü ile nokta bulutları üzerinden farklılıkları hesaplayacak bir yitim (*loss*) fonksiyonu üretilebilir. Yitim değerlerine bağlı olarak normal dağılım parametreleri tahmin edilir. Normal dağılım parametreleri yani uzaydaki noktaların 3B Kartezyen koordinatları (X, Y, Z), 3×3 boyutundaki kovaryans matrisleri, noktaların renkleri (RGB) ve ışınım değerleri (σ) yapay öğrenme modeli ile hesaplanır. Eğitim aşamasında Stochastic Gradient Descent yöntemi kullanılır. Her bir piksel için parametreler hesaplanmaktadır. Daha sonra uzaya saçılan nokta bulutlarından elde edilen piksellerin gerçek görüntülerdekine belirli bir düzeyde benzetim sağlayana kadar konumları ve renkleri eşleştirilmeye çalışılır. Belirli bir düzeyde eşleşme sağlandığında eğitim süreci sonlandırılır (Kerbl vd., 2023).

4.4.3 Üç Boyutlu Temsildeki Gelişmeler

NeRF ile 3DGS teknikleri arasındaki temel fark sahne temsili için NeRF tekniğinde bir fonksiyon kullanılırken GS tekniğinde nokta bulutları parçacıklar (*3D Gaussian*) olarak kullanılmaktadır. Bu temel fark bir sahnenin gerçek zamanlı render işleminin gerçekleştirilmesinde 3DGS tekniğinin NeRF tekniğine göre daha verimli çalışmasını yani gerekli hesaplama maliyetinin daha düşük olmasını sağlamaktadır.

Burada önemli konu sahne temsilinde öne çıkan bu tekniklerin uygulamada nasıl kullanılacağı ve kullanımının nasıl yaygınlaştırılabileceğidir. Bunun için öncelikle veri boyutunun ve bellek kullanımının azaltılabilmesi gereklidir. Hesaplama maliyetinin azalması bu tür yöntemlerin akıllı telefonlar gibi düşük hesaplama/işlemci gücüne sahip cihazlarda gerçek zamanlı olarak kullanılabilmesinin önünü açmaktadır. Ayrıca başka uygulama alanlarında ve araçlarda kullanabilmek için Evrensel Işınım Formatı (*Universal Splat/Radiance Format*) gibi bir format oluşturulabilir. Örneğin oyun motorlarıyla, WegGL, WebXR, WebGPU, Evrensel Sahne Açıklaması (Universal Scene Description, USD) gibi web ve bilgisayar grafiği teknolojileri ile nasıl bütünleşebileceği üzerine çalışılabilir. Bununla birlikte büyük dil modellerindeki anlamsal yaklaşım (*semantic understanding*) sorunu SMERF tekniği içinde geçerlidir. Bu konudak gelişmelerle sahnedeki nesnelere için semantik bölütleme (*semantic segmentation*) gerçekleştirilebilir.

NeRF alanında, eğitim sürecini hızlandırmak için grid tabanlı temsiller kullanılması sonucunda çentik (*aliasing*) türünde bozucu etki sorunları ortaya çıkmaktadır. Bu sorunu gidermek için kenar yumuşatma (*anti-aliasing*) yöntemi olarak ışık ışınları yerine koni geometrisini kullanan mip-NeRF 360 tekniği geliştirilmiştir. Ancak bu yaklaşım hızlandırılmış eğitim olanağı sunan Instant NGP (iNGP) gibi mevcut grid tabanlı tekniklerle uyumlu değildir. Bu kısıtı gidermek için Google tarafından Zip-NeRF adı verilen yeni bir model geliştirilmiştir. Zip-NeRF, hızlı eğitim ve kenar yumuşatma arasında bir ödünleşim (*trade-off*) çözümü sunmaktadır. Zip-NeRF sayesinde 3B sahnelerin yüksek kalitede modellenmesi ve render edilmesi için yeni olanaklar ortaya çıkmıştır (Barron vd., 2023). Öyle ki Google önce “Etkin Bellek Kullanımlı Işınım Alanlarını (Memory Efficient Radiance Fields, MERF)” ve daha sonra Zip-NeRF ile beraber “Aralıksız Olarak Aktarılabilen Etkin Bellek Kullanımlı Işınım Alanlarını (Streamable Memory Efficient Radiance Fields, SMERF)” geliştirmiştir. Her ne kadar MERF etkileyici bir gelişme olsa da büyük sahnelerde zorlanması nedeniyle MERF tekniğinden SMERF tekniğine geçiş önemli bir gelişme olarak kabul edilmektedir. SMERF ile akıllı telefonlar ve dizüstü bilgisayarlar gibi günlük kullanım cihazlarında 60 fps gibi olağanüstü bir hızda çalışan Zip-NeRF kalitesinde NeRF'ler gerçek zamanlı olarak elde edilebilmektedir.

SMERF hesaplama yükünü ve bellek tüketimini azaltmak için daha önce PyNeRF tekniğinde uygulanana benzer biçimde hiyerarşik model bölümlendirme (*hierarchical model partitioning*) kullanılmaktadır. Böylece sahne daha küçük bölümlere (*segments*) ayrılmakta ve her bir bölüm farklı NeRF modeliyle temsil edilerek render işlemi optimize edilmeye çalışılmaktadır. Kullanıcı hangi bölümleri görmek isterse istediğinde o bölümler hızlı bir şekilde render edilmektedir.

SMERF tekniğinde; renk, doku gibi görsel görünüm parametrelerinin hesaplanmasını, şekil, derinlik gibi geometrik parametrelerin hesaplanmasından ayırmaktadır. Bu da SMERF tekniğinin MERF tekniğine göre aynı hesaplama gücünü kullanarak daha yüksek model kapasitesi oluşturabilmesini sağlamaktadır.

SMERF tekniğinde öznelik ayırma (*feature gating*) özelliği kullanılarak render işlemi için en uygun özneliklere odaklanılması sağlanmaktadır. Böylece öğrenme ve render süreçleri optimize edilebilmektedir.

3DGS kadar hızlı ve ondan daha az bellek kullanarak daha iyi sonuçlar veren “Genelleştirilmiş Üstel Düzensiz Şekillendirme (Generalized Exponential Splatting, GES)” yöntemi bulunmaktadır (Hamdi vd., 2024).

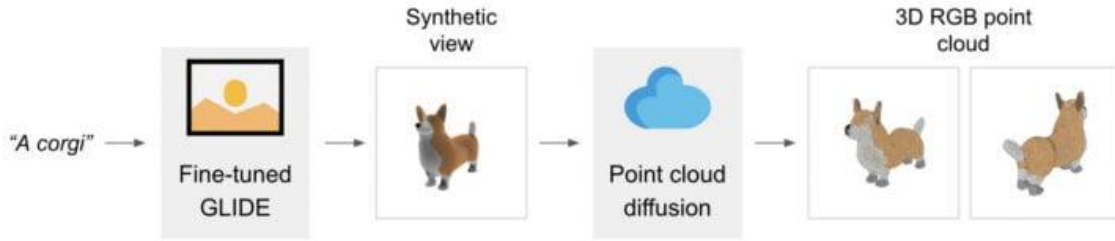
4.4.4 Üç Boyutlu Modelleme için Üretken Yapay Öğrenme

Işınım alanlarının yüksek kalitede gerçek zamanlı olarak render edilebilmesi, metinsel ifadeden 3B model (*text-to-3D generator*, *text-to-3D modeling*) üreten uygulamalar konusunda gelişmelere neden olmuştur. Böylece 3B model üretimi uygulamalar üzerinden herkes tarafından erişilebilir duruma gelmiştir. Bugün gelinen nokta bu yöntemlerin varyantlarını geliştirerek daha hızlı, daha iyi kalitede ve daha düşük hesaplama maliyeti ile 3B modellerin oluşturulmasıdır.

Bunun için difüzyon modelleri 3DGS ile beraber kullanılabilir. 3DGS ile nokta bulutu temelli 3B difüzyon modelleri oluşturulabilir, daha sonra geometriler ve görünüm 2B difüzyon modelleri ile iyileştirilebilir. OpenAI firmasının Point-E, Nvidia firmasının Magic3D, Google firmasının DreamFusion çözümleri benzer yaklaşımları kullanmaktadır.

Point-E uygulaması metinsel ifadeden 3B modeli değil, 3B şekli (*3D shape*) temsil eden 3B nokta bulutlarını üretmektedir (*text-to-3D generator*). Diğer bir ifadeyle 3B Gauss yapısındaki parçacıkların başlatılacağı bir nokta bulutu oluşturulmaktadır. Point-E uygulamasıyla bir nokta bulutu üretildikten sonra başka bir model bu nokta bulutunu mesh gibi bir yapıda (*text-to-mesh*) 3B modele dönüştürebilir (*transform*).

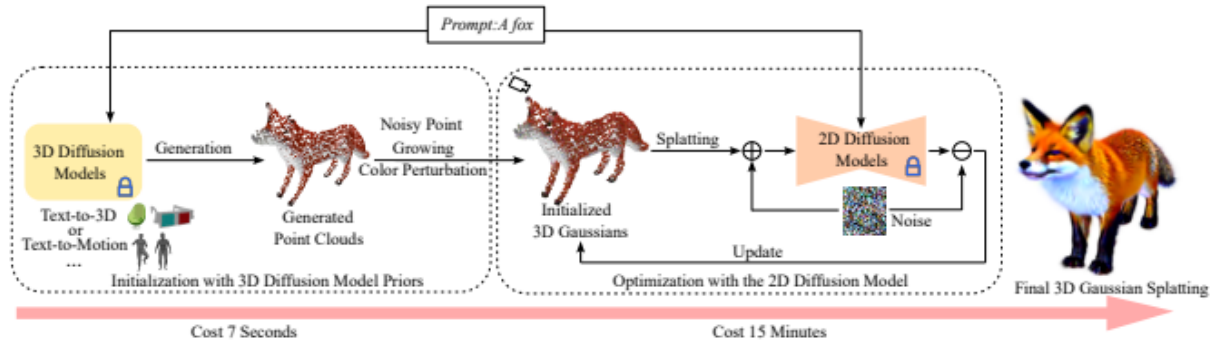
Point-E uygulamasında şekil 12'de görüldüğü üzere GLIDE ve görüntüden 3B model (*image-to-3D model*) olmak üzere iki üretken model bulunmaktadır. GLIDE, DALL-E uygulamasının metinsel ifadeden görüntü oluşturmaya benzer biçimde metinsel ifadeden görüntüler (*text-to-image*) üretmektedir. Diğer model OpenAI tarafından görüntüler ve ilişkili 3D nesnelere üzerinde eğitilmiştir. Böylece görüntülerden 3B nokta bulutlarını çıkarılabilmektedir (Nichol vd., 2022).



Şekil 12: Metinsel ifadeden 3B nokta bulutu üretiminin iş akışı (Nichol vd., 2022)

DreamFusion uygulamasında 3DGS yerine NeRF yaklaşımı kullanılmıştır. Google firması Dreamfusion uygulamasında NeRF yönteminin 3B görüntü oluşturma yeteneklerini kendisinin önceden eğitilmiş metinsel ifadeden görüntü oluşturan difüzyon modeli olan Imagen ile bütünleştirmiştir. Dreamfusion 3B modeli, Imagen ile üretilmiş 2B sentetik görüntülerden üretebilmektedir. Nvidia firması Magic3D ürününde Instant Neural Graphics Primitives (Instant-NGP) çözümünü metinsel ifadeden görüntü oluşturan eDiffi çözümü ile bütünleştirmiştir. Farklı bakış açılarından eDiffi ile oluşturulan görüntüler 3B üretim için girdi (*input*) oluşturmaktadır. Daha sonra Nvidia'nın Instant NGP katkıları bu görüntüleri 3B temsile dönüştürmektedir. Böylece Magic3D uygulaması metinsel ifadeden yüksek çözünürlüklü 3B nesnelere üretebilmektedir.

Şekil 13'te genel yapısı gösterilen Yi vd. tarafından geliştirilen GaussianDreamer ve Chen vd. tarafından geliştirilen GSGen3D çözümleri DreamFusion ve Magic3D uygulamalarından daha hızlı ve daha iyi ya da benzer sonuçlar üretebilmektedir (Chen vd., 2023; Yi vd., 2023).



Şekil 13: GaussianDreamer çalışma şekli (Yi vd., 2023)

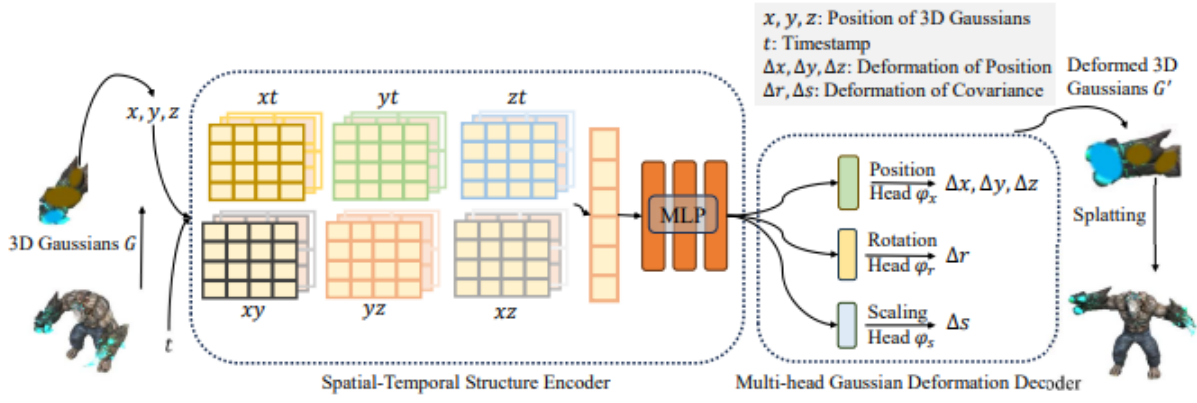
Görüldüğü üzere 3B eğitim verisi (*AI-ready data*) kısıtlı olduğu için firmalar 3B modeli oluşturmak için önce bir nesnenin farklı bakış açılarından 2B görüntülerini daha önceden geliştirdikleri üretken yapay zekâ uygulamaları ile oluşturmakta daha sonra bu 2B görüntüleri kullanarak 3B modeller oluşturmaktadır. Böylece son kullanıcı da dahil olmak üzere herkes tarafından doğal dil ile (yani metin tabanlı istemler girerek) 3B içerik, karmaşık bir sahne (*text-to-scene*) oluşturulabilmektedir. Metinsel ifadeden 3B sentetik görünüm (*text-to-3Dsynthesis*) tekniği ile 3B bir modelin öndengörünüm, üstten-görünüm gibi farklı açılardan görünümünü elde edilebilir. Hatta kullanıcı tarafından bakış yönüne bağlı istemler girilerek modeller üretilebilir. Bu tür uygulamalarda üretilen 3B modeller mesh olarak dışarı aktarılabilir ve 3B modelleme yazılımlarında kullanılabilir. Ayrıca Unity, Unreal Engine gibi oyun motorlarının da 3DGS, NeRF gibi render yöntemlerini kullanılabilir hale getireceği öngörülmektedir.

4.4.5 Dinamik Sahne ve Hareketli Nesnelere

Ortamın zaman içinde hareket eden ve dönen bir dizi 3B Gauss özellikli parçacıklar olarak modellenmesi 3DGS yönteminden 4DGS yöntemine geçiş olarak kabul edilebilir. Bu da üretken yapay öğrenme modelleri için metinsel ifadeden 4. boyuta (*text-to-4D*) olan yeni bir üretim şeklidir. Metinsel ifadelerden GS4D ve difüzyon modeller kullanılarak 4B görünüm sentezi (*text-to-4DSynthesis*) oluşturulabilmektedir. Diğer bir ifadeyle hareketin sentezi (*motion synthesis*) gerçekleştirilebilmektedir.

Luiten vd. tarafından 2023 yılında yapılan çalışmada Dinamik 3B Gauss yaklaşımı kullanılarak dinamik sahne görünüm sentezini ve sahnede bulunan nesnelere 6 serbestlik dereceli takip (*tracking*) görevini eş zamanlı olarak gerçekleştirebilen bir yöntem sunulmuştur. Çalışma kapsamında dinamik sahneleri modellemek için, 3B Gauss özellikli parçacıkların zaman içinde hareket etmesine ve dönmesine izin verilirken, kalıcı renk, ışık yoğunluğu ve boyuta sahip olmaları zorunlu kılınmıştır (Luiten vd., 2023).

Şekil 14'te çalışma şekli gösterilen diğer bir çalışmada hem parçacık hareketlerini hem de şekil deformasyonlarını modellemek için etkin bir deformasyon alanı oluşturulmuştur. Dinamik sahnelerin gerçek zamanlı render işlemlerinde yüksek görüntü çözünürlüklerinde render kalitesi korunabilmiştir (Wu G. vd., 2023).



Şekil 14: Gerçek zamanlı dinamik render işleminin çalışma şekli (Wu G. vd., 2023)

Yukarıdaki iki çalışma; otonom sürüşten gezgin robotiğe ve insansı robot alanına, oyun geliştirmeden endüstriyel uygulamalara kadar birçok alanda kamera görüntülerinden ortamdaki nesnelere boyutunu ve şeklini daha iyi anlamak ve dinamik 3B ortamda nesnelere izlemek için yeni bir çözümün ortaya çıktığını göstermektedir.

5. Üretken Yapay Öğrenme Uygulaması Geliştirme

Kurum ve kuruluşların üretken yapay zekâ uygulamalarını ölçeklenebilir seviyede geliştirmek ve/veya kullanmak için mimari çözüme gereksinimleri bulunmaktadır. Üretken yapay öğrenme uygulamalarını çalıştırmının temel olarak kendi kendine (*self-hosted*) veya hizmet olarak alma (Software-as-a-Service, SaaS) biçiminde iki farklı yolu bulunmaktadır.

Kapsamlı akıl yürütme becerileri gerekmeyen ve bilgilerin ayrıntı düzeyinin yönetilebilir olduğu uygulamalarda büyük dil modelleri verimli çalışmaktadır. Bununla birlikte, bilgi yoğun metinlerle veya karmaşık akıl yürütme gerektiren bağlamlarla uğraşırken ince ayar gerekmektedir. İnce ayar, büyük dil modellerine büyük miktarda bilgiyi sindirme, özetleme ve yorumlama gücü vererek daha etkili düşünmelerini ve akıl yürütmelerini sağlamaktadır. Böylece büyük dil modelleri iyileştirilmiş ve bağlamla ilgili yanıtlar verme yeteneğini geliştirilmiş olur.

Özelleştirilmiş çok modlu yapay öğrenme uygulamalarını geliştirmek için bir geliştirme çatkısı (*framework*) kullanılmak durumundadır. Böylece istemleri ve bilgi tabanlarını (*knowledgebases*) karmaşık uygulama programlama arayüzlerine (API) zincirleyerek karmaşık uygulamaları geliştirmek, düzenlemek ve yönetmek olanaklı hale gelmektedir. Bu tür geliştirme çatıklarına LangChain, AutoGen, FlowiseAI, Auto-GPT, AgentGPT, BabyAGI, LangDock, GradientJ, TensorFlow, LlamaIndex örnek olarak gösterilebilir.

Hugging Face, Github gibi kod alanlarında bulunan mevcut açık kaynaklı yapay öğrenme modelleri, GPT uygulama arayüzleri kullanılarak yapay zekâ temelli sohbet robotu, web tarayıcıları için yapay zekâ araçları gibi uygulamalar ve başka tür görevleri yerine getiren büyük dil modeli uygulama arayüzleri geliştirilebilmektedir.

Geliştirme çatıkları arasında en çok öne çıkan açık kaynaklı olan LangChain çatkisidir. LangChain bir python çatkisidir. LangChain çatkisındaki zincir (*chain*) özelliği bir modelin çıktısını başka bir modele girdi olarak verilmesini sağlar. Diğer bir ifadeyle farklı büyük dil modelleri birlikte kullanılabilir. LangChain çatkisında diğer bir özellik asenkron çalışabilen etmenlerdir. Etmenler büyük dil modellerinden gelen sonuçlara bağlı olarak eyleme geçebilir.

“Küçük Dil Modelleri (Small Language Model, SLM)”, “Büyük Görsel Modeller (Vision Large Models, LVM)” gibi temel modelleri (*foundation models*) sunucu çiftlikleri yerine kişisel bilgisayarlarda, akıllı telefonlarda, Raspberry Pi gibi tek kart

bilgisayarlarında (Single-Board Computers, SBC) çalıştırmak için açık kaynak kodlu Ollama çatkısı kullanılabilir. Ollama ile küçük dil modelleri olarak Mistral, Phi-2 ve LVM olarak açık kaynak kodlu LLaVA ile üretken yapay zekâ uygulamaları geliştirilebilir. Ollama model çıkarımı için bir REST API olanağı da sunmaktadır. Böylece diğer uygulamalardan ve cihazlardan bu modele erişim sağlanabilmektedir.

Kurum ve kuruluşların sahip oldukları yapılandırılmış ve yapılandırılmamış veri kümeleriyle birlikte üretken yapay öğrenme modellerini kullanarak mevcut bulut altyapılarında analiz ve veri analitiği yapmak istediklerinde mikroservislerle büyük dil modellerini ölçekleyebilmeleri gerekmektedir. Bu da olay güdümlü (*event-driven*) hesaplama ile mikroservis mimarisinin büyük dil modelleriyle birlikte kullanılmasını gerektirmektedir. Kuruluşların kendi büyük dil modellerini geliştirmelerini ve kullanımlarını kolaylaştırmak için Large Language Model Operations (LLMOps) olarak bilinen yeni bir yöntem ortaya çıkmıştır. Bu yöntemle büyük dil modellerinin orkestrasyonu yapılabilmektedir.

6. Büyük Dil Modelleriyle Doğal Dil Sorgularından Yapılandırılmış Bilgi Çıktısı Üretme

Her ne kadar büyük dil modelleri metin üretme konusunda iyi kabul edilse de yanıtlarını yapılandırılmış veri olarak üretmemekte veya yapılandırılmamış veriyi XML, JSON/GeoJSON gibi çıktı formatlarında (*serialization formats*) sunmakta zorluklar yaşamakta ya da bu çıktı format yapılarını güvenilir şekilde oluşturamamaktadır. Çünkü JSON gibi formatlar sözdizimsel (*syntactically*) olarak doğru olmalı ve yapısını belirten bir şemaya uygun olmalıdır. Öyle ki büyük dil modeline geçerli (*valid*) bir JSON olarak yapılandırılmış bir yanıt üretmesi için JSON yapısı/şeması verilse bile büyük dil modeli uygulaması kullanıcının talimatlarına esnek bir şekilde bağlı kalmakta ve kullanıcının belirtmediği bazı anahtarları (*keys*) uydurabilmektedir. Ayrıca bazı durumlarda JSON çıktısı doğru şekilde ayrıştırılamamaktadır (*parsing*). Hatta çıktı ayrıştırıcısı olarak (*output parser*) LangChain Pydantic Output Parser bile kullanılsa istemde belirtilen JSON şemasının her zaman başarılı çalışacağına garanti bulunmamaktadır. Bu durum büyük dil modellerinin çıktılarını başka sistemlerde/uygulamalarda girdi olarak kullanmayı zorlaştırmaktadır. Özetle büyük dil modelleriyle doğal dil sorgularından yapılandırılmış bilgi çıktısı üretme konusunda aşağıda ifade edilen sorunlar bulunmaktadır:

- Büyük Dil Modelleriyle doğal dil sorgularından doğru, güvenilir ve temiz JSON/GeoJSON çıktısını üretme.
- Büyük Dil Modelleriyle JSON verisi üzerinde doğal dil sorgusu gerçekleştirme ve yanıtları insan tarafından okunabilir bir formatta alabilme.

Bu sorunlara ilişkin OpenAI şirketi kendi ekosistemine yönelik olarak Haziran 2023 tarihinde “*function calling*” özelliğini eklemiştir. Ancak bu çözüm yalnız OpenAI ekosisteminde, OpenAI API ile birlikte kullanılabilir. Birlikte çalışabilirlik ilkesi kapsamında yani diğer üretken modellerle ve sağlayıcılarla birlikte kullanım açısından “*function calling*” uygun bir çözüm değildir. Instructor kütüphanesinde doğrulanmış (*validated*) ve okunabilir (*readable*) JSON çıktıları üretmek için OpenAI function calling özelliği LangChain Pydantic doğrulayıcılarıyla (*validators*) bütünleştirilmiştir.

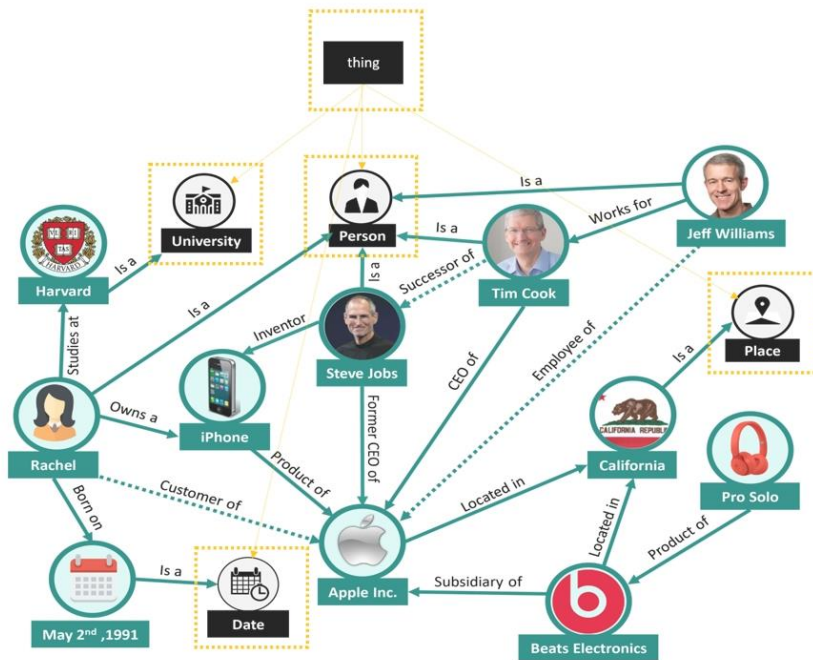
Alternatif olarak açık kaynak kodlu jsonformer kütüphanesi kullanılabilir. Jsonformer, Hugging Face transformers kütüphanesi ile entegre edilebilir. Ancak Jsonformer, önceden tanımlanmış JSON şemalarının kullanımını gerektirir. Diğer bir ifadeyle bu çözümle büyük dil modeli dinamik olarak şema oluşturamamaktadır. Ayrıca OpenAI veya diğer API’ler gibi Hugging Face kod alanında olmayan modellerle birlikte çalışmamaktadır. Jsonformer aktif olarak gelişim gösteren bir kütüphane değildir. Diğer bir alternatif de outlines kütüphanesidir. Bu çözümde sorunsuz bir şekilde LangChain Pydantic modeline uygun JSON üretilebilir. Aktif olarak geliştirilmekte olan bu kütüphane, yalnız JSON yanıtları için değil, diğer yapılandırılmış metin oluşturma kullanım durumları için de en gelişmiş çözümü sunmaktadır.

Başka bir yaklaşım da Dil Modeli Sorgulama Dili (Language Model Query Language, LMQ) olup büyük dil modelleri ile makine öğrenmesinde standart betimleme dili olan Python dilini birleştirmektedir (Beurer-Kellner vd., 2023).

7. Bilginin Temsili ve Gelişkin Akıl Yürütme

Her ne kadar bugün mevcut içeriklerin çoğu yapılandırılmamış veri türünde olsa da kamu kurumları ve özel sektör kuruluşları çoğunlukla veri tabanlarında bulunan yapılandırılmış veri (*structured data*) kümeleri üzerinden çalışmaktadır. Kurum ve kuruluşların büyük dil modelleri temelli üretken yapay öğrenme modellerini kendi iş süreçleri ile bütünleştirebilmeleri için büyük dil modelleri ile yapılandırılmış veri kümelerini daha da önemlisi bilgi çizgelerini birlikte kullanabilmeleri gerekmektedir.

Bilgi çizgesi (*knowledge graph*), birbiriyle bağlantılı varlıklardan oluşan bir ağdaki bilgileri temsil eden (*representation*) gelişmiş bir veri yapısıdır. Bir bilgi çizgesi, alana özgü anlamların düğümler (*nodes*) ve kenarlarla (*edges*) ilişkilendirildiği etiketli ve yönlendirilmiş bir çizgedir. Sözü edilen çizge birbirine bağlı varlıklar (*entities*) arasındaki semantik bilgiyi temsil eder. Yapılandırılmış veri kümelerini içeren bilgi çizgeleri Şekil 15'te görüldüğü gibi birbirinden farklı ve ilgisiz görünen bilgiler arasındaki karmaşık ilişkileri ortaya çıkarmak için geliştirilmiştir. Şekil 15'te noktalı dikdörtgenler yer, tarih gibi soyut kavramları, elipsler yani düğümler California, Mayıs 1991 gibi somut kavramları, oklar yani kenarlar kavramlar arasındaki ilişkileri, oklar üzerindeki yazılar etiketleri yani öznitelikleri/ilişkileri göstermektedir. Bilge çizgeleri; veri kümelerini ve ilişkilerini hiyerarşik olarak makine tarafından anlaşılabilir bir formatta düzenlemektedir. Böylece makinelerin insanın düşünme şekline göre varlıkların birbirleriyle nasıl ilişkili olduğunu ve paylaşılan özniteliklerini (*attributes*) bağlam içinde anlayabilmelerini sağlar. Bilgi çizgesindeki bilgiler genellikle bir çizge veri tabanında (*graph database*) saklanır ve Şekil 15'teki gibi bir çizge yapısı (*graph structure*) olarak gösterilir. Semantik bilgi çizgeleri aynı zamanda semantik web teknolojisi olarak da kullanılmaktadır. Bu tür semantik web teknolojilerine örnek olarak DBPedia, GeoNames, Wordnet, Google Knowledge Graph, FactForge, Wikidata, Linked Open Data Cloud örnek olarak gösterilebilir. Özellikle açık bağlantılı veri (*Open Linked Data*) hareketi bu konudaki gelişmelere yön vermektedir. Ontolojiler kullanılarak hem insanlar hem de makineler tarafından tümdengelimli akıl yürütme (*deductive reasoning*) ve çıkarım yapılabilir.



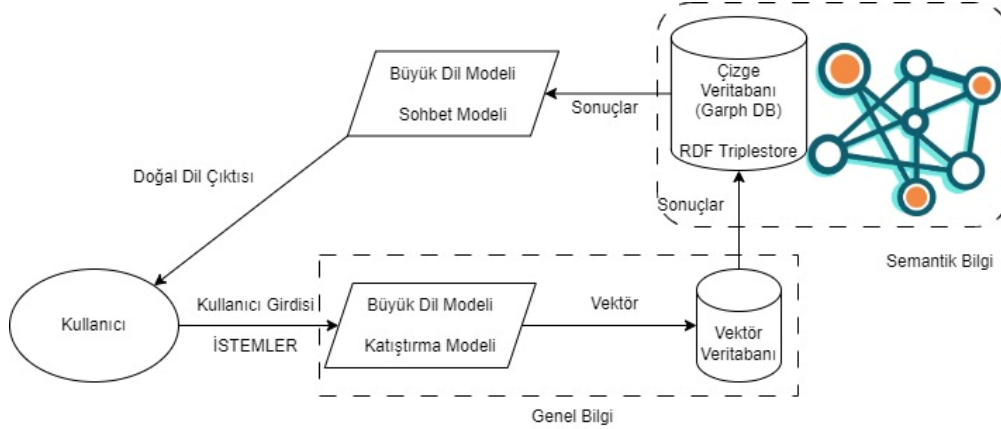
Şekil 15: Bilgi çizgesi gösterim örneği (URL-2)

Birbirinden farklı ancak birbirini bütünleyen iki ayrı çalışma alanı olan yapılandırılmış veriye dayalı bilgi çizgeleri ile yapılandırılmamış veriye dayalı olan büyük dil modelleri arasındaki simbiyotik ilişki kurulup sürdürülebilirse büyük dil modelleri dolayısıyla üretken yapay öğrenme modelleri daha etkin biçimde kullanılabilir. Büyük dil modellerinin metinsel ifadeyi anlama ve üretme yetenekleri, bilgi çizgelerinin anlamsal zenginliği, yapılandırılmış veri temsili ve olgusal (neden-sonuç ilişki kurabilme) üstünlükleri ile uyumlu hale getirildiğinde üretken yapay öğrenme modellerinin akıl yürütme ve çıkarım yapma yetenekleri daha da gelişecek ve böylece bağlam farkındalığı yüksek, daha doğru, güvenilir ve açıklanabilir/yorumlanabilir çıktılar elde edilebilecektir.

Büyük dil modelleri (vektör veri tabanları) ve bilgi çizgeleri (çizgeler ve çizge veri tabanları) karşılıklı olarak birbirlerini geliştirme potansiyeline sahip birbirini bütünleyici teknikler olduğu Pan vd. tarafından detaylı olarak incelenmiş ve aşağıda özetlenmiştir:

- Bilgi çizgeleri ile geliştirilen büyük dil modelleri diğer bir ifadeyle büyük dil modellerinin bilgi çizgeleri üzerinde eğitilmesi (*full training*); üretken yapay öğrenme modellerinin bağlamsal ve olgusal bilgileri daha iyi anlamasını sağlayarak çıktı kalitesini artıracaktır (Pan vd., 2024).
- Bilgi çizgeleri ile büyük dil modelleri eğitilmeyip yalnız ince ayar (*fine-tuning*) yapılması bir tematik alana özgü yapısal bilginin eklenmesini sağlayacak, çıktılarının yorumlanabilirliği artacak ve daha bilgiye dayalı yanıtlar elde edilebilecektir (Pan vd., 2024).

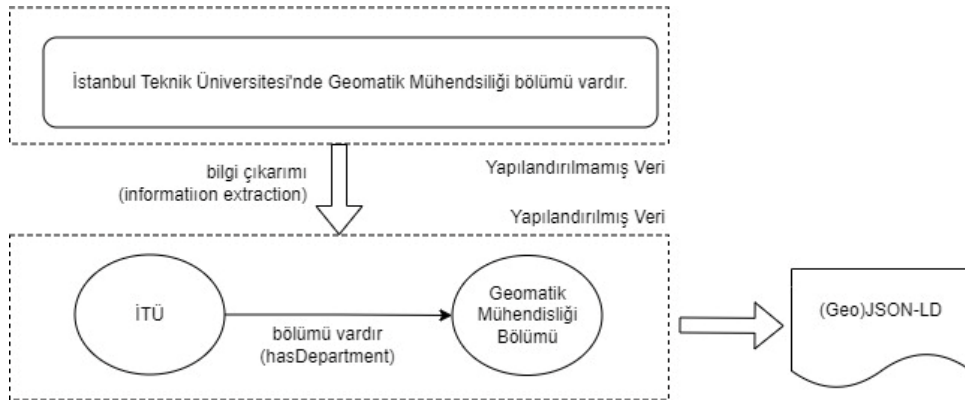
Şekil 16 çalışma kapsamında bu iki yaklaşımın nasıl birlikte kullanılacağına ilişkin olarak tasarlanmıştır. Şekil 16’da görüldüğü üzere ilk olarak büyük dil modeli vektör arama kullanarak ilgili bağlamsal bilgilere ulaşır. Ardından semantik arama ile yanıt zenginleştirilir.



Şekil 16: Büyük dil modellerinin etkinliğini artırmak için bilgi çizgelerinden yararlanma

Bilgi çizgeleri, büyük dil modelleri için “Retrieval Augmented Generation (RAG)” görevi görebilir. Böylece, büyük dil modellerinin halüsinasyonları önlenirken daha kesin, doğru ve bağlamsal olarak ilgili çıktılar üretilebilecektir. Graph RAG, Vector RAG, Text2Cypher gibi farklı RAG teknikleri bulunmaktadır. Graph RAG bilgi çizgelerine dayalı bir erişim geliştirme tekniğidir ve vektör veritabanlarıyla, LangChain çatısıyla birlikte çalışabilmektedir. LangChain, çizgenin şemasını okuyan ve kullanıcı girdisine göre uygun Cypher ifadelerini (*statements*) oluşturan bir GraphCypherQACHain özelliğine sahiptir.

Büyük dil modelleri bilgi çıkarımı (*information extraction*) için de kullanılabilir. Bilgi çıkarımının amacı Şekil 17’de görüldüğü üzere yapılandırılmamış metinden yapılandırılmış bilgiyi elde etmektir. Bilgi çıkarımı aşağıdaki şekilde görüldüğü üzere bilginin çizge temsiliyle (*graph representation*) sonuçlanmaktadır.



Şekil 17: Yapılandırılmamış metinden yapılandırılmış bilgiye dönüşüm (transformation)

Yapılandırılmamış metinsel ifade büyük dil modelleriyle önceden tanımlanmış bir ontolojiye (*pre-defined ontology*) uygun bir bilgi çizgesine dönüştürülebilir (*transform*). Diğer bir ifadeyle metinsel ifadenin temsili çizge yapısına yani bilgi çizgesine dönüştürülebilir (*text-to-graph*). Bunun için büyük dil modelinin hangi ontolojiyi/şemayı kullanacağına karar vermesi gerekmektedir. Çünkü ardından oluşacak "Yapılandırılmış Sorgu Dili (Structured Query Language, SPARQL)", GeoSPARQL, PathQL, GraphQL-LD, Cypher gibi sorgulara büyük dil modelinin yanıt verebilmesi için şema bilgisi gerekmektedir. SCHEMA.ORG, FOAF, SKOS, RDF, RDFS, OWL, JSON-LD, GeoJSON-LD vb. çeşitli standart ontolojiler üzerinde önceden eğitilmiş büyük dil modelleri kullanılabilir. Bu tür bir dil modeli ile kullanıcı hangi ontolojiyi kullanmak istediği bilgisini, bilgi çizgesine dönüştürmek istediği yapılandırılmamış bilgiyle birlikte isteminde belirtmelidir. Farklı dokümanlara ilişkin bilgi çizgesi oluştururken uygulamanın tek bir istemde izin verdiği token sayısı içerisinde işlem tamamlanamayabilir. Bu durumda farklı istemlerde oluşturulacak bilgi çizgelerinin aynı ontolojiye uygun olmasına dikkat edilmelidir.

Metinsel ifadeden çizgeye dönüşüm büyük dil modelinin önceden eğitildiği standart ontolojilerle sınırlıdır. Standart olmayan veya özel bir ontoloji (*custom ontology*) kullanılmak istenildiğinde; kullanılmak istenen özel ontolojinin tamamı istem içerisinde ifade edilmesi gerekmektedir.

Önceden eğitilmiş standart ontolojilerle sınırlı olmamak ya da özel ontolojiyi isteme dâhil ederken token ek yüküne sahip olmamak için ontoloji ile ince ayarlanmış büyük dil modeli yaklaşımı kullanılabilir. Ayrıca bazı durumlarda birden fazla ontoloji kullanmak gerekebilir. Bu tür durumlarda yani standart ontolojilerle önceden eğitilmiş dil modellerine başka bir ontoloji ile ince ayar yapıldığında üretken yapay öğrenme modelleri ontolojiler arasında dönüşümler de yapabilir.

Konuya diğer yönden bakıldığında yani büyük dil modellerinin bilgi çizgelerinin yeteneklerini artırması açısından bakıldığında bilgi çizgelerinin akıl yürütme ve çıkarım yapma başarımları yükseltilebilir. Bilgi çizgelerindeki geleneksel yöntemler genellikle eksik bilgilerin olduğu durumlarda ve çizge oluşturmak için metin veri kümelerinin işlenmesinde sıkıntılar yaşamaktadır. Diğer taraftan sıkıntı yaşanan bu alanlar büyük dil modellerinin üstün olduğu alanlar olduğu için büyük dil modellerinin desteği ile bu zorluklar giderilebilir. Ayrıca büyük dil modelleri bilgi çizgelerinden bilgi elde edilmesini (*information retrieval*) kolaylaştırabilir. Geleneksel yaklaşımla bir programlama dili ile veri tabanı üzerinden arama yapmadan, büyük dil modelleri ile bilgi çizgelerine doğrudan soru sorup yanıt alınabilir. Böylece büyük dil modelleri sayesinde bilgi çizgelerine erişimi ve kullanımı daha kolay hale gelecektir.

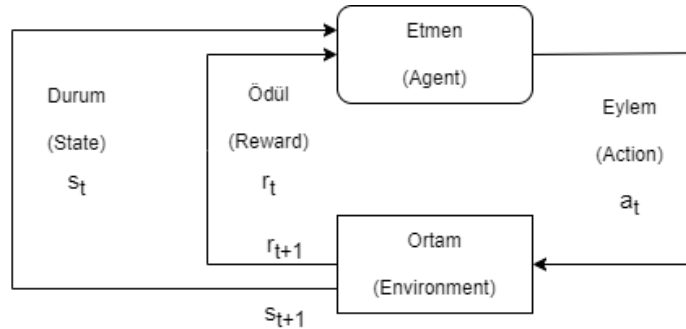
Görüldüğü üzere bilgi çizgeleri ile büyük dil modelleri arasında bir sinerji bulunmaktadır. Her iki yaklaşımın birlikte kullanılması çift yönlü bir akıl yürütme ve çıkarım sağlayacaktır. Şekil 16'da gösterildiği gibi varlıklar ve ilişkileri göstermek için bir bilgi çizgesi kullanır ve ardından erişim geliştirme için büyük dil modeli kullanır. Böylece sorgular için daha kapsamlı

bir bağlamsal anlayış sağlanmış olur. Bunun sonucunda arama yapan kişinin beklentilerini daha iyi karşılayan, arama sonuçlarını daha düşük maliyetle elde edebilen uygulamalar ortaya çıkacaktır.

8. Planlama Algoritmaları

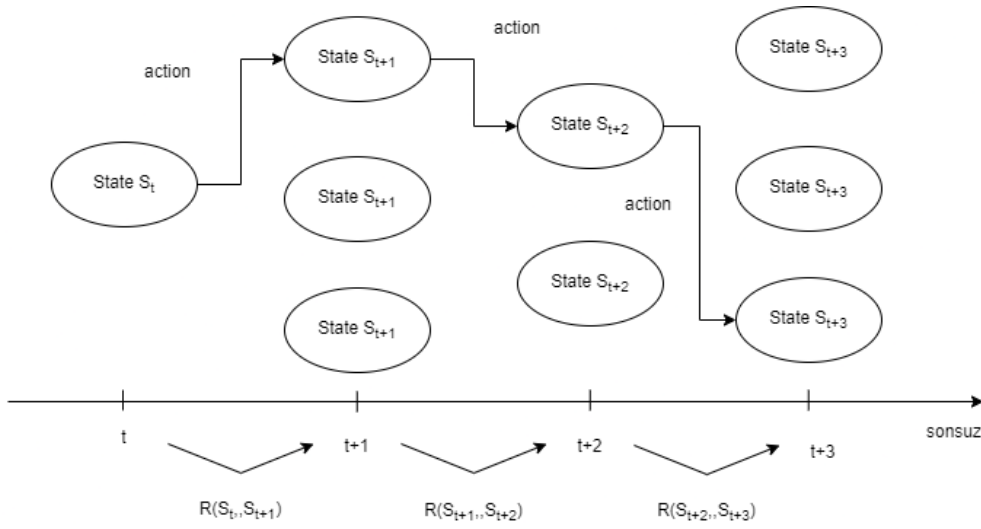
2016 yılında Google Deepmind firmasının AlphaGo modeli dünya Go şampiyonunu yenmiştir. 2018 yılında AlphaZero dokuz saat eğitimle en iyi satranç oyuncusu olmuştur ve o zamana kadarki en iyi satranç motoru olan Stockfish 8 uygulamasını yenmiştir. Ayrıca Shogi oyununda en iyi motor olan Elmo'yu da yenmiştir. 2019 yılında AlphaStar gerçek zamanlı bir strateji oyunu olan StarCraft II'de grandmaster seviyesine yükselmiştir. Üretken yapay zekâdan farklı olarak planlama yapabilen bu tür yapay öğrenme algoritmalarının başarısı yapay zekâ devrimi olarak görülebilir.

İnsan düşüncesinin makinedeki en iyi yansımaları satranç, Go, Shogi, StarCraft gibi oyunlarda gözlemlenmiştir. Bu oyunlarda karar verme veya problem çözme “Pekiştirmeli Öğrenme (Reinforcement Learning, RL)” üzerinden gerçekleşmektedir. Pekiştirmeli Öğrenme bir dizi karar (*sequence of decisions*) vermek için yapay öğrenme modellerinin eğitilmesidir. Şekil 18'de görüldüğü üzere pekiştirmeli öğrenmede belirsiz bir ortam (*uncertain environment*), bu ortamı gözleyen ve davranışlarını da buna göre değiştiren etmenler/karar vericiler (*agents/decision makers*) bulunur. Bu tür öğrenmede keşfedilecek belirsiz ortamla etkileşime giren etmenlerin ödülleri en üst düzeye çıkaracak (*maximize rewards*) eylemleri/hareketleri (*actions*) gerçekleştirmesi için bir eğitim (*train*) uygulanır. Bu eylemler sonucunda etmenin durumu (*state*) değişir, durum değişimi ile ödülleri (*reward*) kazanır. Etmenin amacı ödülü en iyilemektir (*maximization*).



Şekil 18: Pekiştirmeli öğrenmenin çalışma şekli

Etmenin ortamla etkileşimleri zaman içerisinde sırayla (*sequentially*) gerçekleşir. Etmen her zaman adımında gerçekleştirdiği eylemle ortamın yeni temsiline yani yeni durumuna geçiş yapmaktadır. Eylemlerin sonucunda etmen ödül veya ceza almaktadır. Diğer bir ifadeyle etmen doğru eylemleri/hamleleri yaptığında ödül kazanır yani eylemler olumlu sonuç vermektedir. Aksi durumda negatif ödül/ceza almaktadır. Belirli bir durumdayken bir eylem seçme, yeni bir duruma geçme ve bir ödül alma süreci sırayla tekrar tekrar gerçekleşmektedir. Etmenin amacı süreç boyunca ödül almak ve aldığı ödülleri en üst düzeye çıkarmak olduğundan etmenin yalnız anlık ödüller için değil süreç içerisinde alacağı kümülatif ödüller için en doğru eylemleri belirlemesi gerekmektedir. Eylemleri belirleyen algoritmaya politika (*policy*) denir. Pekiştirmeli öğrenmede belirsiz ortamın keşfedilmesi sırasında en iyi politika belirlenmeye çalışılmaktadır. En iyi politikayı belirlemek için Şekil 19'daki akışı yansıtan Eşitlik 1'in çözümü gerekmektedir. Bu eşitliğin çözüm süreci politika araması (*policy search*) olarak adlandırılır. Politika aramasında öne çıkan yöntem değer fonksiyon yöntemi (*value-function method*) olup bu yöntemde en bilinen algoritmalar Q-Öğrenme (*Q-Learning*) ve SARSA (*State-Action-Reward-State-Action*)'dır. Özetle, ortam politikayı belirler, politika da eylemleri yani etmenin nasıl hareket edeceğini belirler. Böylece deneme yanılma yöntemi ile bir karara ulaşırlar.



Şekil 19: Politika belirleme

Eşitlik 1’de $P(S) = A$ yani etmen/karar verici politika fonksiyonu (P) ile mevcut durumu (S) alır ve eylemi (A) üretir. $R_{P(S)}$ politika fonksiyonunun S durumu için olan ödülü karakterize eder. Politika fonksiyonu kümülatif ödüller için en üst düzeye getirilmeye çalışılır. Bu nedenle başlangıçtan sonsuza kadar olan bütün hamlelere/eylemlere ilişkin tüm ödüller toplam fonksiyonu ile bir araya getirilir. Gelecekteki hamlelere ilişkin ödüllerden emin olunmadığı için δ indirgeme faktörü ($0 < \delta < 1$) uygulanır.

$$\sum_{t=0}^{\infty} \delta^t R_{P(S)}(S_t, S_{t+1}) \quad (1)$$

Bir karar probleminde bir durumdaki değeri hesaplamak için Eşitlik 2’deki Bellman Denklemi (*Bellman Equation*) kullanılır. Bellman denklemi, belirli bir eylem seçiminin ne kadar iyi olduğunu açıklar. Eşitlik 2’de t anındaki durumun değeri $V(S_t)$ ile bir sonraki durumun değeri $V(S_{t+1})$ ile gösterilmiştir. $R(A, S)$ eylem gerçekleştirildiğinde alınacak ödülü ifade eder.

$$V(S_t) = \max_A (R(A, S_t) + \delta V(S_{t+1})) \quad (2)$$

Bellman denklemini stokastik hale getirmek için Eşitlik 3’teki Markov Karar Süreci kullanılır. Markov Karar Süreçleri sıralı karar verme (*sequential decision making*) için olasılık tabanlı bir modeldir ve durum geçişlerinde (*state transition*) kullanılır. Markov Karar Süreçleri her adımda hangi eylemin gerçekleştirileceğine dair bir seçim yapılmasını gerçekleştiren bir süreçtir. Her eylem seçimi yeni durumları ortaya çıkarmakta ve böylece farklı durumlar için farklı olasılıklar ortaya çıkmaktadır. Markov’a göre gelecekteki durumun olasılığı, geçmişe değil, içinde bulunulan duruma yani mevcut duruma (*current state*) bağlıdır ve buna Markov Özelliği (*Markov Property*) denir.

$$V(S_t) = \max_A (R(A, S_t) + \delta \sum_{S_{t+1}} P(S_t, A, S_{t+1}) V(S_{t+1})) \quad (3)$$

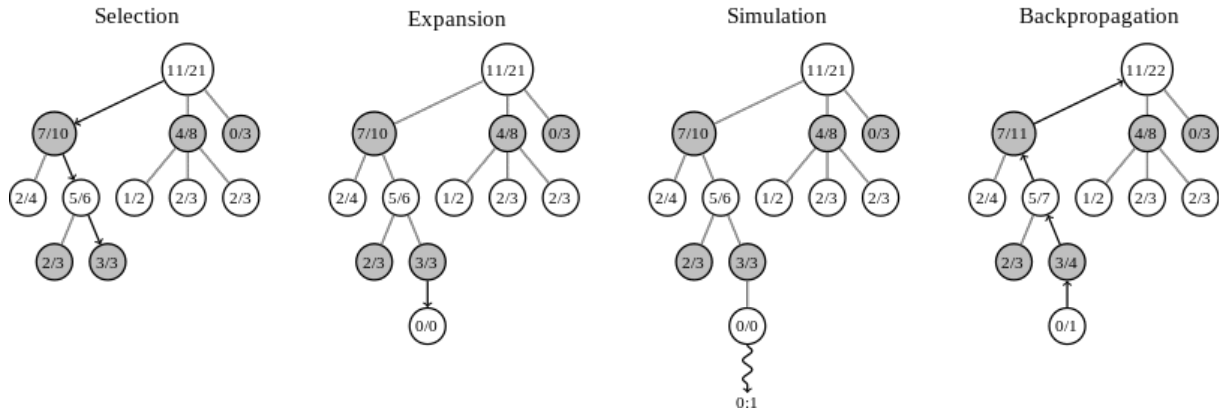
Pekiştirmeli öğrenme problemleri Markov Karar Süreci olarak modellenabilir. Pekiştirmeli öğrenme yöntemlerinden olan Q-Öğrenme her iki yaklaşımın bütünleştirilmesiyle ortaya çıkarılır. Bellman denkleminde ve Markov Karar Sürecinde durumun değeri $V(S)$ hesaplanırken, Q-Öğrenme yaklaşımında durumun eyleme bağlı kalitesi $Q(S, A)$ yani S durumunda A eylemi seçiminin ne kadar iyi olacağını hesaplanmaktadır. Q-Öğrenme yaklaşımında durumun değerinin hesaplanması yerine hangi eylemin daha iyi olduğu Eşitlik 4’teki Q-Öğrenme fonksiyonu ile belirlenir.

$$Q_{t+1}(S, A) = (1-\alpha)Q_t(S, A) + \alpha (R(S, A) + \delta \max_{A'} (Q(S', A'))) \quad (4)$$

Büyük dil modelleri temelli üretken yapay zekâ uygulamalarının akıl yürütmede diğer bir ifadeyle insan gibi düşünmede yaşadığı eksiklikleri tamamlamak için “Monte Carlo Ağaç Araması (Monte Carlo Tree Search, MCTS)” tekniğinden yararlanır. Monte Carlo Ağaç Araması, “Markov Karar Süreci (Markov Decision Process, MDP)” için bir karar ağacı tarafından yapılandırılmış rastlantısal bölüm örneklemesine dayanan politika optimizasyon algoritmasıdır. Diğer bir ifadeyle MCTS, yapay zekâ problemlerinde optimal kararlar vermek için klasik ağaç arama algoritması ile pekiştirmeli öğrenmeyi bütünleştiren ileriye yönelik bir planlama algoritmasıdır.

MCTS, genellikle bilgisayar oyunlarında nihai kazanan çözüme ulaşmak için politikanın izlemesi gereken yolu/hamleleri tahmin etmek için kullanılır. Bir oyun ağacı, düğümleri (*nodes*) oyundaki konumlara (*positions*) karşılık gelen yönlendirilmiş bir çizgedir (*directed graph*). Bir yapay zekâ, oyun durumu (*game state*) olarak adlandırılan oyundaki mevcut konuma göre mümkün olan en iyi/uygun hamleyi seçmek, yani en iyi kararı vermek (*optimal decision*) için oyun ağacında arama yapar. Satrançta 10^{123} , Go oyununda 10^{360} ağaç karmaşıklığı yani potansiyel hamle ve karşı hamle sayıları varken ileriye yönelik planlamanın, oyun durumunu tahmin eden bir değerlendirme fonksiyonu ile yapılması kolay değildir. MCTS yaklaşımında insanlar tarafından yazılmış karmaşık sezgisel yöntemlere gereksinim yoktur. MCTS tekniğinde kullanan yapay öğrenme modelleri, programcıların herhangi bir doğrudan yönlendirmesi olmadan bir görevde nasıl ustalaşacaklarını öğrenebilirler. Bu özellik aynı zamanda MCTS tekniğinin uygulama alanından bağımsız (*domain-independent*) olmasını sağlamaktadır.

MCTS tekniği Şekil 20’de görüldüğü üzere seçim (*selection*), genişletme (*expansion*), benzetim (*simulation*) ve geri yayılım (*backpropagation*) olmak üzere dört temel adımdan oluşmaktadır. Düğüm seçimi aşamasında en umut verici düğüm (*parent*) seçilir. Genişletme aşamasında seçilen düğümden çocuklar (*child*) oluşturulur ve düğüm seçimi çocuklara doğru ilerler. Benzetim aşamasında en umut vaat eden çocuk üzerinden rastlantısal hamleler yapılır diğer bir ifadeyle oyun politikası belirlenir. Geri yayılım aşamasında yeni eklenen düğümlerle birlikte önceki tüm düğümlerin değerleri güncellenir. Düğümler durumların (*state*) temsilidir. Farklı düğüm seçimi farklı bir hamle yani farklı bir karar demektir. Her yapılan hamle veya verilen karar başka bir durumun ortaya çıkmasına neden olur. Bu adımlar en umut verici hamle bulunana kadar tekrarlanır.



Şekil 20: MCTS tekniğinin ana bölümleri

Etmen belirsiz ortamda rastlantısal olarak hareket ettiğinde ortamı keşfeder (*exploration*) yani global arama işlevini yerine getirir. Ancak bu durumda hedefe giden yolu tam olarak bulamaz. Diğer taraftan etmen keşfetmeden yalnız belirli aralıktaki değerler üzerinden hareket ederse (*exploitation*) yani o ana kadar bulunan en iyi stratejileri kullanırsa (lokal arama) bu kez de bulunduğu yolun belirsiz ortamdaki en iyi yol olup olmadığını anlayamayacaktır. Politika olarak adlandırılan kavram bu global arama ile lokal arama arasındaki ödünleşimi sağlamaktadır (*exploitation-exploration trade off*) (Coulom, 2007).

9. Sonuçlar ve Öneriler

El-Cezeri ile birlikte 13. yüzyıldan itibaren makinelerin fiziksel gücü üzerine çalışılmaya, mekanik yapıların insan davranışlarını taklit edebileceği üzerine düşünülmeğe başlanmıştır. 1950'li yıllardan itibaren insansı mekanik yapılardan insan gibi düşünebilen makineler kavramı tartışılmaya başlanmıştır. 1950 yılında Alan Turing "Computing Machinery and Intelligence" makalesinde "Bilgisayarlar Düşünebilir mi?" sorusunu sormuştur. 1959 yılında Ord. Prof. Dr. Cahit Arf bir konferansta "Makine Düşünebilir mi ve Nasıl Düşünebilir?" başlıklı bir konuşma yapmıştır. Bugün makinelerin düşünmesi akıl yürütme ve çıkarım yapma üzerinden gerçekleşmektedir. Hoffmann vd. tarafından önerilen Chinchilla ölçekleme yasasına göre yapay sinir ağındaki parametre sayısının artması modelin doğruluğunu artması ile yakından ilişkili olduğunu göstermiştir (Hoffmann vd., 2022). Buna göre işlenen veri arttıkça, hesaplama birimleri geliştikçe, bilgi işlem altyapısı kuvvetlendikçe, büyük dil modellerinin parametre sayısı arttıkça makineler çok daha iyi düşünebilecektir.

Diğer taraftan insanın düşünme sistemi; akıl/mantık yürütebilme, çıkarım yapabilme, öğrenme yeteneğine sahip olma, geçmişi hatırlayabilme, yaratıcı düşünebilme vb. görevlerden oluşur. Makinelerin, yapay zekânın öğrenmek için kullandığı veri/bilgi insanın yani doğal zekânın kültür ve bilgi birikiminden gelmektedir. Bu nedenle daha önce hiç yapılmamış işlerde ve sezgisel yaklaşım gerektiren konularda yapay zekâ başarılı olamamaktadır. Mevcut hali ile yapay zekâ iyi bir ezbercidir ve örüntüleri bulmada çok iyidir ancak yaratıcılıktan, sezgiden ve soyut düşünmeden hâlâ yoksundur.

Düşünsel sistemleri anlama ve yorumlama için geliştirilmiş olan ikili süreç teorisine (*dual process theory*) göre düşünme sistemi genel olarak otomatik süreçler ve bilinçli süreçler olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Büyük dil modellerinin mevcut durumu daha basit düşünme yaklaşımı gerektiren otomatik süreçleri gerçekleştirebilirken, planlama algoritmaları daha sezgisel olan bilinçli süreçleri gerçekleştirebilmektedir. Örneğin büyük dil modelleri kendisine yöneltilen bir soruyu yanıtlayabilirken, otonom araç kullanımını gerçekleştirememektedir. Otonom araçta satranç, Go, StarCraft gibi oyunları oynayamamaktadır. Evi temizleyebilen robot süpürge metinsel ifadeden video oluşturamamaktadır. Oysaki farklı kuruluşlar ve özgün geliştiriciler tarafından geliştirilmiş farklı görevlerde özelleşmiş, uzmanlaşmış uygulamalar bulunmaktadır. Bu uygulamalar birlikte çalışabilir hâle geldiklerinde, bilgi çizgeleriyle eğitilebilir olduklarında, eylem modelleri ve planlama algoritmaları ile bütünleştiklerinde farklı düşünebilen, yaratıcı özellikler sergileyen yapay zekâdan bahsedilmeye başlanabilir.

Yapay öğrenme modellerinin insandan daha hızlı biçimde veri kümelerini işleyebilmesi, analiz edebilmesi ve buna bağlı olarak daha hızlı karar alması olağan olarak kabul görmektedir. Buna ek olarak insanın düşünmesini ve üretim süreçlerini tamamlayan bir asistan (ek zekâ) olarak görülmesi yerleşiklik kazanmaya başlamıştır. Bu nedenle yapay zekânın yalnız tabana yayılarak olabildiğince insanın kullanmasını sağlamanın yanında güvenli ve güvenilir yapay öğrenme modellerinin (*trusted AI*) iş birliği içinde açık ve açıklanabilir yapay zekâ olarak geliştirilmesi konusu önemlidir. Dev işletmelerin sermayelerini ve hesaplama kaynaklarını kullanarak geliştirip hâkim olmaya çalıştıkları yapay zekâ teknolojisi/ürünleri ve yapay zekâ silahlama savaşları yerine, toplumların ortaklaşa geliştirdiği ve tüm insanlığın erişimine sunduğu yapay öğrenme teknolojilerinin geliştirilmesi için açık üretken yapay zekâ konusunda çalışmalar yapılmalıdır.

Önceki dönemlerde veri egemenliği konusu tartışılırken bugün onunla birlikte yapay zekâ egemenliği konusu da tartışılmaya başlanmıştır. Google, Microsoft, Meta, Apple gibi devasa büyük işletmelerin neredeyse tüm insanlığın verisine sahip olmasına karşı oluşan anarşik durum Blockchain teknolojisinin, Web3 ekosisteminin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Sözü edilen küresel işletmelerin yapay zekâ egemenliğine karşı insanlığın nasıl bir toplumsal örgütlenme gerçekleştirebileceği yakın zamanda görülecektir. Aslında bunun ilk belirtileri açık kaynak kodlu dil modellerinde ve açık kaynak kodlu difüzyon modellerinde görülmeye başlanmıştır. Ancak giriş bölümünde ifade edilen temel (*foundation*) modellerin ne tür veri kümeleri

ile nasıl oluşturulduğu konusu asıl sorunu oluşturmaktadır.

Kurum ve kuruluşların üretken yapay zekâ ve çok modlu üretken yapay zekâ uygulamalarını ölçeklenebilir seviyede kullanabilmeleri için mevcut bilgi işlem altyapılarında yeni mimari çözümler kurgulamaları gerekmektedir. Geomatik/Harita mühendislerinin, mekânsal bilişim alanında çalışanların bağlamdan ayrılmadan daha yüksek doğrulukta sonuçlar üretebilen çok modlu üretken yapay zekâ uygulamalarını iş süreçlerine uyumlu hale getirecek planlamaları ve bu planlara uygun yatırımları yapmaları gerekmektedir.

Yapay zekâ çalışmalarındaki gelişmelere paralel olarak Geomatik/Harita mühendislerinin üretim bantları da diğer sektörlerde olduğu gibi değişecek ve yenilenecektir. Fotogrametri gibi ölçme temelli yaklaşımlardan üretken yapay öğrenme modeli temelli bilgisayarlı görü yaklaşımlarına doğru geçişler olacaktır. Yakın zamana kadar dar yapay öğrenme modelleri ile uydu ve fotogrametrik görüntülerinden nesne tespiti, sınıflandırma ve bölütleme gibi geleneksel 2B bilgisayarlı görü görevleri etkin olarak gerçekleştirilmekteydi. Işığın parlaklık değeri yerine ışığın yayılma özelliğini dikkate alan yeni yaklaşımlarla bir nesnenin yeni görünümünü sentezleme ve görüntülerden 3B şeklini gerçekçi biçimde yeniden oluşturma görevleri gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Böylece kullanıcının akıllı telefonundaki kameradan elde edilen görüntüler, Google StreetView gibi görüntü tabanlı uygulamalardaki görüntüler vb. görüntüler kullanılarak kentlerin yüksek kaliteli 3B temsilleri özel donanım, yazılım, uzmanlık, büyük zaman ve finansal yatırım gerektirmeden çok kısa zamanda oluşturulabilir. Bu tür dijital ikizler daha sonra metaverse ortamlarında farklı kullanıcı düzeylerinde farklı amaçlarla etkin olarak kullanılabilir.

Görüldüğü üzere gelişim çok hızlı yaşanmaktadır. Yakın zamana kadar uzamsal/mekânsal zekâ (GeoAI) kavramı tartışılırken, bugün uzamsal/mekânsal zekânın üretken uzamsal/mekânsal zekâyâ (GenGeoAI) evrilmesi konusu öne çıkmaktadır. Üretken uzamsal zekâ kavramının getirdiği paradigma değişimi mekânsal bilişim uygulama alanlarını genişletecek ve mekânsal bilişim endüstrisinin büyümesine katkı sağlayacaktır.

Çıkar Çatışması Beyanı



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

Kaynaklar

- Barron, J. T., Mildenhall, B., Verbin, D., Srinivasan, P. P., & Hedman, P. (2023). Zip-NeRF: Anti-aliased grid-based neural radiance fields. In *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision* (pp. 19697-19705).
- Beurer-Kellner, L., Fischer, M., & Vechev, M. (2023). Prompting is programming: A query language for large language models. *Proceedings of the ACM on Programming Languages*, 7(PLDI), 1946-1969.
- Bruce, J., Dennis, M., Edwards, A., Parker-Holder, J., Shi, Y., Hughes, E., Lai, M., Mavalankar, A., Steigerwald, R., Apps, C., Aytar, Y., Bechtle, S., Behbahani, F., Chan, S., Heess, N., Gonzalez, L., Osindero, S., Ozair, S., Reed, S., Zhang, J., Zolna, K., Clune, J., Freitas, N., Singh, S., & Rocktäschel, T. (2024). Genie: Generative Interactive Environments. *arXiv preprint arXiv:2402.15391*.
- Chen, Z., Wang, F., & Liu, H. (2023). Text-to-3D using gaussian splatting. *arXiv preprint arXiv:2309.16585*.
- Coulom, R. (2007). Efficient selectivity and backup operators in Monte-Carlo tree search. In *International conference on computers and games* (pp. 72-83). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Goodfellow, I. J., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., & Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. *Advances in neural information processing systems*, 27.
- Güney, C. (2019). Mekansal zekânın getirdiği paradigma değişimi. *Jeodezi ve Jeoinformasyon dergisi*, 6(2), 128-142.
- Hamdi, A., Melas-Kyriazi, L., Qian, G., Mai, J., Liu, R., Vondrick, C., Ghanem, B., & Vedaldi, A. (2024). GES: Generalized Exponential Splatting for Efficient Radiance Field Rendering. *arXiv preprint arXiv:2402.10128*.

- Hoffmann, J., Borgeaud, S., Mensch, A., Buchatskaya, E., Cai, T., Rutherford, E., Las Casas, D., Hendricks, L. A., Welbl, J., Clark, A., Hennigan, T., Noland, E., Millican, K., Driessche, G., Damoc, B., Guy, A., Osindero, S., Simonyan, K., Elsen, E., Rae, J. W., Vinyals, O., & Sifre, L. (2022). Training compute-optimal large language models. *arXiv preprint arXiv:2203.15556*.
- Kerbl, B., Kopanas, G., Leimkühler, T., & Drettakis, G. (2023). 3D gaussian splatting for real-time radiance field rendering. *ACM Transactions on Graphics, 42*(4), 1-14.
- Lample, G., & Conneau, A. (2019). Cross-lingual language model pretraining. *arXiv preprint arXiv:1901.07291*.
- Lan, Z., Chen, M., Goodman, S., Gimpel, K., Sharma, P., & Soricut, R. (2020). ALBERT: A lite BERT for self-supervised learning of language representations. *arXiv preprint arXiv:1909.11942*.
- Liu, Y., Ott, M., Goyal, N., Du, J., Joshi, M., Chen, D., Levy, O., Lewis, M., Zettlemoyer, L., & Stoyanov, V. (2019). RoBERTa: A robustly optimized BERT pretraining approach. *arXiv preprint arXiv:1907.11692*.
- Luiten, J., Kopanas, G., Leibe, B., & Ramanan, D. (2023). Dynamic 3D gaussians: Tracking by persistent dynamic view synthesis. *arXiv preprint arXiv:2308.09713*.
- Mildenhall, B., Srinivasan, P. P., Tancik, M., Barron, J. T., Ramamoorthi, R., & Ng, R. (2020). NeRF: Representing scenes as neural radiance fields for view synthesis. *Communications of the ACM, 65*(1), 99-106.
- Nichol, A., Dhariwal, P., Ramesh, A., Shyam, P., Mishkin, P., McGrew, B., Sutskever, I., & Chen, M. (2021). GLIDE: Towards photorealistic image generation and editing with text-guided diffusion models. *arXiv preprint arXiv:2112.10741*.
- Nichol, A., Jun, H., Dhariwal, P., Mishkin, P., & Chen, M. (2022). Point-E: A system for generating 3D point clouds from complex prompts. *arXiv preprint arXiv:2212.08751*.
- Pan, S., Luo, L., Wang, Y., Chen, C., Wang, J., & Wu, X. (2024). Unifying large language models and knowledge graphs: A roadmap. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*.
- Rabby, A. K. M., & Zhang, C. (2024). BeyondPixels: A comprehensive review of the evolution of neural radiance fields. *arXiv preprint arXiv:2306.03000*.
- Sanh, V., Debut, L., Chaumond, J., & Wolf, T. (2020). DistilBERT, a distilled version of BERT: smaller, faster, cheaper and lighter. *arXiv preprint arXiv:1910.01108*.
- Song, H., Dong, L., Zhang, W. N., Liu, T., & Wei, F. (2022). CLIP models are few-shot learners: Empirical studies on VQA and visual entailment. *arXiv preprint arXiv:2203.07190*.
- Subramanya, S. J., Devvrit, F., Simhadri, H. V., Krishnawamy, R., & Kadekodi, R. (2019). DiskANN Fast accurate billion-point nearest neighbor search on a single node. *Advances in Neural Information Processing Systems, 32*.
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L. Gomez, A. N., Kaiser, L., & Polosukhin, I. (2023). Attention is all you need (v7). *arXiv:1706.03762v7*.
- Wu, S., Fei, H., Qu, L., Ji, W., & Chua, T. S. (2023). NExT-GPT: Any-to-any multimodal LLM. *arXiv preprint arXiv:2309.05519*.
- Wu, G., Yi, T., Fang, J., Xie, L., Zhang, X., Wei, W., Liu, W., Tian, Q., & Wang, X. (2023). 4D gaussian splatting for real-time dynamic scene rendering. *arXiv preprint arXiv:2310.08528*.
- Yang, Z., Dai, Z., Yang, Y., Carbonell, J., Salakhutdinov, R. R., & Le, Q. V. (2020). XLNet: Generalized autoregressive pretraining for language understanding. *Advances in neural information processing systems, 32*.
- Yi, T., Fang, J., Wang, J., Wu, G., Xie, L., Zhang, X., Liu, W., Tian, Q., & Wang, X. (2023). GaussianDreamer: Fast generation from text to 3D gaussian splatting with point cloud priors. *arXiv preprint arXiv:2310.08529*.
- Zwicker, M., Pfister, H., Van Baar, J., & Gross, M. (2002). EWA splatting. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 8*(3), 223-238.
- URL-1: <https://cvpr2022-tutorial-diffusion-models.github.io> (Erişim Tarihi: 17 Ocak 2024).
- URL-2: <https://timbr.ai/blog/introducing-timbr-sql-kg> (Erişim Tarihi: 30 Mart 2024).

Determining soil moisture with Sentinel-1 image

Rutkay Atun¹ , Onder GURSOY^{1*} 

¹Sivas Cumhuriyet University, Faculty of Engineering, Department of Geomatics Engineering, Sivas, Türkiye.

Abstract: Soil moisture is vital for agricultural practices, climate change, erosion, and water management issues. Thus, monitoring and spatial distribution of soil moisture is also important. Nowadays, the usage of remote sensing, apart from traditional methods, for estimating soil moisture is rapidly increasing. In this context, Synthetic Aperture Radar images constitute one of the remote sensing tools. In this study, soil moisture was estimated using Sentinel-1 imaging in a 25-decar field. In situ measurements were carried out with a soil moisture meter in synchronization with the Sentinel-1 transition. As a result of the study, soil moisture was estimated with an empirical approach, using a model derived from in situ soil moisture measurement and Sentinel-1 backscatter data.

Keywords: Soil moisture, Sentinel-1, Surface soil moisture index, SAR

Sentinel-1 görüntüsü ile toprak neminin belirlenmesi

Öz: Toprak nemi, tarımsal uygulamalar, iklim değişikliği, erozyon ve su yönetimi konuları için hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle, toprak neminin izlenmesi ve mekansal dağılımı da önemlidir. Günümüzde, toprak neminin belirlenmesinde geleneksel yöntemlerin yanı sıra uzaktan algılamının kullanımı hızla artmaktadır. Bu bağlamda, Sentetik Açıklıklı Radar görüntüleri uzaktan algılama araçlarından birini oluşturmaktadır. Bu çalışmada, 25 dekarlık bir alanda Sentinel-1 görüntülemesi kullanılarak toprak nemi belirlenmiştir. Sentinel-1 geçişi ile senkronize olarak bir toprak nem ölçer ile yerinde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, yerinde yapılan toprak nem ölçümleri ve Sentinel-1 geri saçılımından türetilen bir model kullanılarak ampirik bir yaklaşımla toprak nemi hesaplanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Toprak nemi, Sentinel-1, Yüzey toprak nemi indeksi, SAR

1. Introduction

Soil moisture refers to the amount of water in a certain volume of soil. Monitoring soil moisture is significant in many aspects. Soil moisture is substantial in water management, plant growth and development in agricultural and irrigation practices. Determining the spatial distribution of soil moisture is also essential in these respects. Monitoring the spatial distribution of soil moisture has become vital today for the implementation of sustainable agriculture and irrigation policies. In addition, soil moisture is also significant for non-agricultural lands. Monitoring the spatial distribution of soil moisture in such lands helps to take early measures and combat challenges such as climate change and soil erosion (Bajgiran et al., 2013).

There are many methods to estimate soil moisture. Traditional in situ measurements are the most used. In the gravimetric method, soil moisture is calculated by drying the soil samples taken from the field in ovens and measuring their weight. Tensiometers, moisture meters, and soil-embedded moisture sensors are other methods for determining soil moisture. In these methods, unlike the gravimetric method, soil moisture can be obtained instantly. Although these methods give soil moisture with high accuracy, soil moisture can be determined point by point. Therefore, using these methods on large land areas is costly in terms of time and labor (Yetik & Asik, 2021).

Nowadays, the use of remote sensing techniques to estimate the spatial distribution of soil moisture is quite common. Soil moisture can be estimated with the help of optical satellite images, thermal images, or Synthetic Aperture Radar (SAR) images. Since soil moisture is sensitive to changes in surface temperature, soil moisture can be estimated with the help of thermal images (Li et al., 2022). Vegetation indices are used to estimate soil moisture from optical satellite images (Wyatt et al., 2021). Methods using optical satellite images and thermal images can estimate soil moisture for the soil surface. On the other hand, SAR images can penetrate the soil at various depths depending on the wavelength (El Hajj et al., 2019). In addition, SAR images have advantages such as not being affected by adverse weather conditions, higher resolution compared to optical images, and the ability to work day and night.

Soil moisture estimation from SAR images can be carried out by empirical models, semi-empirical models, change detection models, SAR data fusion, or combinations of these and machine learning methods (Bormudoi et al., 2023; Esch et al., 2018; Mirsoleimani et al., 2019; Rawat et al., 2019; Song et al., 2021). These methods have advantages and disadvantages compared to each other. Empirical models are easy to implement. However, their accuracy decreases in roughness and vegetation conditions (Gorrab et al., 2014). In semi-empirical models, physical principles are combined with SAR features. Their use and accuracy vary depending on the size of the angle of incidence and the vegetation condition (Parida et al., 2022). In the change detection method, it is assumed that the soil roughness does not change and the vegetation changes little. In this case, the time difference between the two images should not be too much (Esch et al., 2018). SAR data fusion can be carried out with optical or thermal images. These aim to increase spatial resolution and therefore working accuracy (Moran et al., 2004). Although accuracy increases in machine learning methods, the disadvantages of these methods are that they require high hardware and the training data collection process (Mirsoleimani et al., 2019).

Although many studies in the literature use SAR images, these are generally studies carried out on large areas of land. Few studies were conducted with SAR images at a small field scale. In this study, soil moisture was estimated at a field scale from Sentinel-1 images using a new empirical approach.

2. Study Area

The study area consists of 25 decaire land located between the borders of the Ulaş district of Sivas province in Türkiye (Figure 1). There are no agricultural yields or vegetation in the study area.

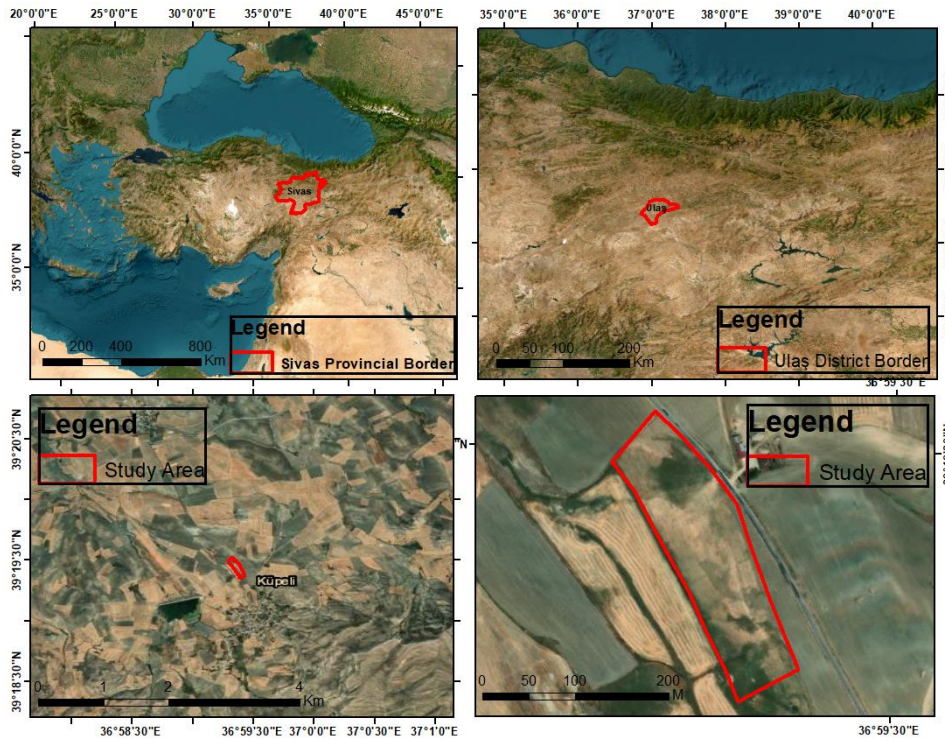


Figure 1: Study area

3. Material

The Sentinel-1 image, provided free of charge by European Space Agency (ESA), was used to determine the spatial distribution of soil moisture. Sentinel-1 is a c-band SAR satellite with a temporal resolution of 12 days (Geudtner et al., 2014). To control the soil moisture estimated by Sentinel-1, Honde brand soil moisture meter device capable of measuring with an accuracy of $\pm 2\%$ was used.

4. Method

First, in-situ measurements were carried out with the soil moisture sensor on 03.08.2023, synchronized with the Sentinel-1 satellite transit time (Figure 2). The coordinates of the 64 points measured with the soil moisture meter were also taken with Global Navigation Satellite Systems (GNSS). Afterward, soil samples were collected from various points in the field, and the soil structure and content were analyzed in the laboratory. In laboratory analyses, it was determined that the soil at the sampling points had various characteristics such as calcareous, slightly alkaline, clay loam structure, salt-free and low organic matter content (Table 1).

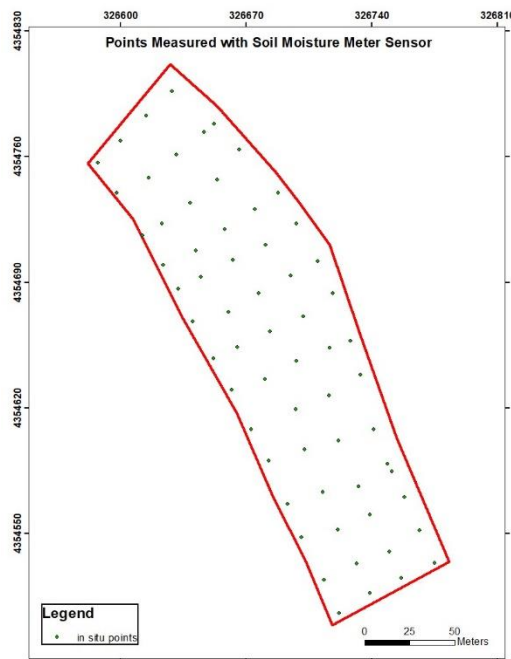


Figure 2: In situ points

Table 1: Soil analysis

Sample Number	Texture	pH (1:1 H ₂ O)	Salt (Ms/cm)	Organic Matter (%)	Lime (%)
1	Clayey	7.95	0.55	2.87	45.0
2	Clayey	8.14	0.79	0.58	48.8
3	Clayey	8.09	0.62	2.92	44.8
4	Clayey - Loamy	8.05	0.74	1.45	47.4
5	Clayey - Loamy	8.06	0.56	1.56	39.6
6	Clayey	7.78	0.33	0.30	44.5
7	Clayey - Loamy	8.18	0.52	1.91	49.5

After the fieldwork phase, the pre-processing process of the Sentinel-1 image was carried out. In this context, first, the “*apply orbit file*” process was carried out. In this way, location and velocity information is provided. Afterward, thermal noise removal was applied to eliminate thermal noise. Then, pixel values were converted to SAR backscatter. After the speckle removal process was applied, terrain correction was carried out. In this way, the image is defined by the coordinate system. Finally, backscatter coefficients were converted to decibel units by logarithmic transformation.

A new empirical approach to soil moisture estimation has been adopted with Sentinel-1. The method is derived from the classical soil moisture index I_{SSM} (Surface Soil Moisture Index). The classical soil moisture index is defined as follows (Zribi et al., 2020).

$$I_{SSM} = (\sigma_{VV} - \sigma_{VVmin}) / (\sigma_{VVmax} - \sigma_{VVmin}) \tag{1}$$

Here, the backscatter coefficients in the VV polarization of the Sentinel-1 image are used. Afterward, the following equation was used to convert I_{SSM} to volumetric moisture (Surface Soil Moisture, SSM).

$$SSM = I_{SSM} \times (in\ situ_{max} - in\ situ_{min}) + in\ situ_{min} \tag{2}$$

In the Eq. (2), the expressions $in\ situ_{max}$ and $in\ situ_{min}$ refer to the highest and lowest soil moisture values measured in the field. While I_{SSM} uses radar backscatter parameters, SSM uses I_{SSM} results with in situ maximum and minimum measurement values.

The following equation is defined to calibrate the SSM value.

$$SM = a \times SSM + b \quad (3)$$

According to Eq. (3), a linear regression model was defined between soil moisture values and measured soil moisture values. In Eq. (3), the value a represents the slope and the value b represents the intersection point. Measured soil moisture values refer to measurements made with a soil moisture sensor in the field.

5. Results and Discussion

Backscatter coefficients of the image whose pre-processing step was completed were obtained. Linear regression between backscatter coefficients and measured soil moisture was examined. Accordingly, it has been understood that the backscatter coefficients in VV polarization have a better relationship with measured soil moisture than those in VH polarization (Figure 3).

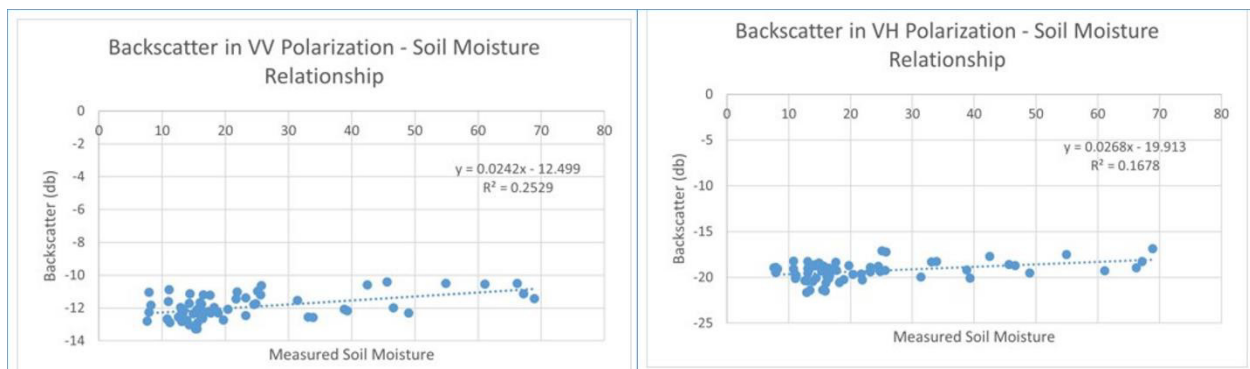


Figure 3: Backscatter coefficients – Measured soil moisture relationship

An empirical approach was developed, and the spatial distribution of soil moisture and the soil moisture map were obtained from the Sentinel-1 image (Figure 4). Figure 4 shows soil moisture values as percentages. The results showed that soil moisture values varied between 5% and 45%. In addition, the R^2 coefficient was 0.25 in the linear correlation between measured soil moisture values and soil moisture values estimated from Sentinel-1 (Figure 5).

The results showed that soil moisture values tended to increase volumetrically towards the south of the study area. In estimating soil moisture using empirical models from SAR images, it has been observed that correlation values are higher in fields where soil moisture changes little. In addition, these studies were carried out on larger areas of the field. This also alleviated the disadvantage of limited spatial resolution of the SAR image (Filion et al., 2014). In another study conducted with Sentinel-1, it was observed that accuracy increases in a field where soil moisture is homogeneous. It has also been observed that whether the soil is wet or dry affects performance (Bazzi et al., 2024). Another study used Radarsat 2 imagery to estimate soil moisture. It has been observed that using high-resolution images gives better results in the correlation between backscatter coefficients and soil moisture (Özerdem & Acar, 2017). As can be seen from the studies, empirical models have many advantages, such as being easy and applicable, rapid analysis, and satisfactory performance under different field

conditions. These models have been successfully applied in different data types and fields.

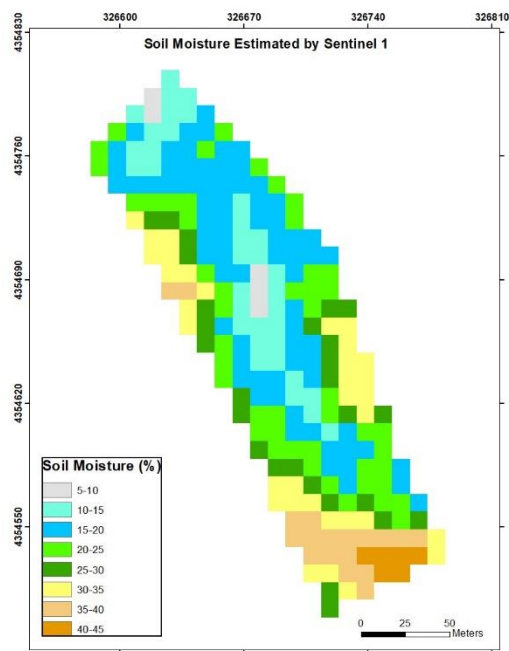


Figure 4: Soil moisture estimated by Sentinel-1

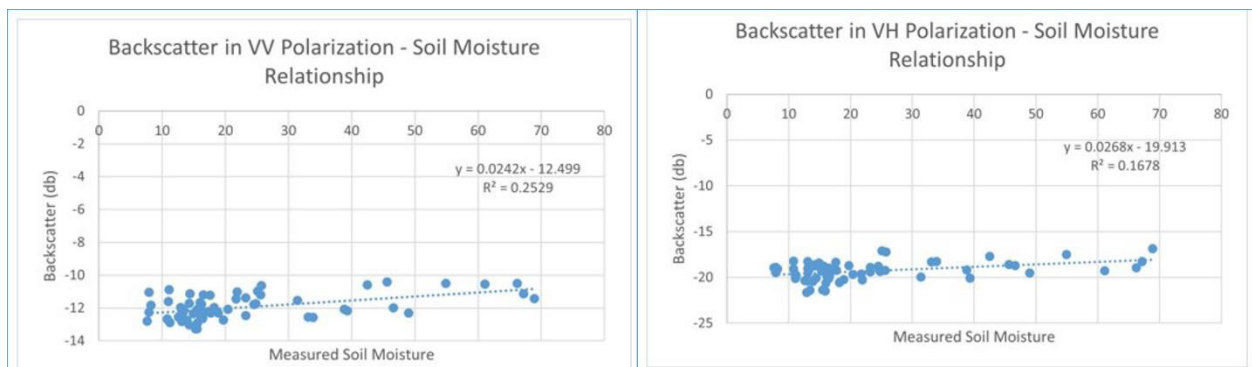


Figure 5: Relationship between soil moisture estimated by Sentinel 1 – Measured soil moisture

According to the in-situ measurements, it was determined that the spatial distribution of soil moisture varies significantly in percentage for short-distance intervals. After the pre-processing steps of the Sentinel-1 image are completed, the spatial resolution becomes 10 m. In this context, one pixel of the Sentinel-1 image in the study area represents an area of 100 square meters. Therefore, when the Sentinel-1 image was compared to in situ measurements, which change highly at frequent intervals, the correlation was obtained as 0.25. Spatial resolution has been the limiting factor. Nevertheless, the spatial distribution pattern of soil moisture at the field scale was understood using this method.

6. Conclusion

In this study, the spatial distribution of soil moisture was understood with a new empirical approach at the field scale using Sentinel-1 imaging, and a soil moisture map was produced. In the literature, studies implemented with SAR images were generally carried out in large areas. In this study, soil moisture was estimated from the Sentinel-1 image at field scale. Additionally, this study noted that soil moisture varies highly over short-distance intervals. This negatively affected the

accuracy of the study. Using a higher spatial resolution image will increase the accuracy of the study. Consequently, soil moisture was estimated within the scope of this study with a practical and easy method using SAR images.

Acknowledgements

We want to thank CUBAP (Cumhuriyet University Scientific Research Projects) for M – 2023 – 845 numbered Project and their co-operation.

Author Contribution

Rutkay Atun: Methodology, Data processing, Writing. **Onder Gursoy:** Methodology, Data processing, Writing.

Declaration of Competing Interests

The authors declare that they have no known relevant competing financial or non-financial interests that could have appeared to influence the work reported in this paper.

References

- Bajgiran, P. R., Berg, A. A., Champagne, C., & Omasa, K. (2013). Estimation of soil moisture using optical/thermal infrared remote sensing in the Canadian Prairies. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 83, 94-103.
- Bazzi, H., Baghdadi, N., Nino, P., Napoli, R., Najem, S., Zribi, M., & Vaudour, E. (2024). Retrieving Soil Moisture from Sentinel-1: Limitations over Certain Crops and Sensitivity to the First Soil Thin Layer. *Water*, 16(1), 40.
- Bormudoi, A., Nagai, M., Katiyar, V., Ichikawa, D., & Eguchi, T. (2023). Soil Moisture Change Detection with Sentinel-1 SAR Image for Slow Onsetting Disasters: An Investigative Study Using Index Based Method. *Land*, 12(2), 506.
- El Hajj, M., Baghdadi, N., Bazzi, H., & Zribi, M. (2019). Penetration analysis of SAR signals in the C and L bands for wheat, maize, and grasslands. *Remote Sensing*, 11(1), 31.
- Esch, S., Korres, W., Reichenau, T. G., & Schneider, K. (2018). Soil moisture index from ERS-SAR and its application to the analysis of spatial patterns in agricultural areas. *Journal of Applied Remote Sensing*, 12(2), 022206-022206.
- Filion, R., Bernier, M., Paniconi, C., Chokmani, K., & Talazac, M. (2014). Empirical modelling to estimate surface soil moisture at field scale in Sardinia, Italy: Comparison between optical and SAR data. In *2014 IEEE geoscience and remote sensing symposium*, 3243-3246.
- Geudtner, D., Torres, R., Snoeij, P., Davidson, M., & Rommen, B. (2014). Sentinel-1 system capabilities and applications. In *2014 IEEE geoscience and remote sensing symposium*, 1457-1460.
- Gorab, A., Zribi, M., Baghdadi, N., Lili-Chabaane, Z., & Mougnot, B. (2014). Multi-frequency analysis of soil moisture vertical heterogeneity effect on radar backscatter. In *2014 1st International Conference on Advanced Technologies for Signal and Image Processing (ATSIP)*, 379-384.
- Li, W., Liu, C., Yang, Y., Awais, M., Li, W., Ying, P., Ru, W., & Cheema, M. J. M. (2022). A UAV-aided prediction system of soil moisture content relying on thermal infrared remote sensing. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(10), 9587-9600.
- Mirsoleimani, H. R., Sahebi, M. R., Baghdadi, N., & El Hajj, M. (2019). Bare soil surface moisture retrieval from sentinel-1 SAR data based on the calibrated IEM and dubois models using neural networks. *Sensors*, 19(14), 3209.
- Moran, M. S., Peters-Lidard, C. D., Watts, J. M., & McElroy, S. (2004). Estimating soil moisture at the watershed scale with satellite-based radar and land surface models. *Canadian journal of remote sensing*, 30(5), 805-826.
- Özdemir, M. S., & Acar, E. (2017). Toprak nemi tahmini için Radarsat-2 verisinden çoklu saçılma katsayılarının elde edilmesi. *Dicle*

Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 8(4), 759-766 (In Turkish).

- Parida, B. R., Pandey, A. C., Kumar, R., & Kumar, S. (2022). Surface soil moisture retrieval using sentinel-1 SAR data for crop planning in Kosi River Basin of North Bihar. *Agronomy*, 12(5), 1045.
- Rawat, K. S., Singh, S. K., & Pal, R. K. (2019). Synergetic methodology for estimation of soil moisture over agricultural area using Landsat-8 and Sentinel-1 satellite data. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 15, 100250.
- Song, P., Zhang, Y., & Tian, J. (2021). Improving surface soil moisture estimates in humid regions by an enhanced remote sensing technique. *Geophysical Research Letters*, 48(5), e2020GL091459.
- Wyatt, B. M., Ochsner, T. E., & Zou, C. B. (2021). Estimating root zone soil moisture across diverse land cover types by integrating in-situ and remotely sensed data. *Agricultural and Forest Meteorology*, 307, 108471.
- Yetik, A. K., & Asik, M. (2021). Methods of Soil Moisture Content Monitoring and Determination. *Bilecik Seyh Edebali University Journal of Science*, 8(1), 484-496 (In Turkish).
- Zribi, M., Foucras, M., Baghdadi, N., Demarty, J., & Muddu, S. (2020). A new reflectivity index for the retrieval of surface soil moisture from radar data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 14, 818-826.

Karadeniz akıntı ve batimetri profilinin kıyı kirliliğine etkisi

Muhsin Kanbaz^{1*}, Melis Uzar¹

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Davutpaşa Kampüsü, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Esenler, İstanbul.

Öz: Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizde deniz kıyı kirliliğinin önlenmesi ve doğal yapının korunması başta insan sağlığı olmak üzere diğer tüm canlıların ekosistemindeki dengeyi sağlama açısından önem taşımaktadır. Nüfus ve deniz trafiğindeki artış denizlerin kirlenme hızını artırmaktadır. Bu nedenle, denizlerde oluşabilecek kirliliğin tespit edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması yaşanabilir bir çevre için önem arz etmektedir. Bu çalışmada, Karadeniz'e ait akıntının aylık ve yıllık akıntı şiddeti ve yönü baz alınarak meydana gelebilecek olası kirliliğin yayılımı incelenmektedir. Akıntı değerleri ve bölgedeki batimetri profili ele alınarak önerilen yöntemde dönemsel olarak mevcut akıntı profillerinden meydana gelebilecek herhangi bir kirliliğin yayılım yönü tespit edilmiştir. Böylece, Karadeniz akıntı profilinin belirli bir yönde ilerlemesi ve batimetride meydana gelen değişikliklerin akıntı yönü ve şiddetini önemli ölçüde etkilediği tespit edilmiştir. Bu çalışmada, deniz üzerinde oluşacak herhangi bir kirliliğin yayılım durumunun Coğrafi Bilgi Sistemleri ile tespit ve takip edilerek, batimetri ve akıntı değerleri ile Python programlama dilinde model geliştirilmiştir. Modelin doğruluğu %85 olarak analiz edilmiştir. Sonuçta, çalışma alanında oluşan kirliliğin tespitinde akıntı ve batimetri profilinin modele dahil edilmesiyle daha az insan gücü kullanılarak hızlı, doğru ve güvenilir bilgi elde edilmesine katkı sağlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Kıyı kirliliği, Akıntı profili, Karadeniz, CBS, Batimetri

The effect of the Black Sea current and bathymetry profile on coastal pollution

Abstract: In our country, which is surrounded by seas on three sides, preventing coastal pollution and preserving the natural structure are important not only for human health but also for maintaining the balance in the ecosystem of all other living beings. The increase in population and sea traffic is accelerating the rate of pollution in the seas. Therefore, the detection of possible pollution in the seas and taking necessary measures are important for a livable environment. In this study, the potential spread of pollution in the Black Sea is examined based on the monthly and yearly intensity and direction of currents. By considering the current values and the bathymetric profile of the region, any pollution that may occur from existing current profiles has been identified directionally in the proposed method. Thus, it has been determined that the progression of the Black Sea current profile in a certain direction and changes in the bathymetry significantly affect the direction and intensity of the current. In this study, a model has been developed using Geographic Information Systems to detect and track the spread of any pollution on the sea, incorporating bathymetric and current values with the Python programming language. The accuracy of the model was analyzed as 85%. As a result, by including the current and bathymetric profile in the detection of pollution in the study area, contribution has been made for obtaining faster, more accurate, and reliable information with less human effort.

Keywords: Coastal pollution, Current profile, Black Sea, GIS, Bathymetry

* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Tel: +90 216 322 2580 (3350)

Geliş Tarihi/Received: 16.02.2024
Kabul Tarihi/Accepted: 29.05.2024



1. Giriş

Deniz kirliliği, insan etkisiyle çeşitli atık maddelerin doğrudan veya dolaylı olarak denize bırakılması sonucunda oluşmaktadır. Bu kirlilik deniz ekosistemine ve balıkçılığa zarar vermektedir. Kontrol altına alınması için ulusal ve uluslararası çaba gösterilmektedir (Sesal, 2009). Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemiz, jeopolitik konumu nedeni ile büyük ticaret ve göç merkezi haline gelmiştir. Ayrıca, deniz ve kıyılarımızın doğal güzelliklere sahip olması nedeniyle her yıl milyonlarca turist deniz seyahat rotasında yer almaktadır. Bu kapsamda, deniz ve kıyılarımızın verilmesi gereken önem her yıl giderek artmaktadır. Son yıllarda deniz kenarlarında ve sahil şeridinde yer alan şehirlerden kaynaklanan; evsel, endüstriyel, tarımsal ve sanayi tesis atıkları nedeniyle deniz ve kıyılarımız sürekli olarak kirlenmektedir (Alkavli & İlhan, 2022). Zararlı maddelerin ve atıkların uygun olmayan şekillerde ambalajlanması ve nakledilmesi, yanlış ve düzensiz işaretleme başta olmak üzere, insan kusurlarından dolayı meydana gelen kazalar, atıkların denize dökülmesine ve yayılmasına neden olmaktadır (Özdemir, 2012). Nesnelere rüzgârla okyanusa taşındığı bir tür okyanus kirliliği olan atmosferik kirlilik genellikle çöplerden kaynaklanır. Biyolojik olarak ayrışması yüzlerce yıl sürebilen tek kullanımlık plastikler ve strafor kapları içerir. Dünya çapında yılda yaklaşık 1 trilyon plastik poşet kullanılmaktadır (URL-1). Türkiye'nin üç tarafını çevreleyen denizler; ulaşım, balıkçılık ve turizm gibi birçok faaliyetlerde var olup sosyo-ekonomik açıdan büyük bir katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte kıyı alanlarındaki kirliliğin artması, sanayileşme sonucu ortaya çıkan deniz kirliliği, düzensiz balıkçılık faaliyetleri ile deniz ekosistemlerinin tahribatı, dünyanın geri kalanında olduğu gibi bizim ülkemizin de gündemindeki en önemli çevre problemlerindedir (Batur, 2023).

Karadeniz; 27°27' ve 41°42'D boylamları ile 40°55' ve 46°32'K enlemleri içerisinde bulunmaktadır. Kuzeydoğusunda yer alan Kerç Boğazı ile Azak Denizi'ne ve güneybatısında yer alan İstanbul Boğazı ile birlikte Marmara Denizi'ne bağlıdır. Doğu-Batı arasında, en uç noktaların uzaklıkları 1149 km ve kuzey-güney yönünde en büyük genişliği 611 km'dir. Yüzey alanı 423 488 km², toplam hacmi ise 573 000 km³'tür. En derin yeri ise 2200 m ile Sinop ili açıklarındadır (Gürbüz, 2010). Karadeniz'deki deniz kirlenme seviyesinin artması dikkat çekici bir noktadadır. Karadeniz'in birçok ülkeye kıyısı olması nedeniyle kirlilik yükü farklı bir boyuttadır (Öncü vd., 2021). Karadeniz, Avrupa ile Asya kıtalarının önemli akarsularıyla birlikte kendi alanının yaklaşık 5 katı büyüklüğünde bir alanın kirliliğine maruz kalmaktadır (Alkan vd., 2008). Buna bağlı olarak Karadeniz'de deniz kirliliği karmaşık ve çok boyutlu bir yapı haline gelmiştir. Çeşitli su kaynaklarından beslenen Karadeniz'de meydana gelen kirlilik yapısal özellikleri nedeniyle deniz sağlığının korunmasını giderek zor bir hale getirmektedir. Karadeniz'de çevre sorunlarını oluşturan faktörlerin karmaşık ilişkileri Karadeniz'i çevresel ve ekonomik anlamda olumsuz etkilemektedir.

Türkiye'nin kıyısında yer alan denizler Dünya'daki diğer denizler gibi sürekli bir kirlilik etkisi altındadır. Bu kirlilik nedenleri arasında evsel atıklar, denizel çöpler ve kara kökenli kirlenme önemli bir rol oynamaktadır. Bilhassa artılmamış atıkların deniz ve birçok kıyı alanına bırakılması durumu devam etmektedir. Oysaki atık suda yer alan katı atıklar çöktürüldükten sonra azot ve fosfor giderimi de yapılarak deniz ortamına temiz suyun bırakılması gerekmektedir. Türkiye'de gelişmiş arıtma yapan atık su arıtma tesislerinin oranı yaklaşık %20'dir ve bu oran yetersizdir (URL-2). Deniz kirliliği kıyıları etkileyen ciddi bir çevre sorunudur. Esas olarak yoğun nüfuslu bölgelere bitişik kıyı bölgesini etkiler. Bu bölgedeki kirlilik kaynaklarının tespit edilmesi ve özelliklerinin belirlenmesi uzaktan algılama verileri ile mümkün olabilmektedir (Shaban, 2008). Deniz kirliliğinin azaltılması, kimyasal (dağıtıcılar, katılaştırıcılar), mekanik (filtreler, kürekler, bomlar ve süpürücüler) ve biyolojik (mikroplar, biyolojik büyütme) yöntemler dâhil olmak üzere farklı yaklaşımlar gerektirir. Denizlerde meydana gelen kirlilikleri tespit etmek ve azaltmak için bulut bilişim platformları, robotik ve yapay zekâ gibi bilgisayar tabanlı çözümler kullanılmaya başlanmıştır (Anthony vd., 2023). Deniz, göl ve akarsularımızda yaşayan canlıların sayı ve tür olarak giderek azalmış olması, yanlış yapılaşma ve avlanma, uygun olmayan teknoloji kullanımı deniz kirliliğinin en önemli

nedenlerindedir. Deniz kirliliğinin önlenmesi, toplum ve insanlığın geleceği açısından çok büyük bir önem arz etmektedir. Denizlerimizde meydana gelen bu kirlilik yayılımının denizlerdeki canlı yaşamını da olumsuz yönde etkilemesi kaçınılmazdır. Su yüzeyinde oluşan kirliliğin tespiti ile petrol, tarımsal ilaç vb. ile karışabilen maddelerden meydana gelen kirliliğin tespit edilmesi farklı yöntemler ile mümkün kılınabilmektedir. Karadeniz'in hem batimetrik hem de meteorolojik koşulları göz önüne alındığında kıyısı olan diğer denizlerden daha farklı profillere sahip olduğu görülmüştür. Karadeniz'in çevresel sorunlarının ana nedenlerini araştırmak ve bu sorunlara çözüm sağlamak amacıyla 21 Nisan 1992'de Bükreş'te "Karadeniz'in Kirlenmeye Karşı Korunması" Sözleşmesi imzalanmıştır. Ülkeler bu sözleşme ile deniz çevresinin dış etkenler tarafından kirlenmesinin önlenmesi ve ortadan kaldırılması taahhüdünde bulunmuşlardır. Aynı zamanda, Karadeniz'de meydana gelecek olası kirliliğin İstanbul Boğazı'na etkisi kaçınılmazdır. Bunun sebebi ise meteorolojik şartlardan kaynaklanan düşük buharlaşma ve nehirlerle beslenen Karadeniz'in su seviyesinin, Marmara Denizi'nden 40 cm daha yüksek olmasıdır. Bu durum, Karadeniz'den Marmara Denizi'ne doğru sürekli bir yüzey akışı oluşturmaktadır. Karadeniz'de oluşacak bir kirliliğin İstanbul Boğazı'nı da etkileyeceği görülmektedir.

[Alsharif \(2021\)](#) tarafından yapılan çalışmada, deniz üzerindeki petrol kirliliğinin çevresel, sosyo-ekonomik etkileri incelenerek petrol ve türevi maddelerin özellikleri incelenmiş olup, petrol sızıntısı ve dökülmelerine müdahale etme, mevcut bilgi boşluklarını ve teknik zorlukları belirleme, yeni stratejiler ve karar verme şemaları önerme ve öneriler sunmada mevcut yöntemler ile teknikleri anlamamızı sağlamaktadır. [Kahraman \(2018\)](#) tarafından yapılan çalışmada; petrol kirliliğinin literatürde hukukun hangi alt dallarında incelendiği, ne gibi tanımlamalarla açıklandığı, uluslararası ve ulusal düzenlemelere yer verilerek kirlilik oluşmadan önceki tedbirler ve sonraki yaptırımlar hukuki boyutta ele alınmaya çalışılmıştır. [Tombul vd. \(2023\)](#)'deki çalışmada Doğu Akdeniz'de su yüzeyinde yüzen bir cismin akıntı ve rüzgâr etkisi ile ne kadar sürükleneceğine ve gemi trafiğine etkisi incelenmiştir. [Eronat \(2019\)](#) tarafından yapılan çalışmada, Azerbaycan'ın Bakü kıyılarındaki insan kaynaklı sızıntılar, farklı (Sentinel-1, Sentinel-2 ve Landsat-8) uydu görüntülerinin görüntülenmesi ve işlenmesi için en uygun yazılım olan açık kaynaklı Sentinel Uygulama Platformunun (SNAP) 6.0 sürümü kullanılarak tespit edilmiştir. [Özdemir \(2012\)](#) tarafından yapılan çalışmada; denizlerin kirliliğe karşı korunmasının önemi, gemi kazaları ve işletmelerden kaynaklanan kirlilikler incelenmiş olup, gemilerden kaynaklı kirliliğin önlenmesi ve giderilmesi konusunda ülkemizde yapılan süreç ve uygulamaların genel bir değerlendirilmesi yapılmış ve bu önlemlerin ne ölçüde uygulanabilir olduğu araştırılmaya çalışılmıştır. [José G. B. Derraik \(2002\)](#) denizdeki plastik kirliliğinin sosyo-kültürel etkilerini kategorize etmek için tanım ve kavramsal çerçeve sunarak, yaşam tarzı, ruh sağlığı, kültürel ve miras etkilerini vurgulayarak bu etkileri değerlendirmişlerdir. [Ilgar vd. \(2013\)](#) tarafından yapılan çalışmada, Çanakkale Boğazı'nda meydana gelebilecek petrol sızıntılarının saptanmasına yönelik petrol tayininde kullanılan Poli Aromatik Hidrokarbon (PAH) analizi ile deniz suyunda ve dip yapısında UVF (Ultraviolet Fluorescence) analizi yapılmıştır.

[İnan \(2011\)](#) tarafından yapılan çalışmada; üç boyutlu (3B) bir model olan HIDROTAM kullanılarak İskenderun Körfezi'nde meydana gelebilecek petrol kirliliği dağılımı irdelenmiştir. [Tirmanoglu \(2022\)](#) tarafından yapılan çalışmada; Marmara Denizi'nde, düşük mekânsal çözünürlüklü uydu görüntülerinden faydalanılarak deniz yüzeyi sıcaklığı (Sea Surface Temperature, SST), Klorofil-a (Chl-a) ve Toplam Askıda Katı Madde (Total Suspended Solids, TSS) parametrelerinin zamansal değişimleri incelenmiştir. [Aydın \(2009\)](#) tarafından yapılan çalışmada; iki boyutlu (2B) bir petrol tabakası dağılım modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model, yatay düzlemde 2B ilerlemeli yayılma denkleminde dayanmakta ve petrolün suya dökülmesinden sonra izlediği adveksiyon, difüzyon, buharlaşma ve kıyı çizgisinde birikim süreçlerini dikkate almaktadır. [Sancak \(2019\)](#) tarafından yapılan çalışmada, Karadeniz'in etkisi altında kaldığı sanayi kirliliği ve diğer çeşitli kirlilik etkenlerinin, su ve dip yapısı İnce Filmlerde Yaygın Gradyanlar (DGT) yöntemi ile belirlenerek mevcut kirliliğin kalite standartlarına göre değerlendirilmesi ele alınmıştır. [Batur \(2023\)](#) tarafından yapılan çalışmada, balıkçı barınaklarındaki su ürünleri kalıntılarının deniz kirliliğine etkisi ele alınmıştır. [Şener vd. \(2020\)](#), tarafından yapılan çalışmada, Antalya'nın Kaş

ilçesinin kirlilikten etkilenmesi mümkün kıyı bölgesinde farklı lokasyonlardan aylık zaman diliminde alınan deniz suyu örneklerinin fiziksel-kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesi incelenmiştir. Ayrıca, su kalite parametrelerinin istatistiksel analizi de yapılmıştır. [Berov ve Klayn \(2020\)](#) çalışmalarında, 2019 yılına ait veriler ile Bulgaristan'ın Karadeniz'e kıyısı olan bölgelerinden plastik kirlilik seviyesini incelemişlerdir. Sonuçlara göre, bölgelerde mikro plastik yoğunluğunun fazla olduğu ve bu yoğunluğun Baltık Denizi ve Karadeniz'in diğer bölgelerindeki deniz kirliliğinden çok daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca araştırmacılar, Karadeniz'deki kirliliğinin izlenmesi için deniz kirliliğinin mevcut kapsamı ile konumsal durumunun detaylandırılması için Karadeniz'de deniz kirliliği ile ilgili daha fazla araştırma ve geliştirme yapılması gerektiğini ifade etmişlerdir. [Sancak \(2019\)](#) tarafından yapılan çalışmada, Karadeniz'in etkisi altında kaldığı sanayi kirliliği ve diğer çeşitli kirlilik etkenlerinin, su ve dip yapısı DGT yöntemi ile belirlenerek mevcut kirliliğin kalite standartlarına göre değerlendirilmesi ele alınmıştır.

Karadeniz'de kirliliğin oluşumu veya oluşan bir kirliliğin birikiminin engellenmesi, çevre denizlerimizin temizliği ve bölgede yaşayan insanların sağlığı açısından önem arz etmektedir. Bu nedenle deniz kirliliğinin tespitinde kullanılan başlıca yöntemlerden olan sondaj ve numune alma, uzaktan algılama, deniz yüzeyinde ve yer altında yer alan sensör ağları, yerinde gözlem için gemilerin kullanılması ve suyun biyolojik yapısının incelenerek bir kirliliğin tespit edilmesi ve sonuca varılmasının zaman alacağı değerlendirilmiştir. Yapılan bu çalışma üç temel aşamadan oluşmaktadır: İlk aşamada, Karadeniz akıntı hızına ait değerlerin elde edilmesi ve işlenmesi, ikinci aşamada, elde edilen akıntı profilinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile analizi ve görselleştirilmesi, son aşamada ise mevcut kirliliğe ait değerlerin zamansal olarak modellenmesi gerçekleştirilmiştir.

2. Veri ve Yöntem

Karadeniz kıyılarında herhangi bir noktada meydana gelen kirliliğin yayılım durumunun incelenmesi ve bunun sonucunda daha hızlı müdahale edilerek, çevresel kirliliğin önlenmesi önemlidir. Bunun için gelişen bilim ve teknolojiyi kullanarak daha doğru sonuçlar elde edilmelidir. Bu çalışmada, deniz yüzeyinde meydana gelen bir kirliliğin tespit edilmesinde akıntı değerlerinin aylık ve yıllık profilleri, Karadeniz'e ait batimetri profili ve Karadeniz'in hidrografik yapısı incelenmiştir.

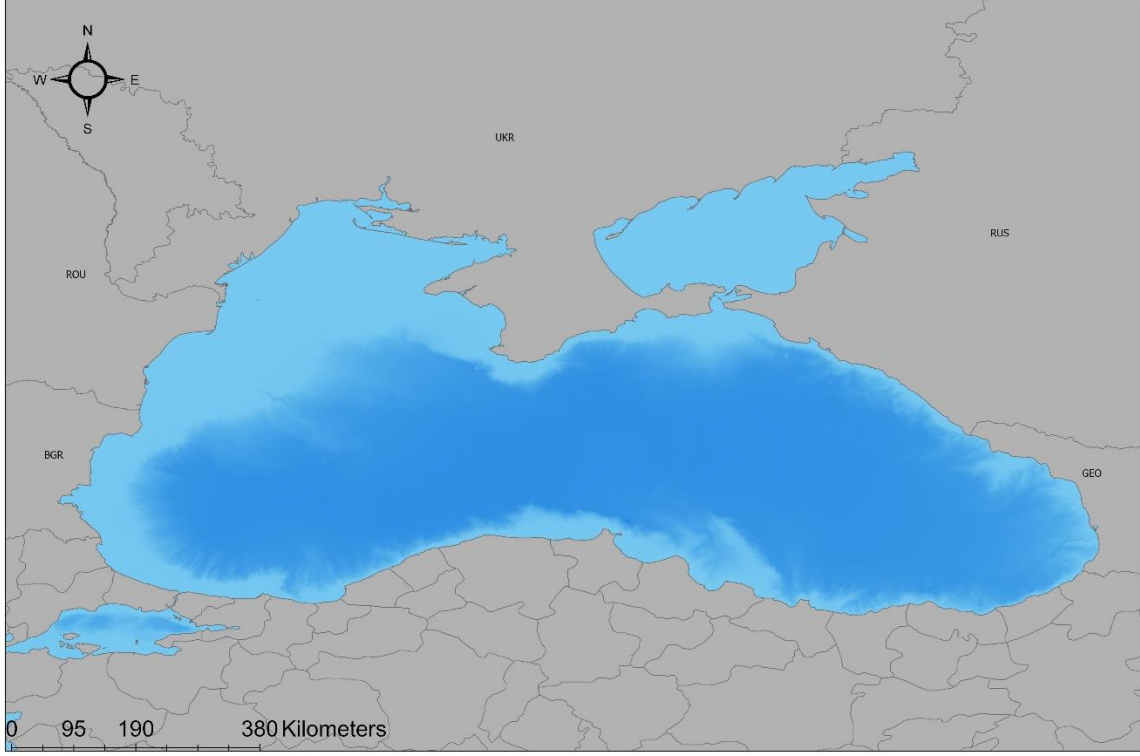
2.1 Çalışma Alanı ve Kullanılan Veriler

Karadeniz hem konumu hem de jeopolitik önemi dolayısıyla çalışmanın temelini oluşturan kirlilik tespiti için uygun bir bölge olarak değerlendirilmiştir. Karadeniz'e ait genel sualtı dip yapısı incelendiğinde daha keskin yükseklik farkları olması ve bu durumun akıntı değerlerine etkisinin daha fazla olması sebebiyle çalışma alanı olarak belirlenmiştir (Şekil 1). Çalışma alanında kullanılan veriler açık kaynak "Marine Copernicus" ([URL-3](#)) ve "gebcos" ([URL-4](#)) verilerinden yararlanılarak elde edilmiştir. Bu çalışmada; batimetri, akıntı, deniz dip yapısı ve Karadeniz'in hidrografik yapısı kriterleri kullanılmıştır.

2.1.1 Batimetri Profili

Bir bölgedeki derinlik değişimlerinin grafik ve diyagramlar ile gösterilmesine batimetri profili denilmektedir. Akıntılar, sualtında yer alan sırtlardan veya deniz dağlarından geçemez ve bu nedenle derin akıntılar büyük batimetrik özellikler taşır ([Gille & Smith, 2003](#)). Özellikle yüzey ve derin suların benzer yoğunluklara sahip olduğu yüksek enlemlerde, jeofiziksel akışlar, Dünya'nın dönüşü nedeniyle dikey olarak tutarlı (veya barotropik) olma eğilimindedir. Sonuç olarak, yüzeye yakın akıntılar, derin akıntılar ile kabaca aynı yönde hizalanma eğiliminde olup, deniz tabanındaki tümsekler ve çukurlar etrafında dönerek eşit derinlikteki seviyeleri takip etme eğilimindedir. Karadeniz'e ait batimetri profili incelendiğinde ani derinlik değişimleri olduğu dip yapısının vadi ve sırtlardan oluştuğu görülmektedir.

ÇALIŞMA ALANI



Şekil 1: Çalışma alanı

2.1.2 Akıntı Profili

Akıntı profili; akıntı değerlerinde meydana gelen değişimlerin grafik ve diyagramlar ile gösterilmesine denir. Karadeniz, 1000 km uzunluğa ve 400 km genişliğe sahip olmakla beraber, Asya ile Avrupa kıtaları arasında yer alan yarı kapalı bir iç denizdir. Karadeniz’de birbirinden keskin bir yoğunluk ara yüzeyi ile ayrılan iki tabakalı su kütleli yapısına uygun olarak iki tabakalı bir dolaşım sistemi bulunmaktadır. Bu dolaşım sistemi ele alındığında Karadeniz’in sahip olduğu akıntı yönünün kıyı boyunca siklonik (saat yönünün tersine) dolaşmakta olduğu görülmüştür. Marine Copernicus açık kaynaktan sunulan veriler ile Karadeniz’de günlük, aylık ve yıllık akıntı yönleri alınarak genel bir profil elde edilmiştir. Denizde meydana gelen kirliliğin nedenleri; deniz kıyılarında kurulan sanayi tesisleri, boru hatları, meydana gelen gemi trafiği ve deniz üzerinde oluşan denizel akıntılardır. Kirlilik oluşumuna etkisi incelendiğinde en önemli etkenin akıntı olduğu kaçınılmazdır. Bir bölgede meydana gelmiş olan bir kirliliğin yayılım yönünü ve hızını deniz yüzeyinde oluşan akıntı profili belirlemektedir.

2.1.3 Deniz Dip Yapısı

Karadeniz’in deniz tabanı, karmaşık bir jeolojik yapıya sahiptir. Karadeniz’in genel olarak batı kıyıları, doğu kıyılarına göre daha derindir ve bu farklı derinlikler, deniz tabanının oluşumunda rol oynayan jeolojik süreçlerin sonucudur. Karadeniz Havzası’nın yaklaşık %70’ine denk gelen iç derinliği 2000 m’yi aşan düz bir topoğrafyadan oluşmakta olup kalan kesim ise dik bir eğim ile kıta sahanlığına bağlanmış olarak havzanın etrafını çevrelemiştir. Kıta sahanlığı çoğunlukla çok dar (yaklaşık 20-30 km genişliğinde) olup, sadece kuzeybatı yönünde geniş bir alanı içermektedir. Karadeniz kuzeybatı kıta sahanlığı olarak adlandırılan bu geniş ve ortalama derinliği 50 m olan sığ bölge batı kıyısı boyunca güneye doğru giderek daralmakta ve İstanbul Boğazı’nın doğusundaki Sakarya Deltası açıklarında sona ermektedir.

2.1.4 Karadeniz’in Hidrografik Yapısı

Karadeniz, soğuk ve tuz miktarı az olan suların, daha sıcak ve tuzlu suların üzerinde yer aldığı özel bir tabakalaşma yapısı

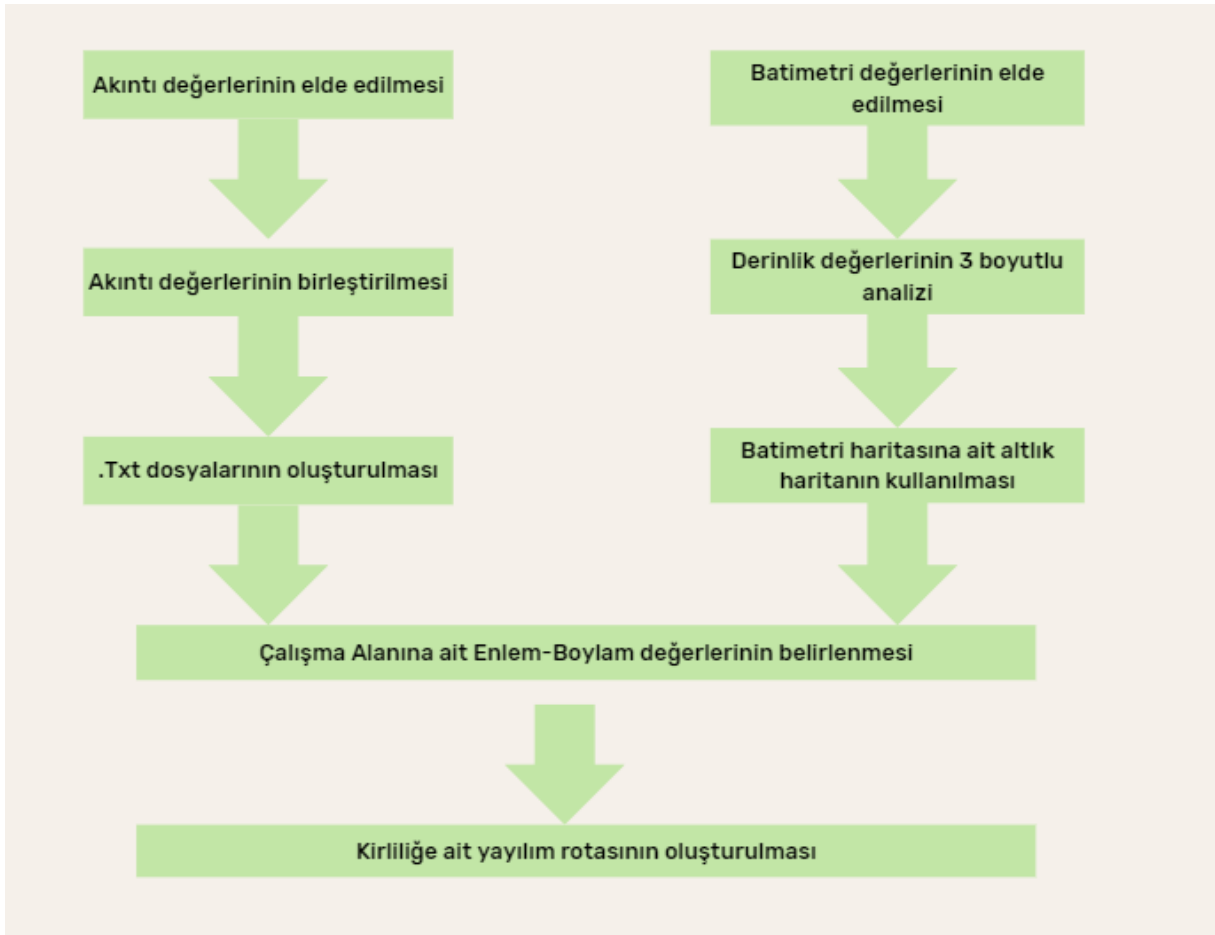
gösterir. Akarsu ve göllerden beslenmesi sebebiyle yüzeyde az tuzlu sular tatlı su girdisinin fazla olması ile oluşmuştur, daha derinlerde yer alan tuzlu sular ise Akdeniz etkisi altındadır. Kış mevsiminde mevsimsel soğuk yüzey suları nedeniyle yüzeydeki su soğur ve buharlaşma kış süresince çok fazla miktarda azalır ve kuru hava kütleleri hâkim olur. Kış mevsiminde, kuvvetli ve sürekli var olan rüzgârların, güçlü akıntılar oluşturduğu ve doğu-batı yönünde bir sirkülasyona neden olduğu görülmüştür. Merkez basenin yukarısına doğru ve altına doğru akıntılarının olduğu görülmüştür. Yaz mevsiminde ise; sirkülasyonların zayıf ve iki tane merkez basende yayılmış siklonik döngünün mevcut olduğu belirlenmiştir. Önceki çalışmalar, Karadeniz’de 40-80 km genişliğinde çevresel bir akıntı olduğunu göstermiştir. Bu akıntıya rip akıntısı denilmektedir. Bu rip akıntısının hızı üst katmanda yaklaşık 40 cm/sn olup, 100 m derinlikte ise hızı yaklaşık %50 azalmaktadır. Daha aşağı katmanda ise hızının yaklaşık 10 cm/sn olduğu görülmüştür.

2.2 Yöntem

Bu çalışmada, ilk olarak verilerin elde edilmesi ve bu verilerin kullanıma uygun hale getirilmesi işlemlerini kapsayan ön işleme adımı gerçekleştirilmiştir. Bu adımda; Karadeniz Bölgesi’ne ait akıntı verileri netcdf (.nc) formatında elde edilmiştir. Bu akıntı verilerine tek bir dosyada birleştirme işlemi yapılarak dosyanın okuma işlemi daha hızlı hale getirilmiştir. Daha sonra Karadeniz’e ait batimetrik değerlerin analizi için Karadeniz Bölgesi’ne ait batimetri değerleri elde edilmiştir. İkinci aşamada; Karadeniz’e ait batimetrik profil, ARCGIS PRO’nun 3 Boyutlu analizi kullanılarak oluşturulmuştur. Son olarak, olası bir deniz kirliliğinde oluşum noktasını baz alarak kirliliğin ilerleme rotasını hesaplayan bir çözüme ilişkin kod, Python programlama dili kullanılarak yazılmıştır. Şekil 2’de iş akış diyagramı verilmiştir.

Karadeniz’de herhangi bir noktada oluşan kirliliğin yayılım rotası ve hızını belirli bir modelleme ile yapmak mümkündür. Karadeniz’in kirliliğinin analizine ait yapılacak bu çalışmada CBS tabanlı ARCGIS Pro uygulaması ile Python yazılım dilinin entegrasyonu kullanılmıştır. Modellemenin oluşum aşamaları 4 madde ile özetlenebilir:

- 1) Marine Copernicus verileri ile Karadeniz Bölgesi’ne ait saatlik akıntı verilerinin netcdf (.nc) formatında elde edilmesi,
- 2) Elde edilen akıntı verilerinin tek bir akıntı verisine dönüştürülmesi,
- 3) Karadeniz’deki bir noktanın enlem ve boylam değerleriyle birlikte kullanılan verinin zaman aralığına kadar herhangi bir kirliliğin hareketinin Python dili ile oluşturulan kod ile belirlenmesi,
- 4) Python dilinde geliştirile kod ile ARCGIS Pro üzerinden görselleştirme çalışmalarının yapılarak Türkiye’nin kıyılarına etkisinin analizidir.



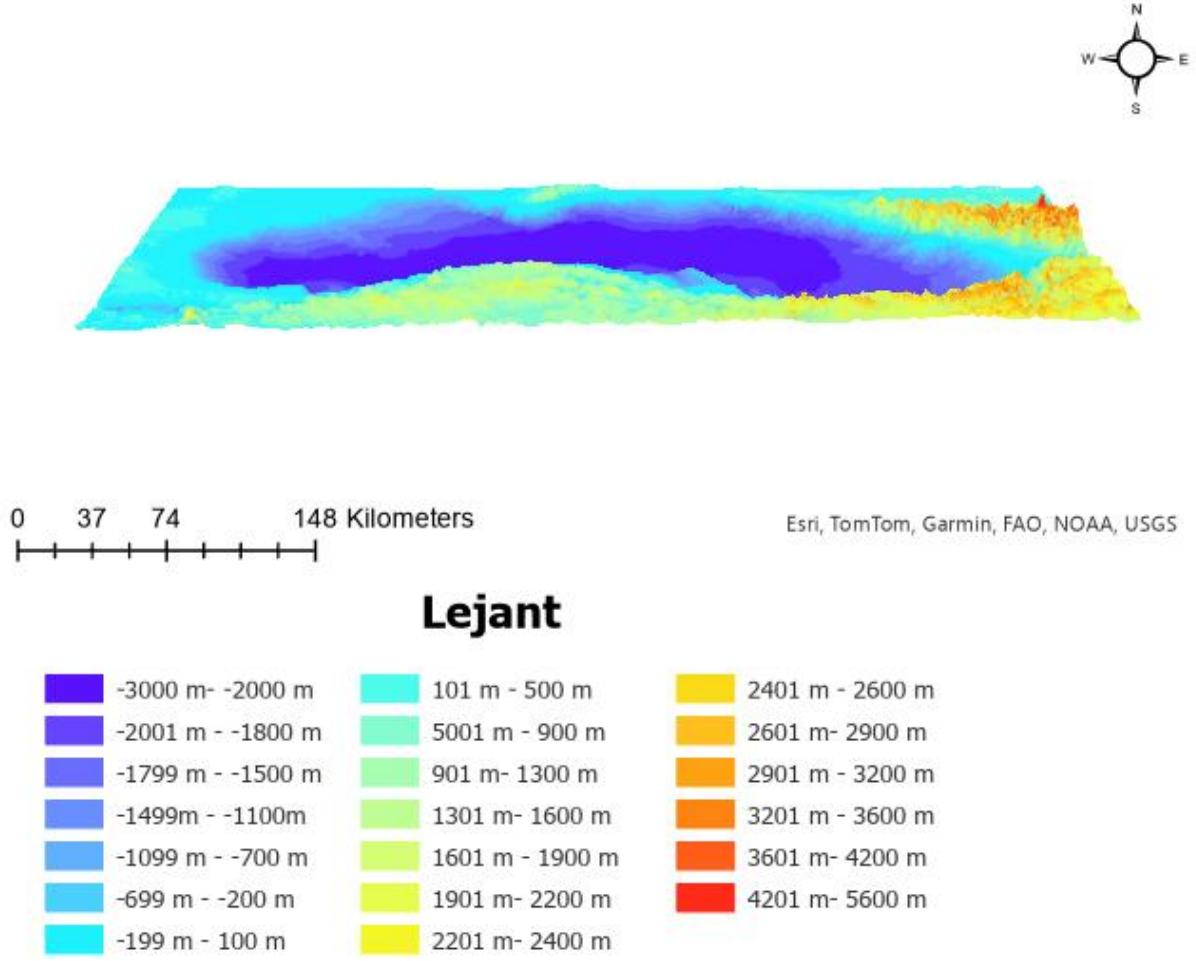
Şekil 2: İş akış diyagramı

3. Bulgular

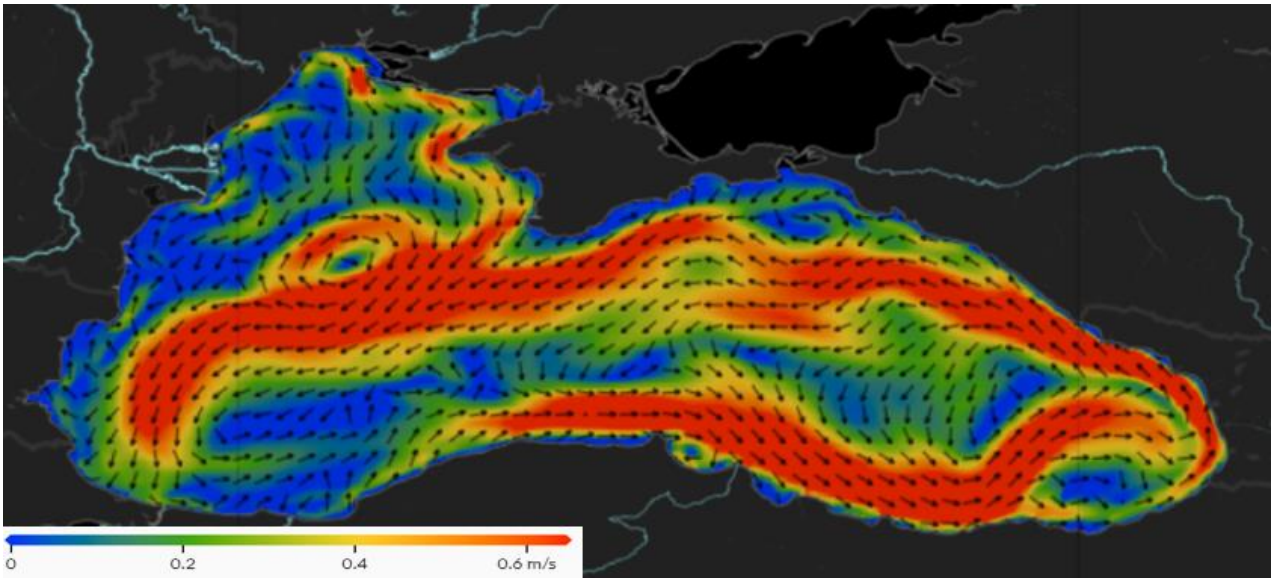
Bu çalışmada, Karadeniz'in batimetri ve akıntı değerleri göz önüne alınarak herhangi bir noktada oluşacak kirliliğin erken tahmin ve tespiti sağlanmıştır. Python programlama dili ile farklı formatlarda olan akıntı ve rüzgâr parametreleri kullanılarak elde edilen sonuç Karadeniz'in batimetri değerleri ile karşılaştırılmış ve analiz sonuçlarının programlama dilinin göstermiş olduğu tahmin görseli ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Batimetri değerinin değişim değerleri göz önüne alınarak Orta Karadeniz'de Giresun bölgesi başlangıç noktası baz alınarak oluşacak bir kirliliğin batimetri ve akıntı değerlerinin etkisi ile ilerleme rotası oluşturularak kirlilik tespiti analiz edilmiştir. Şekil 3'te elde edilen batimetri verileri incelendiğinde, Karadeniz kıyı kesimlerinden başlayarak orta Karadeniz açıklarında batimetri değeri artma eğilimi göstermektedir. Karadeniz'in 3B görüntüsü ele alındığında derinliklerin orta Karadeniz bölümünde kıyıya daha yakın bölgede arttığı görülmekte olup, elde edilen görüntü renklendirilerek görselleştirilmiştir.

Şekil 3'te batimetri profilinin 3B görünümü verilmiştir. Derinlik değerleri incelendiğinde akıntı yönü 2000 m eğrisi içerisinde değişimi daha az iken 2000 m eğrisi dışında değişimler daha sık olmaktadır. Karadeniz'e ait genel yıllık ve aylık akıntı profilleri incelendiğinde (Şekil 4 ve Şekil 5) akıntı yönünde anlık değişimlerin dışında bölgesel akıntı çevrimleri oluşmaktadır. Akıntı yönü Karadeniz'de saat yönü tersine, akıntı değeri ise kıyıya yakın yerlerde daha fazla olmaktadır. Karadeniz'in hidrografik ve sualtı jeolojik yapısı incelendiğinde deniz tabanındaki yükseklik ve derinlik değişimleri, suyun hareketi üzerinde doğrudan etkilidir. Sığ alanlar genellikle akıntı hızını artırırken, derin alanlar akıntı hızını yavaşlatmakta veya yönlendirebilmektedir. Kıyıların su sıcaklık farklarından kaynaklanan yoğunluk değişimleri ve daha sıcak ile daha soğuk sular arasındaki farklar, suyun hareket etmesine ve sonuç olarak kıyı kesimlerindeki akıntı miktarının artmasına neden

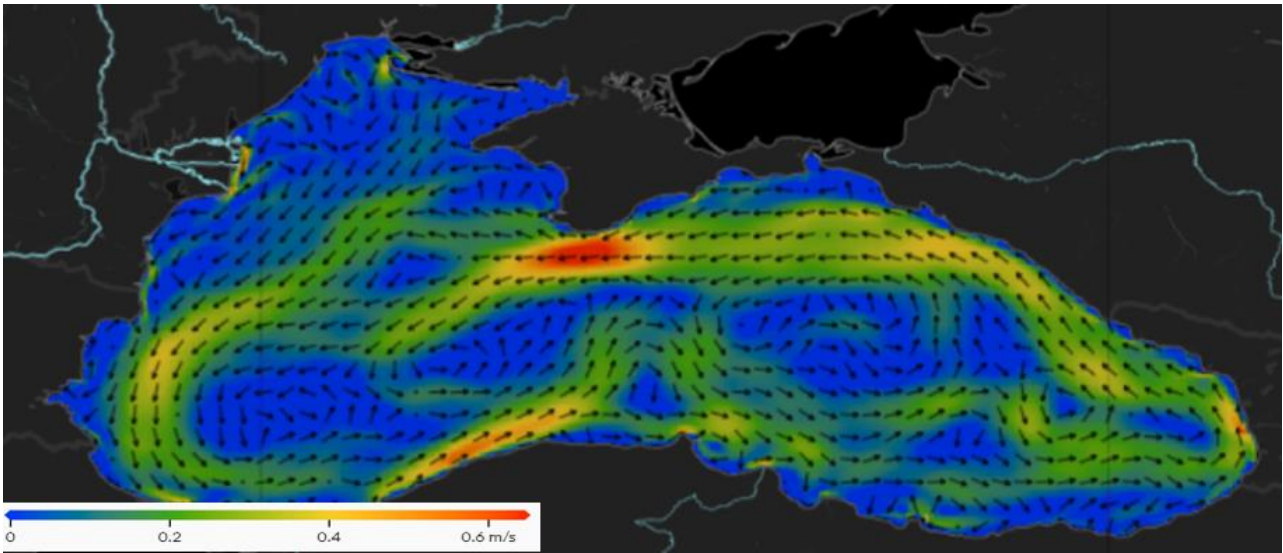
olmaktadır. Lejantta yer alan renklendirmeler yükseklikler arasındaki farkı göstermekte olup yükseklik miktarı arttıkça koyu mavi renginden kırmızı renge doğru bir renk değişimi olmaktadır.



Şekil 3: Batimetrinin 3B görünümü



Şekil 4: Karadeniz'in 2023 yılına ait akıntı profili



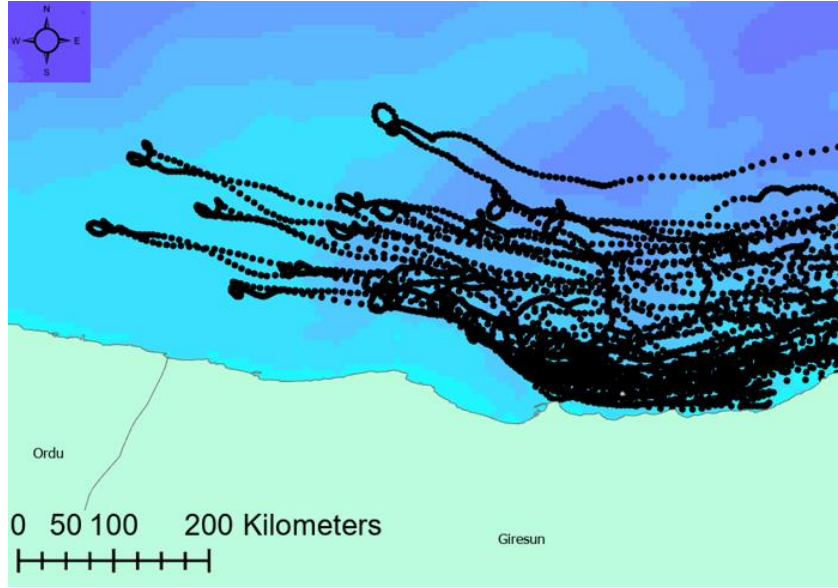
Şekil 5: Karadeniz'in Ocak ve Şubat 2023 tarihine ait akıntı profili

Şekil 4'te yer alan veriler 2023 yılının 12 aylık ortalama akıntı hızı değerleri alınarak oluşturulan akıntı profilidir. Şekil 5'te ise 2023 yılının Ocak ve Şubat ayına ait ortalama akıntı profili gösterilmekte olup her iki şekilde yer alan oklar akıntı yönünü, lejantta yer alan renklendirmeler ise akıntı hızını göstermektedir. 2023 yılına ait 12 aylık veriler aylık olarak ayrı ayrı incelenmiş olup her ayın akıntı profilinin aynı hareketi yaptığı görülmüştür. Veri boyutunun çok büyük olması sebebi ile sadece 2023 yılının Ocak ve Şubat ayı verileri kullanılmış ve Karadeniz genel akıntı profilinin 12 aylık verileri ile uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrı dosyalar halinde indirilen Ocak ve Şubat ayı verileri yazılan kod ile birleştirilerek tek bir veri dosyası elde edilmiştir. Bu dosyalar görüntüleme ve birleştirme işlem adımlarından sonra tek bir dosya olan "current.nc" dosyasına dönüştürülmüştür. Python programlama dili kullanılarak gerçekleştirilen işlem adımlarına örnek olarak kirlilik analizine ait Python sözde koduna ait örnek gösterimde gruplama/sayma, nokta seçme, koordinat dönüşümleri, hesaplama ve döngü analizleri kullanılmıştır (Tablo 1).

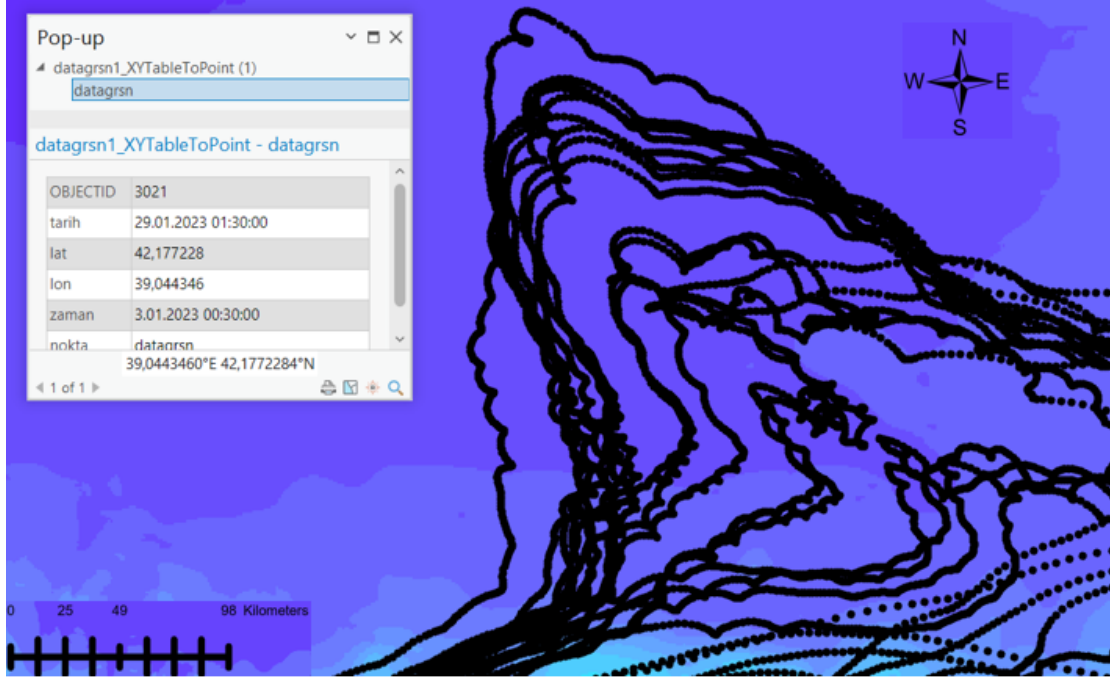
Tablo 1: Kirlilik analizine ait Python sözde koduna ait örnek gösterim

Satır numarası	Kod
1	<code>import pandas as pd // Program kütüphanelerini tanı</code>
6	<code>os.chdir("D:/kod/") // Oluşturulacak dosyanın yolunu göster</code>
7	<code>// Akıntı verisini .nc formatında kaydet</code>
8	<code>// Veri setini gruplara ayır</code>
9	<code>// İşlenecek verilerin zaman aralığını belirle</code>
12	<code>// Kirlilik analizinin yapılacağı noktaya ait enlem ve boylam değerlerini gir</code>
14	<code>// Kirlilik analizinin yapılacağı tarihi belirle</code>
17	<code>// İşlem sürecini başlat</code>
20	<code>// Enlem ve boylam değerlerinin derece cinsinden dönüşümünü yap</code>
35	<code>// En yakın nokta analizini kullan</code>
43	<code>// Koordinatları .txt dosyasına yazdır</code>
45	<code>// İşlem sonucunu yazdır</code>
47	<code>End</code>

Karadeniz'de kirlilik oluşumunun başlamış olduğu herhangi bir noktanın enlem ve boylam bilgileri derece cinsinden değeri alınarak .txt formatına dönüştürülmektedir. Oluşturulan dosya XY bilgileri ile oluşan kirlilik yayılımı tespit edilmiştir. Şekil



Şekil 7: Kirliliğin noktasal analizi



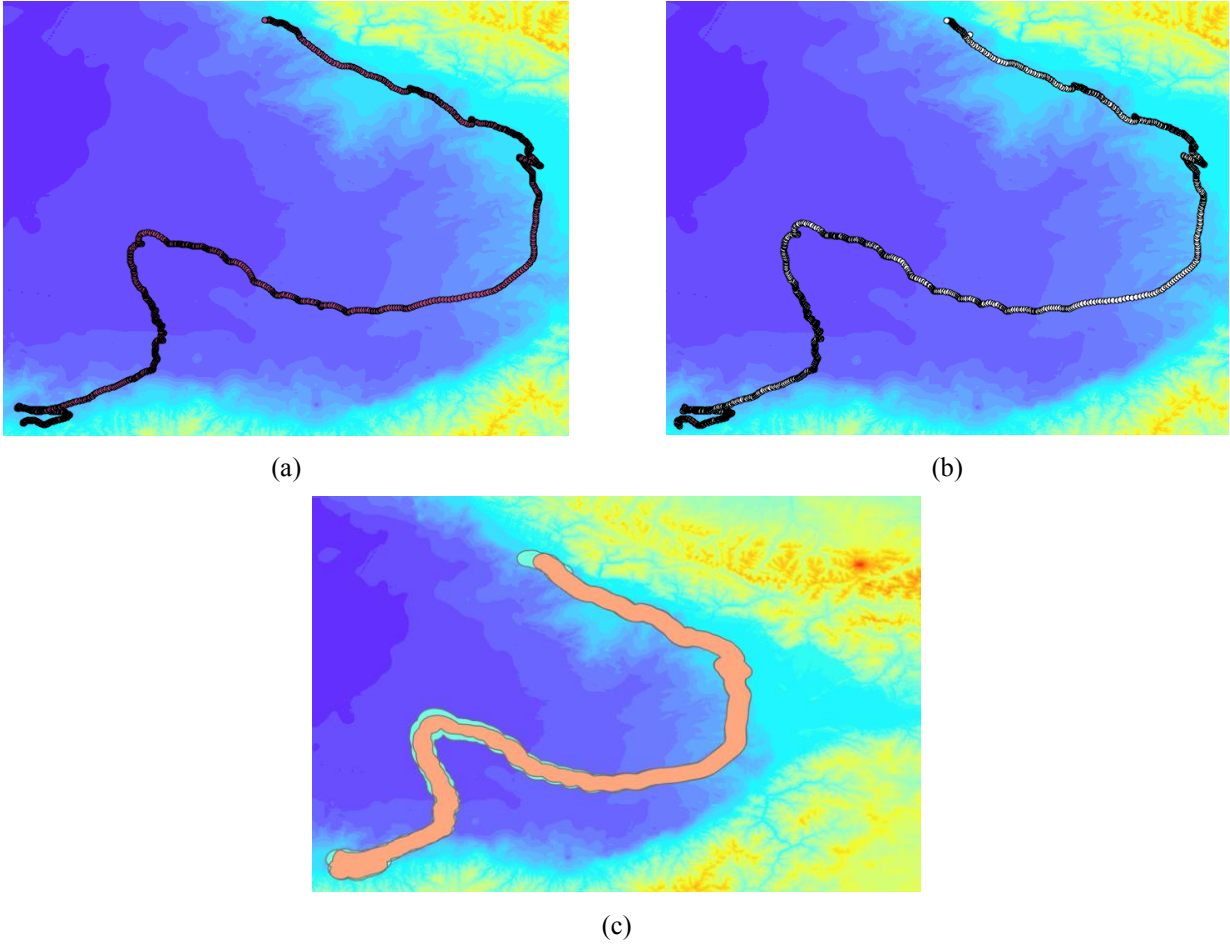
Şekil 8: Noktasal özellikler

3.1 Doğruluk Analizi

Kirlilik analizi tespitinde önerilen modelin doğruluk analizi için yaygın olarak kullanılan Jaccard indeksi olarak adlandırılan Intersection Over Union (IoU) metriği kullanılmıştır. Doğru sınıflandırılan noktaların o sınıftaki toplam gerçek ve tahmin edilen nokta sayısına oranıdır (Eşitlik 1). Bu metriğin hesaplanabilmesi için öncelikle referans verinin oluşturulması gerekmektedir. Python programlama dili ile yapılan kirlilik tespit analizi sonucu ile manuel hazırlanan referans veri karşılaştırılmıştır. Bu aşamada, Ocak ve Şubat ayına ait saatlik akıntı değerleri ile kirliliğin 1 gündeki ilerleme değerinin m/s cinsinden rotası hesaplanmıştır (Şekil 9a). Aynı tarihli veriler kullanılarak önerilen model ile elde edilen kirlilik rota analizi ise Şekil 9b'de verilmiştir. Model doğruluğu için toplam 1320 nokta kullanılmıştır. Şekil 9c'de her iki rotanın karşılaştırılması için tampon analizi uygulanmıştır. Şekil 9c ve Eşitlik (1) kullanıldığında IoU %85 olarak hesaplanmıştır.

$$IoU = \frac{TP}{(TP+FN+FP)} \quad (1)$$

Burada TP doğru pozitif sayısını, FN yanlış negatif sayısını, FP yanlış pozitif sayısını ifade etmektedir.



Şekil 9: (a) Manuel analiz, (b) Python analizi, (c) Manuel ve Python sonuçlarına ait tampon analizi (■ Kesişim, ■ Birleşim)

4. Sonuçlar ve Öneriler

Batı Karadeniz’de batimetri değerleri daha sığ, Orta Karadeniz açıklarında batimetri değerleri en derin, Doğu Karadeniz kesiminde ise Batı Karadeniz’e göre daha derin olduğu tespit edilmiş olup, genel batimetri görünüşünde ise kuzeyden güneye inildikçe batimetri değerleri artmaktadır. Böylece elde edilen akıntı profili incelendiğinde batı Karadeniz kıyılarından kuzey yönünden güneye doğru bir akıntı yönünün olduğu ve bu akıntı yönünün batimetri değerlerinin artış gösterdiği noktalarda oluşan derinliklerden etkilenerek daha sığ olan bölgelere doğru eğim yaptığı tespit edilmiştir.

Deniz yüzeyinde oluşabilen kirliliğin tespiti için yapılan araştırmalarda genel akıntı profili baz alınarak mevcut kirliliğin dağılım yönü tahmin edilebilmektedir. Zamansal olarak konum tespitinin de yapılabildiği bu model önlemlerin daha hızlı ve etkili alınmasına çözüm sağlamaktadır. Bu bağlamda, gerçek akıntı verilerinin programlama dili kullanılarak yapılan kodlama, bilimsel bir gerçeklik temeline oturtulmuş, insan gücü ve maliyetin azalmasına katkı sağlamıştır. Karadeniz’in tamamı çalışma alanı olarak ele alınmış olsa da kullanılan verilerin yüksek boyutlu olması sebebiyle Ocak ve Şubat ayına ait toplam 60 günlük 1416 adet (31x24+28x24) akıntı verisi kullanılarak yıllık bazda verilerin sadece %15’ini kapsamış olduğundan, kirlilik yayılım durumunda Karadeniz’in yaklaşık %25’lik bölümü görsel hale getirilebilmiş olup toplam 5800 km kıyı şeridinde sahip olan Karadeniz’in doğu kıyılarından 1200-1500 km’si analiz edilmiştir. Bu çalışmada; deniz

akıntılarının zaman içerisindeki değişimini izlemek ve belirli bir noktaya olan mesafesini ölçmek için meydana gelebilecek deniz yüzey kirliliğinin belirlenmesinde kullanılan gruplama/sayma, nokta seçme, koordinat dönüşümleri, hesaplama ve döngü analizleri kullanılmıştır. Yılın tüm ayları ele alındığında kullanılan veri boyutu artarak istenilen tarih ve bölgenin tamamının analizi yapılabilmektedir. Oluşturulan referans veri ile önerilen model karşılaştırıldığında modelin doğruluğu %85 olarak elde edilmiştir. Yapılan literatür taramaları incelendiğinde hem batimetri hem de akıntı değerlerinin bir model üzerine inşa edilerek programlama dili vasıtasıyla analizinin yapılmasına ait bir çalışma bulunmamakla beraber benzer bir modelleme yapılmadığı görülmüştür. Bu nedenle yapılan bu modellemenin kullanılan kriterler göz önüne alındığında Python programlama dili ile yüksek doğruluk ve hızlı çözüm sunduğu görülmüştür.

Bu çalışmada önerilen yöntem, deniz yüzeyinde oluşacak kirliliğin tespitinde başarılı bir performans göstermiştir. Bu yöntemin geliştirilmesi ile akıntı ve batimetri değerlerine ek olarak bölgenin hava şartları, dalga boyutu ve diğer matematiksel olarak hesaplanabilecek değerlerinin de çalışmaya dâhil edilmesi mümkündür.

Yazar Katkısı

Muhsin Kanbaz: Fikir, Literatür taraması, Veri toplama, Analiz ve yorumlama, Yazım. **Meliz Uzar:** Tasarım, Literatür taraması, Analiz ve yorumlama, Makale değerlendirme, Denetleme.

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Kaynaklar

- Aklavli, T., & İlhan, S. (2022). Deniz kirliliği ve tatlı su boşalım alanlarının araştırılmasına yönelik çalışmalar: Gökova Körfezi (Muğla-Güneybatı Akdeniz Bölgesi). *MTA Dogal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, s.38.
- Alkan, A., Serdar, S., & Fidan, D. (2008). Kirlilik ve Karadeniz. *SÜMAE Yunus Araştırma Bülteni*, 8(1).
- Alsharif, A. (2021). *Petrol kirliliğinin deniz üzerine etkisinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye.
- Anthony, D., Siriwardana, H., Ashvini, S., Pallewatta, S., Samarasekara, S. M., Edirisinghe, S., & Vithanage, M. (2023). Trends in marine pollution mitigation technologies: Scientometric analysis of published literature (1990-2022). *Regional Studies in Marine Science*, 103156.
- Aydın, O. (2009). *Kıyusal Sularda Petrol Kirliliğinin Sayısal Modellemesi* (Yüksek Lisans Tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- Batur, İ. (2023). *Balıkçı barınaklarındaki su ürünleri kalıntılarının deniz kirliliğine etkisi ve giderme yöntemleri* (Yüksek lisans tezi). Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye.
- Berov, D., & Klayn, S. (2020). Microplastics and floating litter pollution in Bulgarian Black Sea coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 156, 111225.
- Derraik, J. G. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine pollution bulletin*, 44(9), 842-852.
- Eronat, A. H. (2019). Farklı kaynaklı uydu görüntüleri kullanarak Bakü (Azerbaycan) kıyılarındaki petrol kirliliğinin gözlenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 21(61), 47-54.
- Gille, S. T., & Smith, S. L. (2003). Bathymetry and ocean circulation. *Charting the Secret World of the Ocean Floor: The GEBCO Project 1903-2003*.
- Gürbüz, O. (2010). *Karadeniz kıyılarımız boyunca hidrografik değişimler* (Yüksek Lisans Tezi). Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

- Ilgar, R., Güven, K., & Güven, K. C. (2013). Çanakkale Boğazı petrol kirlilik düzeyinin saptanması. *Marmara Coğrafya Dergisi* (15), 117-130.
- İnan, A. (2011). İskenderun Körfezi'nde Petrol Kirliliğinin Modellenmesi. *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University/Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(2).
- Kahraman, B. (2018). *Ticaret gemilerinden kaynaklanan petrol kirliliğinin hukuki sonuçları* (Yüksek Lisans Tezi). Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir Ekonomi Üniversitesi, İzmir, Türkiye.
- Öncü, F., Yüce, A. M., Tapan, B. Ö., & Abdi, M. H. S. (2021). Çevresel Etkiler ve Türkiye Deniz Ekosistemleri. *Şehir Sağlığı Dergisi*, 2(2), 68-71.
- Özdemir, Ü. (2012). Türkiye'de gemilerden kaynaklı deniz kirliliğinin incelenmesi. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 1(2), 373-384.
- Sancak, Ş. (2019). *Orta Karadeniz kıyı şeridinde su ve sediman kirliliğinin araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye.
- Sesal, C. (2009). *Rekreasyon Alanlarını Kirletici Kaynaklarının q-PCR Yöntemi ile Belirlenmesi*. Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Shaban, A. (2008). Use of satellite images to identify marine pollution along the Lebanese coast. *Environmental Forensics*, 9(2-3), 205-214.
- Şener, Ş., Şener, E., & Varol, S. (2020). Kaş (Antalya) kıyı bölgesinin mikrobiyolojik kirlilik değerlendirilmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(3), 753-765.
- Tırmanoğlu, B. (2022). *Uzaktan Algılama Teknolojileri Kullanılarak denizlerde Kirliliğin İzlenmesi: Marmara Denizi Örneği* (Yüksek Lisans Tezi). Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Tombul, S., Tükenmez, E., Oksuz, M., & Altıok, H. (2023). Predicting the Trajectories of Drifting Objects in the Eastern Mediterranean Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 24(1).
- URL-1: Ocean Pollution: Causes, Effects and Prevention (2023). <https://www.texasdisposal.com> (Erişim tarihi: 13 Ocak 2024).
- URL-2: Türkiye Denizlerinde Kirlenme. <https://tudav.org/calismalar/kirlilik/turkiye-denizlerinde-kirlenme> (Erişim tarihi: 13 Ocak 2024).
- URL-3: <https://marine.copernicus.eu> (Erişim tarihi: 13 Ocak 2024).
- URL-4: GEBCO Compilation Group (2023). GEBCO 2023 Grid. <https://download.gebco.net> (Erişim tarihi: 13 Ocak 2024).

Arazi ve arsa düzenlemesinde kamulaştırma amaçlı tahsis yaklaşımının incelenmesi

Ahmet Yılmaz^{1*} , Oytun Yılmaz¹ 

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

Öz: Ülkemizde arazi ve arsa düzenlemesi (AAD) yakın zamanda tüzede yapılan değişikliklerle imar planlarının gerçekleştirilmesinde temel uygulama aracı haline gelmiştir. Bu değişiklikler yeni tartışmaları beraberinde getirmiş ve bazıları henüz tam olarak uygulanamadan ve etkinliği anlaşılamadan yargı kararlarıyla yürütmeleri durdurulmuştur. Bu çalışmada 2019-2020 yıllarında yapılan yasal değişikliklerle ilk defa uygulamaya konan düzenleme sırasında yasal sınırı aşan kısımların kamulaştırılmak üzere tahsis edilmesi yaklaşımı ele alınmıştır. Bu yaklaşım, yasal sınırın üzerindeki umumî hizmet alanlarının parselasyon planının tescilinden itibaren beş yıl içerisinde kamulaştırılmak üzere maliklere tahsis edilmesini içermekte iken Danıştay Altıncı Dairesinin 08/06/2021 tarihli ve E: 2020/5904 sayılı kararıyla uygulanamaz hale gelmiştir. Bu kararlar birlikte AAD uygulamalarında kamulaştırılmak üzere tahsis uygulamasının nasıl yürütüleceği belirsiz hale gelmiştir. Bu çalışmada yasa değişikliğiyle getirilen ancak yargı kararıyla yürütmesi durdurulan yasal kesinti miktarını aşan kısımların edinim yöntemi olarak düzenlenen kamulaştırılmak üzere tahsis uygulaması incelenmiştir. Çalışmanın yöntemi olarak örnek olay çalışması benimsenmiş ve kamulaştırılmak üzere tahsis uygulamasının olası sonuçları örnek olaylarda incelenerek ortaya çıkabilecek sorunlar tartışılmıştır. Çalışmanın başlıca sonuçları olarak kamulaştırılmak üzere tahsis yaklaşımında tahsise konu olacak fonksiyonun belirlenmesinde aynı fonksiyondan birden fazla olması ya da ana fonksiyon içerisinde yer alan farklı umumî hizmet alanlarının varlığı gibi durumlarda belirsizlikler taşıdığı tespit edilmiştir. Bu belirsizliklerin hangi maliklerin taşınmazlarının kamulaştırma konusu olacağı ya da hangi kurumların kamulaştırma yükü altında kalacağı gibi yeni belirsizlikleri doğuracağı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek fonksiyonun taşınmazların belirli bir orandan daha fazla alana denk gelecek şekilde çakışması gibi durumlarda uygulama tasarımının hesap doğruluğu sağlayamadığı ve mevcut tüze ile ve yargı kararlarına aykırılık oluşturduğu ortaya konmuştur. Bu sonuçlar doğrultusunda kanun koyucunun olası uygulama tasarımları irdelenerek daha önce denenmiş ancak birçok sorunun ortaya çıkmasına sebep olan yöntemler yerine uygulamalarının finansman yapısının iyileştirilmesine yönelik yeni bir uygulama tasarımının yapılması gerektiği tartışılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Arazi ve arsa düzenlemesi, İmar planı uygulaması, Kamulaştırma, Mülkiyet hakkı

An analysis of the allocation for expropriation approach in land readjustment

Abstract: In Türkiye, land readjustment (LR) has become the primary implementation tool for spatial plans due to recent legislative changes. These revisions have brought new debates, some of which have been suspended by legal decisions before their effectiveness could be fully understood. This study discusses the allocation for expropriation approach implemented for the first time during land readjustment, which was introduced with the legislative changes in 2019–2020. In this approach, public service areas above the legal allowable deduction limit are allocated based on their spatial location to the landowners for expropriation. However, this approach has become unenforceable due to the decision of the Sixth Chamber of the Council of State on June 8, 2021 (E: 2020/5904). As a result, it is unclear how the allocation for expropriation will be carried out in LR projects. This study examines the allocation for expropriation approach in LR, which was recently suspended by a judicial decision. The study uses case study research to examine the potential consequences of allocation for expropriation practice. As the main results of the study indicate, there are uncertainties in determining the function to be expropriated in the allocation for expropriation approach, such as the existence of more than one of the same functions or the existence of different public service areas within the same main function. It is concluded that these uncertainties will lead to new uncertainties, such as which owners' properties will be subject to expropriation or which institutions will bear the burden of expropriation. In addition, in cases where the function to be allocated for expropriation overlaps with more than a certain proportion of the immovable property, the design of the application does not ensure the accuracy of the calculation and is contrary to the existing legislation and court decisions. In accordance with these results, it is discussed that a new implementation design should be made to improve the financing structure of the land readjustment instead of the methods that have been tried before but have caused many problems.

Keywords: Land readjustment, Plan implementation, Expropriation, Property right

1. Giriş

Ülkemizde arazi ve arsa düzenlemesi (AAD) yakın zamanda tüzede yapılan değişikliklerle imar planlarının gerçekleştirilmesinde temel uygulama aracı haline gelmiştir. Bu değişiklikler, 10/07/2019 tarihli Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren 04/07/2019 tarih ve 7181 sayılı Tapu Kanunu ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun ile 3194 sayılı İmar Kanunu’nun 8, 13, 15, 18, 27, 37, 39, Ek 7, Geçici 16 ve 19’uncu maddeleri içeriğinde yapılmıştır. Bu değişikliklere bağlı olarak da Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan Arazi ve Arsa Düzenlemeleri Hakkında Yönetmelik 22/02/2020 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Kamulaştırma yönteminin olası maddi ve sosyal sorunlarına ek olarak yasal düzenleme ile isteğe bağlı uygulamaların istisnalar haricinde parselasyon planı yapılmış alanlarda uygulanmasının düzenlenmesiyle AAD parselasyon planlarının üretiminde öncelikli yöntem haline gelmiştir.

Ayrıca, kamusal ve genel hizmet alanları, umumi hizmet alanları olarak bütünleştirilerek düzenleme ortaklık payı (DOP) kesintisi kapsamında edinilebilecek alanların sayısı 15’ten 23’e çıkartılmıştır. Buna bağlı olarak %40 olan maksimum DOP oranı %45’e çıkarılmış ve umumi hizmet alanlarının ediniminde öncelik sıralaması getirilmiştir. Öncelik sıralamasına göre DOP’u aşan umumi ve kamu hizmet alanlarının elde edilmesinde kamulaştırılmak üzere tahsis yapılması düzenlenmiştir. Ayrıca umumi hizmet alanlarında özel tesis yapılabilmesi, belirli koşullar altında ikinci kez DOP kesintisi yapılabilmesi ve hisse çözümlemesi yapılabilmesi, parsellerin üzerindeki yapılar sebebiyle alınamayan DOP kesintisinin bedele dönüştürülebilmesi ve uygulamalarda parselasyon planı açıklama raporunun hazırlanması düzenlenmiştir. Yasal düzenlemede sıklıkla yargı konusu olan tüm kadastral yolların uygulamada DOP’tan düşülmesi, AAD öncesinde ifraz, tevhit ve terk yoluyla DOP’a konu alanlara terk edilen ya da bağışlanan alanların DOP hesabında dikkate alınması ve aradaki fark kadar ilave kesinti yapılabilmesi gibi konular yasal düzenleme içerisinde ele alınarak kesintileştirilmiştir.

Genel olarak yapılan değişiklikler, yargı kararları ile şekillenen konuların yasalaştırılması gibi daha çok teknik boyuta odaklanarak kamunun politika belgelerinde yer alan sosyal ve finansal boyuta dair hedefleri karşılayacak kapsamlı bir değişiklik getirmemiştir. Bu eksikliklere ek olarak yapılan düzenleme özellikle umumi hizmet alanlarında özel tesis yapılabilmesi gibi yeni kavramların tartışılmasına ve yöntemin farklı unsurlarının araştırma konusu olmasına sebep olmuştur. Konu hakkında en kapsamlı tartışma Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası tarafından düzenlenen Arazi ve Arsa Düzenlemeleri Hakkında Yönetmelik Uygulamaları Çalıştayı kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu etkinlikte yasa değişikliği ile getirilen hükümler tartışılmış, uygulamada ortaya çıkabilecek sorunlar ele alınarak çözüm önerileri geliştirilmiştir. Bu çalıştayın sonuç ürünü 16/01/2021 tarihinde Arazi ve Arsa Düzenlemeleri Hakkında Yönetmelik Uygulamaları Çalıştayı Sonuç Raporu (HKMO, 2021) olarak yayımlanmıştır. Bu çalışmaya ek olarak yasal değişikliklerin genel değerlendirmesi ve etkisi (Çay & Kandemir, 2022; Çepni & Akıncı, 2020; Odabaş, 2022), değer esaslı uygulamanın eksikliği (Akdeniz, 2022), yasada geçen eşdeğerlik ifadesinin değerlendirilmesi ile hisse çözümlemesi konusu (Çepni, 2021), düzenlemede DOP alınmadığı durumlarda bedele dönüştürme işlemleri ve tescil dışı alanların durumu (Çepni, 2022, 2023) inceleme konusu olmuştur. Bu çalışmalarda ele alınan konular farklı olsa da çoğunlukla yasa tasarımında, yazımında ve yerleşmiş yargı kararları ile diğer ilişkili tüzeyle uyumunun sağlanması konusundaki sorunlar incelenmiştir. Ayrıca AAD tüzesinde yapılan değişiklikler, henüz yaygın olarak uygulanmadan ve etkinliği anlaşılmadan, bazı yazarların da uyarılarına (bkz: HKMO, 2021) paralel olarak yürütmeyi durdurma kararları ile karşı karşıya kalmıştır.

Bu çalışmanın amacı yapılan yasal değişikliklerle ilk defa uygulamaya konmuş olan yasal sınırı aşan kısımların tahsis edilerek kamulaştırma ile edinimine yönelik yaklaşımın değerlendirilmesidir. Bu değişiklikten önce genel hizmet alanlarının edinimi DOP kesintisi ile sağlanırken, kamusal hizmet alanlarının edinimi ise kamu ortaklık payı (KOP) kesintisi ile gerçekleştirilmekteydi. DOP kesintisinin karşılığı uygulama ile meydana gelen -teorik- değer artışı olarak kabul edilirken

KOP kesintisi ile oluşturulan kamusal hizmet alanları uygulama sonrasında kamulaştırılmak üzere maliklere tahsis edilmekteydi. Buna ek olarak uygulamada %40 olan DOP oranı yasal sınırını aşan kısımlar için öncelikle kamu taşınmazları, bunlar yeterli olmaz ise kamulaştırma yapılması düzenlenmişti. Ancak 22/02/2020 tarihinde yayımlanan yönetmelik ile hizmet alanlarının belirli bir öncelik sırasına göre edinimi düzenlenmiştir. Bu sıralamaya göre %45 oranını aşan hizmet alanlarının maliklere tahsis edilmesi düzenlenmiştir. Bu şekilde tahsis edilen hizmet alanlarının da tescil tarihinden itibaren 5 yıl içerisinde kamulaştırılması düzenlenmiştir. Yapılan bu değişikliklerle getirilen bu yaklaşım, Danıştay Altıncı Dairesi'nin 8/6/2021 tarihli ve E: 2020/5904 sayılı kararı ile yönetmeliğin 15 inci maddesinin dördüncü fıkrasında yer alan "parsellerin imar planında kamu ve umumi hizmet alanlarına denk gelen kısımları, denk gelen alanları oranında kamulaştırmaya konu kamu ve umumi hizmet alanına tahsis edilir" ibaresinin yürütmesi durdurulması sonucu uygulanamaz hale gelmiştir. Bu kararla AAD uygulamalarında 2019 – 2020 yılında getirilen ve birçok noktada belirsizlikler taşıyan kamulaştırılmak üzere tahsis uygulamasının nasıl yürütüleceği belirsiz hale gelmiştir. Bu karar sonrasında aynı fıkra da yer alan "sorumlu kurumun kamulaştırılacağı şerhi düşülerek özel mülkiyet adına tescil edilir" ifadesi yürürlükte kalsa da yasal sınırı aşan kısım olarak tescil edilecek fonksiyonun belirlenmesi ile tescil işleminin nasıl gerçekleştirileceği belirsiz hale gelmiştir. Yürütmeyi durdurma kararı ile oluşan bu belirsizliğin yakın zamanda bir düzenleme yapılarak giderilmesi beklenmektedir. Bu sebeple bu çalışmanın amacı yasa değişikliği ile getirilen ancak yargı kararı ile yürütmesi durdurulan yasal kesinti miktarını aşan kısımların edinim yöntemi olarak düzenlenen kamulaştırılmak üzere tahsis uygulamasının incelenmesidir. Bu çalışma ile yasa değişikliğinde benimsenen yaklaşımın problem alanlarının belirlenmesi ve böylelikle yapılacak yeni yasal değişikliklere katkı sağlanmasıdır. Çalışmanın yöntemi olarak örnek olay çalışması benimsenmiştir. Çalışma ile kamulaştırılmak üzere tahsis uygulaması ile ilgili hükümlerin olası sonuçları değerlendirilerek ortaya çıkabilecek sorunların tartışılması benimsenmiştir.

Çalışmanın bir sonraki bölümünü oluşturan ikinci bölümünde AAD uygulamalarında yasal sınırı aşan alanların edinimi hakkında farklı dönemlerde geçerli olan kurallar irdelenmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde yöntem sunulmuş ve incelenen örnek olaylar açıklanarak sonuçlar verilmiştir. Çalışmanın dördüncü bölümünde değerlendirmeler sunularak yeni yasa çalışması için öneriler sunulmuştur.

2. Arazi ve Arsa Düzenlemelerinde Yasal Sınırı Aşan Alanların Edinimi: Tarihsel Süreç

AAD uygulamalarında hizmet alanlarının edinimi DOP kesintisiyle gerçekleştirilmektedir. DOP kesintisinin düzenleme alanındaki hizmet alanlarının edinimi için yeterli olmaması durumunda ise kamusal arazilerin eksik kalan miktarın karşılanması için kullanılması düzenlenmiştir. Kamusal arazilerin düzenleme sınırı alanında olmaması ya da yeterli olmaması durumunda ise gerekli alanın maliklerden edinimi düzenlenmiştir. Bu süreç temel hatları ile benzer olmasına karşın farklı dönemlerde özellikle de yasal sınırı aşan kısmın maliklerden edinimi için farklı süreçler tanımlanmıştır. Konu hakkında tüzede farklı kuralların geçerli olduğu 3 temel dönem öne çıkmaktadır. Bu dönemler arasındaki farklılıklar tüzede meydana gelen iki temel değişiklikte oluşmuştur. Bu değişikliklerden ilki 2019 tarihli ve 7181 sayılı Tapu Kanunu ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun ile 3194 sayılı İmar Kanunu'nun değiştirilmesi iken ikinci değişiklik ise Danıştay Altıncı Dairesi'nin 08/06/2021 tarihli ve E: 2020/5904 sayılı kararı ile gerçekleşmiştir. Tüzede yaşanan değişiklikler gözetildiğinde arazi ve arsa düzenlemelerinde yasal sınırı aşan alanların edinimi (1) 2019 - 2020 öncesi, (2) 2020 - 2021 yılları arası ve (3) 2021 yılı sonrası olmak üzere üç dönemde farklılaşmaktadır.

Bu dönemlerden ilkinde DOP oranının yasal sınırını aşan alanların edinimi 3194 sayılı İmar Kanunu'nun 18'inci maddesinin dördüncü fıkrasında "Düzenleme ortaklık paylarının toplamı, yukarıdaki fıkra da sözü geçen umumî hizmetler için, yeniden ayrılması gereken yerlerin alanları toplamından az olduğu takdirde, eksik kalan miktar belediye veya valilikçe kamulaştırma

yolu ile tamamlanır.” şeklinde belirtildiği üzere uygulamayı gerçekleştiren belediye ya da valiliklerce kamulaştırma yapılarak sağlanmıştır. Bu Kanun maddesinin uygulanmasında ise 02/11/1985 tarih ve 18916 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren İmar Kanunu’nun 18’inci Maddesi Uyarınca Yapılacak Arazi ve Arsa Düzenlenmesi ile İlgili Esaslar Hakkında Yönetmelik hükümleri düzenlenmiştir. Uygulamalarda kamulaştırma miktarının hesabı, Yönetmeliğin 31’inci maddesinde “kamulaştırılması gereken alan, umumi hizmetlere, ayrılan alandan, düzenlemeye giren parsel alanları toplamının %35’inin çıkarılması ile bulunan farkın 100 ile çarpılıp 65’e bölünmesiyle bulunur.” şeklinde belirtilmiştir. 2003 tarihli ve 5006 sayılı İmar Kanunu ile İmar ve Gecekondu Mevzuatına Aykırı Yapılara Uygulanacak Bazı İşlemler ve 6785 Sayılı İmar Kanunu’nun Bir Maddesinin Değiştirilmesi Hakkında Kanunda Değişiklik Yapılmasına İlişkin Kanun’un 1’inci maddesiyle DOP oranı %40’a çıkarıldığından yasa değişikliği sonrasında Yönetmelik’te verilen formülde yer alan %35 ifadesi %40 ve 65 ifadesi 60 olarak hesaplanmıştır. Buna ek olarak Yönetmeliğin 32’nci maddesinde düzenleme ortaklık payından fazla çıkan miktarın sağlanması “Düzenleme sahasında umumi hizmetlere ayrılan miktarın, düzenlemeye giren alan toplamının % 35’inden daha fazla çıkması halinde, bu miktarın % 35’e düşürülmesi için önce, varsa bu düzenleme sahasındaki belediyeye ait arsalar bu işe tahsis edilir. Bunlar yetmediği takdirde, bu sahada, belediyeye devri mümkün hazine veya özel idare mülkiyetindeki parsellerden; meydan yol, park, yeşil saha, otopark, toplu taşıma istasyonu ve terminal gibi umumi hizmetlere rastlayan kısımların belediyeye devirleri sağlandıktan sonra aynı maksada tahsis edilirler. Bunlar da yetmediği takdirde, aşağıdaki sıraya göre kamulaştırma yapılır. a. Kadastro parsellerinin yüzölçümü en büyük olanından başlamak üzere, müstakil imar parselleri verildikten sonra arta kalan miktarları, b. Alanları en küçük bir imar parseli alanının dörtte birinden daha küçük olan kadastro ve varsa imar parsellerinin en küçüğünden başlanarak yeteri kadarı, c. Tamamı yol, meydan, park, yeşil saha, genel otopark, cami, karakol gibi umumi tesislere isabet eden kadastro ve varsa imar parsellerinin yeteri kadarı kamulaştırılır.” şeklinde düzenlenmiştir. Madde hükümlerine göre DOP oranının yasal sınırı aşan alanların ediniminde kamusal alanların kullanılması, bunların yeterli olmaması durumunda ise kadastro parsellerinden yönetmelik esaslarına göre kamulaştırılması benimsenmiştir. Kamulaştırmada öncelikle parsellerin müstakil imar parseli oluşturulması mümkün olmayan, özellikle de çok paylı mülkiyet yapısında dağıtımı muhtemelen olan kısımlarının ve uygulamada teknik sebeplerle yer değişiminin daha fazla olması beklenen parsellerin kullanılması esas alınmıştır. Yönetmelikle düzenlenen bu yöntem, yasanın bütüncül yaklaşımından farklı olarak dağıtımda olası problemliler parsellerin kamulaştırmayla edinimini benimsenmiştir. Ancak özellikle minimum imar parselinden küçük taşınmazların kamulaştırmada öncelikli olması sebebiyle uygulamalarda bazı maliklerin uygulamadan tamamıyla çıkarılması ya da yerinden edilmesi söz konusu olmuştur. Bu sebeple yönetmelik hükümlerinden farklı olarak uygulamalarda çoğunlukla kamulaştırmanın toplam miktar hesaplanarak tüm maliklerden alanları oranında yapılması benimsenmiştir. Ancak bu da çok malike sahip paylı mülkiyet oluşturması sebebiyle kamulaştırma uygulamalarının gerçekleştirilmesini teknik olarak zorlaştırmıştır. Son olarak bu yaklaşım, imar planı uygulanıncaya kadar hangi alanın DOP kesintisi ile bedelsiz, hangi alanın ise kamulaştırma ile edinileceğine yönelik belirsizlik oluşturmaktadır. Bu belirsizlik uygulayıcı idarelerin genelinin imar programı olmaması ve planların genellikle isteğe bağlı uygulamalar sebebiyle uzun zamana yayılması ile birlikte sıklıkla kamu kurumları arasında kamulaştırma yükünün ne zaman ve kim tarafından karşılanacağına yönelik sorunlar ortaya çıkarmıştır.

2019 tarihli ve 7181 sayılı Tapu Kanunu ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun ile 3194 sayılı İmar Kanunu’nun değiştirilmesi sonrası 22/02/2020 tarihinde yürürlüğe giren Arazi ve Arsa Düzenlemeleri Hakkında Yönetmelik ile arazi ve arsa düzenlemelerinde yasal sınırı aşan alanların edinimi konusunda yeni uygulama yöntemleri benimsenmiştir. Bir önceki dönemde benimsenen yaklaşım, 7181 sayılı Kanun ile değişen 3194 sayılı İmar Kanunu’nun 18’inci Maddesi beşinci fıkrasında “Düzenleme ortaklık paylarının toplamı, üçüncü fıkrafta sözü geçen umumi hizmetler için, yeniden ayrılması gereken yerlerin alanları toplamından az olduğu takdirde, eksik kalan miktar, tescil harici alanlardan veya muvafakat alınmak kaydıyla; kamuya ait taşınmazlardan ya da Hazine mülkiyetindeki alanlardan karşılanır. Bu yöntemlerle

karşılanamaması hâlinde belediye veya valilikçe kamulaştırma yoluyla tamamlanır.” ifadesi ile devam ettirilse de kapsamlı değişiklik yönetmelik hükümleri ile gerçekleşmiştir. Arazi ve Arsa Düzenlemeleri Hakkındaki Yönetmelik’in 15’inci Maddesi birinci fıkrasında “Düzenleme sahasındaki umumi ve kamu hizmet alanları düzenleme ortaklık payından karşılanır. Ancak, düzenleme sahasında düzenleme ortaklık payına konu alanların yüzde kırk beşten (%45) fazla olması durumunda, 14’üncü maddenin ikinci fıkrasında belirtilen öncelik sırasına göre düzenleme ortaklık payı alındıktan sonra eksik kalan alan; düzenleme sahasındaki tescil harici alanlardan, belediye mülkiyetindeki alanlardan veya muvafakat alınmak kaydıyla; kamuya ait taşınmazlardan ya da hazine mülkiyetindeki taşınmazlardan bedelsiz karşılanır. Bu alanların yetmemesi halinde kalan miktarın ya da bu yöntemle karşılanamaması halinde tamamının, 5 inci maddenin ikinci fıkrasının (b) bendinde belirtilen usullerle kamuya geçişi sağlanır.” ifadesi ile hangi alanının kamulaştırma konusu olacağıın sıralama ile belirlenmesi düzenlenmiştir. Sıralama; donatı alanlarının olası edinim yöntemini ve kamulaştırma yükü altında kalacak idareleri belirlemektedir. Yasal sınırı aşan kısımların kamulaştırılmasından sorumlu olan kuruluşlar, Arazi ve Arsa Düzenlemeleri Hakkındaki Yönetmelik’in 15’inci Maddesi ikinci fıkrasında “(2) Bu madde gereğince yapılacak kamulaştırmalardan; a) Yol, meydan, park, otopark, çocuk bahçesi/parkı ve yeşil alan, pazar yeri, semt spor alanı ve şehir içi toplu taşıma istasyonları ve durakları, kent meydanı, kent parkı, belediye hizmet alanı, özel tesis yapılmasına konu olmayan ağaçlandırılacak alan, rekreasyon alanı, mesire alanları, otogar, mezarlık alanı ve belediyelerin hizmet verdiği diğer alanlar belediye mücavir alan sınırları içerisinde belediyesi, dışında il özel idaresi tarafından, b) Spor alanı, teknik altyapı alanı, sosyal ve kültürel tesis alanı, resmî kurum alanı gibi hem belediyenin hem de diğer kamu kurumlarının kullanımında olabilecek alanlar ise hizmeti verecek idare tarafından, c) Diğer alanlar imar planındaki kullanım amacına göre valilikçe (merkezi idareye bağlı valilik bünyesindeki taşra teşkilatları) veya imar planındaki kullanım amacına göre hizmeti vermekle yükümlü kamu kurumunca, kamulaştırılır.” ifadesi ile açıkça belirtilmiştir. Yasal sınırı aşan kısımların AAD uygulamalarındaki tahsis işlemi Arazi ve Arsa Düzenlemeleri Hakkındaki Yönetmelik’in 15’inci maddesi dördüncü fıkrasında “Düzenlemeye giren bütün parsellerden 14 üncü maddedeki sıraya göre yüzde kırk beş (%45) düzenleme ortaklık payı kesintisinin yapılmasına rağmen, düzenleme sahasındaki umumi ve kamu hizmet alanlarının yüzde kırk beşi (%45) aşması durumunda; parsellerin imar planında kamu ve umumi hizmet alanlarına denk gelen kısımları, denk gelen alanları oranında kamulaştırmaya konu kamu ve umumi hizmet alanına tahsis edilir. Uygulamayı yapan kurum tarafından imar planındaki kullanım kararına göre hizmeti vermekle sorumlu kurumun kamulaştırılacağı şerhi düşülerek özel mülkiyet adına tescil edilir. Bu alanların kamulaştırılması parselasyon planının yapılmasına ve tesciline engel değildir. Parselasyon planı tescil edildikten sonra kamulaştırma işlemlerine devam edilir. Kamulaştırılması gereken taşınmazlar, parselasyon işleminin tescilinden itibaren, 5 yıl içerisinde kamu mülkiyetine geçirilmek zorundadır. Bu süre sorumlu idarenin kararı ile gerekçeleri belirtilerek en fazla 1 yıl uzatılabilir” hükümleri ile düzenlenmiştir. Bu hükümler farklı yönleri ile mevcut tüze ve yargı içtihatları ile uyumsuzluklar içermektedir. Yönetmelikte her ne kadar sürecin başlangıcı parselasyon işleminin tescili olarak öngörülüp bu tarihten itibaren 5 + 1 yıl olmak üzere 6 yıl süre tanımlanmış olsa da söz konusu hükümler açıkça İmar Kanunu hükümlerine ve yargı kararlarına aykırıdır. İmar Kanunu’nun 10’uncu maddesinde “Beş yıllık imar programları sınırları içinde kalan alanlardaki kamu hizmet tesislerine tahsis edilmiş olan yerleri ilgili kamu kuruluşları, bu program süresi içinde kamulaştırırlar. Bu amaçla gerekli ödenek, kamu kuruluşlarının yıllık bütçelerine konulur.” ifadesi ile bu süre beş yıl olarak belirlemiştir. Ayrıca yargı kararlarında planlarda kamuya ayrılan alanların edinimi için belirli bir süre mülkiyet hakkının kısıtlanması makul olarak kabul edilse de kısıtlılığın orantılı olması gerektiği belirtilmektedir (AYM’nin 12/05/2011 tarihli ve E.2009/31, K.2011/77 sayılı ve 28/03/2018 tarihli ve E.2016/196, K.2018/34 sayılı kararı, AYM Hüseyin Ünal, Yunis Aglar, vd. bireysel başvuru kararları). Kamu yararı ile mülkiyet hakkının korunması arasındaki dengenin ve müdahalenin orantılı olmasının da yasa tarafından belirlenen süre içerisinde kamusal alanın edinilmesiyle sağlanabileceği belirtilmektedir (AYM’nin 30/03/2022 tarihli ve 2019/24581 Başvuru Numaralı Kararı).

Aksi durum ise Yargıtay Hukuk Genel Kurulu'nun (YHGK) 15/12/2010 tarihli, E: 2010/5-662 ve K: 2010/651 sayılı kararı uyarınca kamulaştırmaz el atma olarak tanımlanmıştır. Kararda fiilen el atma gerçekleşmemiş olsa da hizmet alanına denk gelen taşınmazların kamu tarafından edinilmemesi ve imar hakkı tanınmaması “*kamulaştırmaz el atma*” olarak değerlendirilmiştir. Kararda ayrıca idarelerin imar planının yürürlüğe girmesinden itibaren en geç 3 ay içerisinde imar programı hazırlama yükümlüğü olduğu, bu yükümlülüklerini yerine getirmeyen idarelerin de çözüm üretmemeleri kamulaştırmaz el atma olarak değerlendirilmiştir.

İlgili yargı kararında idarelerin imar planlarının İmar Kanunu'nda yer alan hükümlere uygun olarak gerçekleştirmek ile yükümlü oldukları belirtilmektedir. Bu yükümlülük, Kanunda öngörülen süreler içerisinde imar programlarının hazırlanarak planların gerçekleştirilmesine yönelik hükümlere (Madde 10/1) dayandırılmaktadır. Aksi durum, yani idarelerin öngörülen sürede imar programı hazırlamamaları ya da hazırlanmış olan programa uymamaları ile uzun yıllar boyunca plan uygulamasını gerçekleştirilmemesi kamulaştırmaz el atma olarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye bağlı olarak da maliklerin imar planının uygulanmaması sebebiyle “*hukuki el atma*” iddiasıyla tazminat davası açmaları olanaklı hale gelmiştir (Yılmaz, 2020). Günümüzde hukuki el atma kavramı içtihat kararlarında da sıklıkla vurgulanarak imar planı ile kısıtlanan taşınmazların 5 yıl içerisinde kamu tarafından edinimi gerekliliği açık hale gelmiştir. Bu doğrultuda kanun koyucunun bu süreyi uzatmayı amaçlayan farklı yasa hükümleri birçok kez AYM tarafından iptal edilmiştir (AYM'nin 28/03/2018 tarihli ve E: 2016/196, K: 2018/34 sayılı kararı, AYM Hüseyin Ünal, Yunis Aglar, vd. bireysel başvuru kararları). AAD yönetmeliğinde yer alan “*Kamulaştırılması gereken taşınmazlar, parselasyon işleminin tescilinden itibaren, 5 yıl içerisinde kamu mülkiyetine geçirilmek zorundadır. Bu süre sorumlu idarenin kararı ile gerekçeleri belirtilerek en fazla 1 yıl uzatılabilir*” ifadesi 3194 sayılı İmar Kanunu'nun 10'uncu maddesi ile çatışmakta ve açıkça yargı kararlarına aykırı olarak yürürlüğe konmuştur. Düzenlemenin dava konusu olması durumunda tıpkı benzer yaklaşımlarda olduğu üzere iptal edilmesinin yüksek olasılıkta olduğunun da yasa koyucu tarafından bilindiği düşünülmektedir.

Bu dönemde kamulaştırılmak üzere tahsis edilen parsellerin ediniminden sorumlu olacak idareler, bir önceki dönemdeki kurallara benzer şekilde yerel yönetimlerin gerçekleştireceği AAD uygulaması ile belirlenecektir. Farklı bir ifade ile imar planının yürürlüğe girdiği tarih itibari ile kamulaştırmanın olup olmayacağı ve düzenleme sonrasında kamulaştırma işlemi gerçekleştirilmesi söz konusu olacağına hangi alanının kamulaştırma konusu olacağı bilinmemektedir. Bütün bu detaylar yapılacak AAD sonucu kesinleşecektir. Bu durum imar planında kamusal alanlara denk gelen fonksiyonların edinimi için idarelere imar planının yürürlüğe girmesinden başlamak üzere tanınan 5 yıllık sürenin kısılmasına sebep olacağı kesindir. Kamulaştırmadan sorumlu olan kurum, kamulaştırma yapması gerektiğini ancak düzenleme sonrasında anlayabilecektir. Örneğin; imar planı yürürlüğe girdikten 4 sene sonra gerçekleştirilen AAD uygulamasında kamulaştırmadan sorumlu hale gelecek idarenin ilgili alanı edinimi için 1 yılı kalmış olacaktır. Hatta ülkemizde imar planlarının her ne kadar yasada ve yargı kararlarında açıkça belirtilmiş olsa da beş yıl içinde gerçekleştirilmediği düşünüldüğünde hâlihazırda edinim için tanınan süre dolduktan sonra AAD uygulamasının gerçekleştirilmesi sonucu kamulaştırma sorumluluğunun yüklenmesi de olasıdır. Bu durum plan-imar programı-uygulama düzenini de bozmaktadır. Sonuç olarak parselasyon planının üretilmesiyle kamulaştırılmak üzere tahsis edilen parsellerin kamulaştırılmasından sorumlu olan idareler, parselasyon planının tescil edildiği tarih yerine imar planının yürürlüğe girdiği tarihi dikkate almak durumunda kalmıştır. Bu tarihin esas alınmaması durumunda hukuki el atma sebebi ile tazminat davaları ile karşı karşıya kalmaları kaçınılmazdır. Bu yönde benzer bir karar, Anayasa Mahkemesi'nin 30/3/2022 tarihli ve 2019/24581 başvuru numaralı kararında kamusal hizmet alanı olarak ayrılan parsellerin beş yıl içinde kamulaştırılmaması sebebi ile mülkiyet hakkının ihlal edildiği yönünde verilmiştir. 2019 yılında kaldırılan kamusal hizmet alanlarının edinim yöntemi ile yasal sınırı aşan alanların kamulaştırılmak üzere tahsis edilmesi yapı bakımından benzerlikler içermektedir. Her iki yaklaşımda da düzenleme ortaklık payıyla karşılanamayan hizmet alanlarının kamulaştırılmak üzere AAD uygulaması ile hizmet alanı olarak tescil edilmesi benimsenmektedir. Bu durumda

iki yaklaşımda da yerel yönetimlerin imar planlarının uygulanmasını geciktirmesine ya da hiç gerçekleştirilmesine bağlı olarak kamulaştırmadan sorumlu kurumların müdahalesi olmadan hukuki el atma davalarına konu olması olasıdır. Kamulaştırılmak üzere tahsis uygulamalarından farklı olarak kamusal alanların ediniminde benimsenen yaklaşım, düzenleme ortaklık payıyla karşılanamayan hizmet alanları için düzenlemeye tabi tutulan bölgedeki tüm taşınmazlardan eşit oranda kesinti yapılmasını ve müdahaleyle oluşacak külfeti hizmet alanıyla çakışan parsellerinin alanlarına orantılı yerine tüm maliklere eşit oranda pay verilmesini içermesi bakımından daha adildir. Buna ek olarak kamusal hizmet alanlarının edinim yaklaşımında her malike üzerinde tasarrufta bulunabilecekleri bir parselin sağlanması ile kamulaştırılmak üzere tahsis yaklaşımından belirli durumlarda daha hafif bir müdahale içerdiği söylenebilir. Bu yönü ile daha adil ve daha hafif bir müdahale içeren kamusal hizmet alanlarının edinim yönteminde taşınmazların beş yıl içerisinde kamulaştırılmaması ile yapılan müdahalenin AYM tarafından ölçülü olmadığı yönünde karar verilmesi (30/03/2022 tarihli ve 2019/24581 başvuru numaralı kararı) kamulaştırılmak üzere tahsis uygulamalarının da aynı şekilde değerlendirileceği sonucunu düşündürmektedir.

Bu dönemde ayrıca yasa değişikliği ile plandaki kullanım amacına uygun özel tesis yapılabilmesinin düzenlemesinin de kamulaştırmak üzere tahsis uygulaması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda 3194 sayılı İmar Kanunu'nun 13'üncü maddesinin 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 maliklerinin talebi hâlinde ilgili kamu kuruluşunun uygun görüşü alınarak plandaki kullanım amacına uygun özel tesis yapılabilir.*" ifadesi düzenlenmiştir. Bu fıkranın uygulanmasına ilişkin usul ve esaslar, Arazi ve Arsa Düzenlemeleri Hakkında Yönetmelik'in İkinci Bölümünde "*Umumi Hizmetlere ve Kamu Hizmetlerine Ayrılan Alanlarda Özel Tesis Yapılması*" başlığı altında madde 6 içeriğinde düzenlenmiştir. Bu maddelere göre yapı yapılmasına uygun olan hizmet alanlarında planda öngörülen fonksiyonda özel tesis yapılabilmesi düzenlenmiştir. Düzenlemenin özü, bir parseldeki hukuki el atma durumunun parselde geçici inşaat hakkı sağlanarak ortadan kaldırılmasına dayanmaktadır. Bu yönü ile yapılan düzenleme ile açılan ve açılacak tüm hukuki el atma davalarından özel tesis yapımına uygun fonksiyonlar hakkında olanlarda el atma olgusu ortadan kaldırılmıştır (Danıştay Altıncı Dairesi'nin 18/10/2016 tarihli, E: 2016/199, K: 2016/5740 sayılı ve 27/09/2016 tarihli, E: 2015/9786 K: 2016/4868 sayılı kararları). Bu kapsamda olan birçok davada malik tarafından özel kullanımının ve yapı yapılabilmesinin mümkün olması sebebiyle mülkiyet hakkının hukuka aykırı bir şekilde kısıtlandığından bahsedilemeyeceğine ve hukuki el atma nedeniyle ödenmesi gereken bir tazminatın bulunmadığına karar verilmiştir. Bu sebeple yapılan düzenleme hukuki el atma davalarını azaltma amacıyla olduğu düşünülebilir. Ancak bu düzenlemenin kapsamının arsa ve arazi düzenlemesi projelerinde DOP oranının yasal sınırı aşması sebebiyle kamulaştırılmak üzere tahsis edilen fonksiyonlara da uygulanması mümkündür. Hatta bu yönü ile iki düzenleme arasında ilişki olduğu düşünülmektedir. Arazi ve arsa düzenlemelerinde kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek fonksiyonun belirlenmesinde esas alınan sıralama bu bağlamda incelendiğinde özel tesis yapılmasına konu olabilecek eğitim tesis alanları ile kreş alanlarının 2'nci sırada, sağlık tesis alanlarının 4'üncü sırada ve sosyal, kültürel tesis alanlarının 7'nci sırada olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca makale içeriğinde incelenen AAD projesinde de ortaya çıkan ve yönetmelik tasarımıda öngörülemediği düşünülen kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek fonksiyonun belirlenmesindeki esnekliğin de özel tesis yapımına uygun fonksiyonlar yönünde değerlendirilmesi olasıdır. Bu durumda, yasal sınırı aşan ve kamulaştırılmak üzere tahsis yapılan taşınmazların ediniminde trampa ve satın alma yerine plandaki amacına uygun özel tesise izin verilmesi seçeneğinin idareler açısından daha avantajlı olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir. Esasen bu çözüm yolu, yasal düzenleme öncesinde de belediyeler tarafından, özellikle hukuki el atma davaları sonuçlanma aşamasında iken sıklıkla kullanılmaktaydı. Bu durumda plandaki amacına uygun özel tesise izin verilmesi ile ortaya çıkan planlama, sosyal adalet, verimlilik gibi konulardaki tüm sakıncalar, kamulaştırılmak üzere tahsis edilen taşınmazlar bakımından da geçerlidir.

2019 tarihli ve 7181 sayılı Kanun ile 3194 sayılı İmar Kanunu'na getirilen değişiklikler sonrası 22/02/2020 tarih ve 31047 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan Arazi ve Arsa Düzenlemeleri Hakkında Yönetmelik hükümleri hakkında 2023 yılı sonu itibari ile 3 temel yargı kararı ile yürütmeyi durdurma kararları verilmiştir. Bu yargı kararları, arazi ve arsa düzenlemelerinde yasal sınırı aşan alanların ediniminde tüzede yer alan hükümlerin değiştiği üçüncü dönemin başlangıcını oluşturmaktadır. Bu kararlardan ilki Danıştay Altıncı Dairesinin 08/06/2021 tarihli ve E: 2020/5082 sayılı kararı ile Arazi ve Arsa Düzenlemeleri Hakkında Yönetmelik'in 9'uncu Maddesi ikinci fıkrası olan "10/7/2019 tarihinden sonra yapılan imar planlarında kesinleşme tarihinden itibaren 5 yıl içerisinde, 10/7/2019 tarihinden önce yapılmış imar planlarında 10/7/2019 tarihinden itibaren 5 yıl içerisinde; düzenleme sahalarının tespit edilerek, parselasyon planlarının yapılması ve onaylanması esastır." hükümlerinin yürütmesinin durdurulmasıdır. Bu kararlardan ikincisi ise Danıştay Altıncı Dairesinin 08/06/2021 tarihli ve E:2020/5904 sayılı kararı ile Yönetmelik'in 5'inci Maddesinin yedinci fıkrası, 7'nci Maddesinin ikinci fıkrasının (b) bendindeki "Düzenleme alanının büyük bir kısmı yapılaşmış olsa dahi..." ibaresi, 14'üncü Maddesinin dokuzuncu fıkrası, 15'inci Maddesinin dördüncü fıkrasındaki "...parsellerin imar planında kamu ve umumi hizmet alanlarına denk gelen kısımları, denk gelen alanları oranında kamulaştırmaya konu kamu ve umumi hizmet alanına tahsis edilir..." ibaresi ve 26'ncı Maddesi hükümleri Danıştay Altıncı Dairesinin 08/06/2021 tarihli ve E: 2020/5904 sayılı kararı ile yürütmesinin durdurulmasıdır. Bu karara davacı ve davalı tarafından yapılan itirazlar üçüncü kararı oluşturan Danıştay İdari Dava Daireleri Kurulu'nun (İDDK) 3/11/2022 tarihli ve YD İtiraz No: 2022/392 sayılı kararı içeriğinde incelenerek karara bağlanmıştır. Kararda yapılan itirazların değişiklik gerektirecek nitelikte görülmemesi sebebiyle Danıştay Altıncı Dairesince verilen kararların çoğu kabul edilmiştir. Ancak Yönetmeliğin 7'nci Maddesinin ikinci fıkrasının (b) bendindeki "Düzenleme alanının büyük bir kısmı yapılaşmış olsa dahi..." ibaresinde hukuka aykırılık bulunmadığı kararlaştırılarak yürütmeyi durdurma kararı kaldırılmıştır. Ayrıca Danıştay Altıncı Dairesinin 08/06/2021 tarihli ve E: 2020/5904 sayılı kararı ile yürütmenin durdurulması isteminin reddine karar verilen Yönetmeliğin 5'inci Maddesinin birinci fıkrasında yer alan "bu Yönetmelikteki öncelik sırasına göre" ibaresi, 14'üncü Maddesinin ikinci fıkrasında yer alan "Düzenleme ortaklık paylarının aşağıdaki öncelik sırasına göre alınması esastır." ibaresi ile aynı fıkranın (b) bendindeki "kamuya ait kreş alanları", (e) bendindeki "kent meydanı, kent parkı, spor alanı", (g) bendindeki "teknik altyapı alanı, kamuya ait trafo alanı" ve (ı) bendindeki "diğer umumi ve kamu hizmet alanları" ibareleri hakkında yürütmenin durdurulması isteminin reddi kararı kaldırılarak ilgili hükümlerin yürütmesinin durdurulmasına karar vermiştir. Arazi ve arsa düzenlemelerinde yasal sınırı aşan alanların edinimi kapsamında ise Danıştay Altıncı Dairesinin 08/06/2021 tarihli ve E: 2020/5904 sayılı kararı ile 15'inci maddesinin dördüncü fıkrasında yer alan "parsellerin imar planında kamu ve umumi hizmet alanlarına denk gelen kısımları, denk gelen alanları oranında kamulaştırmaya konu kamu ve umumi hizmet alanına tahsis edilir." ibaresinin yürütmesi durdurulmuştur. Buna ek olarak Danıştay İDDK'nın 03/11/2022 tarihli ve YD İtiraz No: 2022/392 sayılı kararı ile Yönetmeliğin 14'üncü maddesinin ikinci fıkrasında yer alan "Düzenleme ortaklık paylarının aşağıdaki öncelik sırasına göre alınması esastır" ifadesi öncelik sırası yapılmasının 3194 sayılı Kanun'a aykırı olduğu belirtilerek yürütmesi durdurulmuştur. Kararda ayrıca Yönetmeliğin 5'inci maddesi birinci fıkrasında yer alan "bu Yönetmelikteki öncelik sırasına göre" ifadesinin de yürütmesi durdurulmuştur. Bu kararlar değerlendirildiğinde AAD uygulamalarında 2019 yılında getirilen yasal sınırı aşan kısımların kamulaştırılmak üzere tahsis edilmesinin yürütmesinin durdurulması sebebiyle bu kısımların kamulaştırılmak üzere tahsis edilme imkânı kalmadığı gibi hangi edinim yöntemiyle ve hangi aşamada edinileceği de belirsiz hale gelmiştir. Buna ek olarak DOP alanlarının ediniminde benimsenen sıralamanın da yürütmesinin durdurulması sebebiyle yasal sınırı aşan uygulamalarda hangi alanın kamulaştırma konusu olacağına belirlenmesi de imkânsız hale gelmiştir. Bu belirsizliklere çözüm olarak DOP oranının düşürülmesine yönelik teknik çözümler haricinde herhangi bir uygulama tasarımı bulunmamaktadır.

Özet olarak 2019 yılı öncesinde uygulama içerisinde kamulaştırılması öngörülen yasal sınırı aşan kısımların edinimi 2019 ve 2020 yılında tüzede yapılan değişiklikler sonrasında uygulama sonrasında kamulaştırılmak üzere tahsis edilmesi şeklinde

Örnek olarak incelenen projede kadastral yol bulunmamaktadır. Düzenleme sınırı içerisinde yer alan kadastral parsellerin uygulamaya giren alanları toplamı 97 959.68 m² ve umumi hizmet alanları toplamı (Tablo 1) ise 52 496.81 m² olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1: Umumi hizmet alanları

Ada No / Hizmet Alanı Adı	Alan (m ²)	Sıralama
207/Ortaöğretim Tesisleri	11 124.19	4
208/Hastane	8051.13	6
209/Kreş	3544.55	5
224/Dini Tesis	2657.54	3
223/Sağlık Ocağı	5798.14	6
Yeşil Alan	3296.39	2
İmar Yolları	18 024.87	1
Toplam	52 496.81	

AAD projesinde Eşitlik (1)'de gösterildiği üzere umumi hizmet alanları toplamının (UHA), kadastral parsellerin katılım alanları toplamına bölümü ile DOPO hesaplanmıştır. DOPO hesabı sonrası kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek alan miktarı (KT) Eşitlik (2)'de verilen formüle göre 8414.95 m² olarak hesaplanmıştır.

$$DOPO = \frac{\sum UHA}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{52\,496.81}{97\,959.68} = 0.5359022 \quad (1)$$

$$KT = \sum UHA - [(\sum_{i=1}^n A_i) \times 0.45] \quad (2)$$

Kamulaştırılmak üzere hangi fonksiyonun tahsis edileceği ise Yönetmeliğin 14'üncü maddesi ikinci fıkrasında yer alan sıralamaya göre belirlenmektedir. Bu işlem için sıralama takip edilerek umumi hizmet alanlarının alanları en fazla DOP kesintisi miktarından sırasıyla çıkarılır. Bu işlemde en fazla DOP kesintisi miktarından çıkarılan alanlar DOP kesintisi ile edinilecek alanları göstermektedir. En fazla DOP kesintisi miktarının sıralamaya göre sıfırlandığı umumi hizmet alanı ile edinimi sağlanamamış olan hizmet alanları ise kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek alanlardır.

Tablo 1'de yönetmeliğin öngördüğü sıralamaya göre verilen hizmet alanlarının sırasıyla en fazla DOP kesintisi miktarından çıkarılması ile kamulaştırılmak üzere tahsis edilmesi gereken 8414.95 m² alanın sağlık ocağı ve hastane olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmanın bir sonraki aşamasında kamulaştırılmak üzere tahsis uygulamasına dair uygulamada ortaya çıkabilecek sorunlar incelenerek bulgular verilmiştir.

3.2 Sorun Alanlarının İncelenmesi

Çalışmanın bu aşamasında kamulaştırılmak üzere tahsis uygulaması gerçekleştirilerek ortaya çıkabilecek yasal ve teknik sorunlar incelenmiştir. Bu işlemin ilk adımında kamulaştırılmak üzere tahsis uygulamasının dayanak maddeleri irdelenmiştir. 2019 yılında gerçekleşen yasa değişikliği sonrası yasal sınırı aşan kısımların AAD uygulamalarındaki tahsis işlemi Arazi ve Arsa Düzenlemeleri Hakkındaki Yönetmelik'in 15'inci maddesi dördüncü fıkrasında “*Düzenlemeye giren bütün parsellerden 14 üncü maddedeki sıraya göre yüzde kırk beş (%45) düzenleme ortaklık payı kesintisinin yapılmasına rağmen, düzenleme sahasındaki umumi ve kamu hizmet alanlarının yüzde kırk beşi (%45) aşması durumunda; parsellerin imar planında kamu ve umumi hizmet alanlarına denk gelen kısımları, denk gelen alanları oranında kamulaştırmaya konu kamu ve umumi hizmet alanına tahsis edilir.*” ifadesi ile düzenlenmiştir. Ancak bu hüküm içerisinde yer alan “*parsellerin*” ifadesinin açık olmadığı

ve uygulamalarda düzenlemeye giren tüm parseller ya da yalnızca kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek hizmet alan(lar) ile çakışan parsellerden hangisinin esas alınacağı konusunda belirsizlik olduğu yönünde görüşler (HKMO, 2021; Danıştay Altıncı Dairesinin 08/06/2021 tarihli ve E: 2020/5904 sayılı kararı) bulunmaktadır.

Bu görüşlerden ilkinde “*parsellerin imar planında kamu ve umumi hizmet alanlarına denk gelen kısımları*” ifadesinin tüm parselleri ve denk gelen kısımları olarak da tüm umumi hizmet alanları olarak yorumlanmaktadır. Bu yaklaşıma göre yasal sınırı aşan kısımlar, hizmet alanları ile çakışan parsellere alanları oranında hisselendirilecektir. Bu yapısı sebebiyle 2019 öncesinde kamusal hizmet alanlarının ediniminde kullanılan KOP uygulamalarına benzetilmekte ve gizli bir KOP uygulaması olarak ifade edilmektedir.

Görece daha çok benimsenen diğer görüş ise ilgili hükümde yer alan “*parsellerin*” ifadesinin umumi hizmet alanlarıyla çakışan parselleri ifade ettiği ve denk gelen kısımları ifadesinin de sıralama sonucunda %45 sınırının dışında kalarak kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek fonksiyona denk gelen kısımları olarak yorumlamaktadır.

Bu belirsizlik Danıştay Altıncı Dairesinin 08/06/2021 tarihli ve E: 2020/5904 sayılı kararı içeriğinde (s. 60) de yer almış ve davalı idare tarafından yapılan savunmada KOP uygulamalarının kaldırıldığı ve söz konusu ifade ile kamulaştırmaya konu edilecek parsellerin açıklandığı belirtilmiştir. İncelenen örnek projede kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek fonksiyon belirlenmiş ve bu fonksiyon ile çakışan parsellerin tahsis miktarları hesaplanmıştır. Örnek projede yönetmelikte verilen sıralamaya uygun olarak DOP kesintisi sırasıyla umumi hizmet alanlarının edinimi için kullanılmıştır. Projede yer alan umumi hizmet alanları içerisinde sıralamada son sırada yer alan sağlık tesis alanlarına gelindiğinde kalan DOP kesintisi miktarı 5434.32 m² iken projede yer alan sağlık tesis alanı miktarı 13 849.27 m² olduğu tespit edilmiştir. Bu durum sağlık tesis alanlarının tamamının DOP kesintisi ile edinilemeyeceğini ve bir kısım alanın kamulaştırılmak üzere tahsis edilmesi gerekliliği göstermiştir.

İncelenen AAD projesinde sağlık ocağı ve hastane olmak üzere iki adet sağlık tesis alanı bulunmaktadır (Şekil 1). Ancak aynı fonksiyon sınıfı içerisinde yer alan bu alanlardan hangisinin öncelikli olduğu yönetmelikte belirtilmemektedir. Bu durum AAD uygulamalarında belirsizliğe yol açmaktadır. Genel olarak kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek fonksiyonun uygulama bölgesinde birden fazla olması olasıdır. Özellikle ilgili fonksiyonun kısmen DOP, kısmen de kamulaştırılmak üzere tahsise konu olması durumunda yönetmelikte verilen sıralamanın sadece ana fonksiyonlara göre düzenlenmiş olması fonksiyonlar arasında bir tercih yapılmasını gerektirmektedir. Yapılacak tercih ile hangi fonksiyonun DOP kesintisi ile edinileceği hangi alanın ise kamulaştırılmak üzere tahsis edileceği belirleneceğinden hem kamu kurumları hem de malikler bakımından farklı sonuçlar üretecektir. Genel olarak kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek alan büyüklüğü değişmeyecek olsa da yapılan tercih, hangi maliklerin kamulaştırma konusu olacağı, hangi kurumların kamulaştırma yükü altında kalacağı ve kamulaştırma miktarı gibi birçok konunun temel belirleyicisidir.

İncelenen AAD projesinde kalan DOP kesintisi miktarının görece daha yerel bir hizmet vermesi sebebiyle öncelikle sağlık ocağı alanında kullanılmasına karar verilmiştir. Kalan 5434.32 m² DOP kesintisi miktarı 5798.14 m² alana sahip sağlık ocağı alanı için kullanılmış ve 363.82 m² sağlık ocağı alanının en fazla DOP kesintisi miktarını aşan ve kamulaştırılmak üzere tahsis edilmesi gereken alan olduğu hesaplanmıştır. Bu karar ile 363.82 m² sağlık ocağı alanı kısmen ve 8051.13 m² alana sahip hastane alanının tamamı kamulaştırılmak üzere tahsis edilmiştir. Ancak bu kararın farklı şekilde, örneğin daha kapsamlı bir hizmet vermesi ya da özel fonksiyona uygunluğu daha çok olması sebebiyle kalan DOP kesintisi miktarının öncelikli olarak hastane alanı için kullanılması da yasalıdır.

Bu noktada yönetmelik, yerel yönetmeliklere yasa tasarımıyla öngöremediği bir esneklik tanımaktadır. Bu esnekliğin hem kamu

kurumları arasında hem de malikler ile uygulayıcı idare arasında çatışma çıkarması olasıdır. Yönetmelik değişikliği söz konusu olursa sıralamada hem aynı fonksiyon içerisinde kalan farklı umumi hizmet alanları, hem de aynı hizmet alanından farklı sayıda olması durumunda hangi umumi hizmet alanının kamulaştırılmak üzere tahsis edileceğine yönelik yerel hizmet veren, alanı en küçük olan, en az sayıda kadastral parsel ile çakışan gibi belirleyici net ölçütlerin düzenlenmesi düşünülebilir. Böylesi bir ölçüt kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek fonksiyonun tüm etkilenenler bakımından net olmasını sağlayacaktır.

İncelenen AAD projesinde verilen karara bağlı olarak kamulaştırılmak üzere tahsis edilmesi gereken 363.82 m²'nin uygulamada tahsis edileceği kadastral parseller ile tahsis alanları AAD Yönetmeliği'nin 15'inci maddesi dördüncü fıkrası uyarınca hesaplanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2: Sağlık ocağı ile çakışan kadastral parsellere ait veriler

Ada / Parsel	Sağlık Ocağı ile Çakışan Alan (m ²)	Oran	Kamulaştırılmak Üzere Tahsis Edilecek Alan (m ²)
705/63	907.94	0.3817811	56.97
705/64	2213.62	0.1565916	138.90
705/65	1279.81	0.2207277	80.31
705/201	3.23	0.0005570	0.20
705/202	1124.32	0.1939105	70.55
705/203	14.14	0.0024387	0.89
705/228	252.35	0.0435226	15.83
705/313	2.73	0.0004708	0.17
Toplam	5798.14	1	363.82

Kamulaştırmak üzere tahsis uygulamasının son adımında dağıtım işlemi tamamlanarak sağlık ocağı alanı ile ilişkili kadastral parsellere ait Mal Sahipleri Araştırma ve Özet Formu (Tablo 3) oluşturulmuştur. Bu parsellere (Tablo 3) ilişkin Tescile Esas Dağıtım Cetveli ise Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 3: Mal sahipleri araştırma ve özet formu

Kadastro				İmar				
Ada / Parsel	DOPAL* (m ²)	DOP (m ²)	Dağıtım Alanı (m ²)	Ada / Parsel	Alan (m ²)	Pay (m ²)	Hisse	Cinsi
705/63	1367.36	615.31	695.08	216/1	638.11	638.11	Tam	İmar parseli
				223/1	5798.14	56.97	5697/579814	Sağlık ocağı
705/64	2465.61	1109.52	1217.19	216/2	1078.29	1078.29	Tam	İmar parseli
				223/1	5798.14	138.90	13890/579814	Sağlık ocağı
705/65	2577.77	1160.00	1337.46	216/3	1257.15	1257.15	Tam	İmar parseli
				223/1	5798.14	80.31	8031/579814	Sağlık ocağı
705/201	246.58	110.96	135.62	216/4	135.42	135.42	Tam	İmar parseli
				223/1	5798.14	0.20	20/579814	Sağlık ocağı
705/202	1921.92	864.86	986.51	216/5	915.96	915.96	Tam	İmar parseli
				223/1	5798.14	70.55	7055/579814	Sağlık ocağı
705/203	1021.04	459.47	561.57	216/6	560.68	560.68	Tam	İmar parseli
				223/1	5798.14	0.89	89/579814	Sağlık ocağı
705/228	540.26	243.12	297.14	216/7	281.31	281.31	Tam	İmar parseli
				223/1	5798.14	15.83	1583/579814	Sağlık ocağı
705/313	3231.19	1454.04	1777.15	216/8	1776.98	1776.98	Tam	İmar parseli
				223/1	5798.14	0.17	17/579814	Sağlık ocağı
Sağlık Bakanlığı	DOP'tan tahsis edilmiştir.			223/1	5798.14	5434.32	543432/579814	Sağlık Ocağı

* DOP kesintisi yapılacak alan

Tablo 4: Tescile esas dağıtım cetveli

Kadastro				İmar				
Ada / Parsel	DOPAL* (m ²)	DOP (m ²)	Dağıtım Alanı (m ²)	Ada / Parsel	Alan (m ²)	Pay (m ²)	Hisse	Cinsi
705/63	1367.36	615.31	695.08	216/1	638.11	638.11	Tam	Arsa
705/64	2465.61	1109.52	1217.19	216/2	1078.29	1078.29	Tam	Arsa
705/65	2577.77	1160.00	1337.46	216/3	1257.15	1257.15	Tam	Arsa
705/201	246.58	110.96	135.62	216/4	135.42	135.42	Tam	Arsa
705/202	1921.92	864.86	986.51	216/5	915.96	915.96	Tam	Arsa
705/203	1021.04	459.47	561.57	216/6	560.68	560.68	Tam	Arsa
705/228	540.26	243.12	297.14	216/7	281.31	281.31	Tam	Arsa
705/313	3231.19	1454.04	1777.15	216/8	1776.98	1776.98	Tam	Arsa
705/63	1367.36	615.31	695.08	223/1	5798.14	56.97	5697/579814	Sağlık ocağı
705/64	2465.61	1.109.52	1217.19			138.90	13890/579814	Sağlık ocağı
705/65	2577.77	1.160.00	1337.46			80.31	8031/579814	Sağlık ocağı
705/201	246.58	110.96	135.62			0.20	20/579814	Sağlık ocağı
705/202	1921.92	864.86	986.51			70.55	7055/579814	Sağlık ocağı
705/203	1021.04	459.47	561.57			0.89	89/579814	Sağlık ocağı
705/228	540.26	243.12	297.14			15.83	1583/579814	Sağlık ocağı
705/313	3231.19	1454.04	1777.15			0.17	17/579814	Sağlık ocağı
Sağlık Bakanlığı	DOP'tan tahsis edilmiştir.					5434.32	543432/579814	Sağlık ocağı (DOP'tan Tescil)

Tablo 3 ve 4 incelendiğinde ilgili umumi hizmet alanına denk gelen parselden DOP kesintisi yapıldıktan sonra dağıtım alanının bir kısmının ilgili fonksiyona tahsis edilmesi kalan kısmının ise imar parseli olarak dağıtılması gerçekleştirilmiştir.

Bu yaklaşım, tüzede “denk gelen kısımları” ifadesinden de anlaşılacağı üzere parsellerin ilgili fonksiyon ile kısmen çakışacağını öngörmektedir. Ancak uygulamalarda bir parselin tamamıyla ilgili fonksiyon içerisinde kalması da olasıdır. Bu durumda işlemin nasıl yürütüleceği tüzede belirtilmemektedir.

Bu konuyla ilgili ortaya çıkabilecek sorunlar, tamamı kamulaştırılmak üzere tahsis edilmesi gereken hastane alanı içerisinde incelenmiştir. Projede 208 no’lu imar adasında yer alan hastane alanının tamamı DOP ile elde edilebilecek miktarın dışında kalmaktadır. Hastane alanı ile çakışan kadastro parselleri incelendiğinde (Şekil 1) 715 ada 314 ve 315 numaralı parsellerin tamamının ilgili fonksiyonla çakıştığı anlaşılmaktadır.

Yönetmelik hükümlerine göre hastane alanı ile çakışan kadastral parsellerin kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek hastane alanına denk gelen kısımları hesaplanmıştır. Bu alanlar, ilgili fonksiyonun alanına bölünerek de tahsis oranları hesaplanmıştır. Bu hesaba göre parsellerin kamulaştırılmak üzere tahsis edilmesi gereken alanları hesaplanmıştır (Tablo 5).

Bu parsellerden DOP kesintisi yapıldıktan sonra dağıtım alanları hesaplanmış ve Tablo 5’te verilmiştir. Bu hesap sonrasında kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek hastane ile çakışan parsellerden DOP kesintisi yapılarak parsellere yapılacak tahsis miktarları hesaplanmış ve kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek miktar ile karşılaştırılmıştır.

Bu durumda tamamı hastane ile çakışan parsellerden bazılarının dağıtım alanlarının kamulaştırmak üzere tahsis edilecek miktardan az olduğu görülmektedir. İlgili hesaplar ile bu durumda olan parseller Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 5: Hastane ile çakışan parsellere ait veriler

Ada / Parsel	DOPAL (m ²)	Hastane ile Çakışan Alan (m ²)	Oran	Kamulaştırılmak Üzere Tahsis Edilecek Alan (m ²)
705/312	2817.70	605.05	0.075151	605.05
705/313	3231.19	2193.30	0.272421	2193.30
705/314	990.06	990.06	0.122972	990.06
705/315	1526.51	1526.51	0.189602	1526.51
705/316	1137.81	812.79	0.100954	812.79
705/384	695.60	466.02	0.057883	466.02
705/385	860.71	507.67	0.063056	507.67
705/386	549.82	197.44	0.024523	197.44
705/388	533.19	103.96	0.012912	103.96
705/389	1077.79	266.23	0.033067	266.23
705/390	976.83	202.68	0.025174	202.68
705/391	895.73	22.78	0.002829	22.78
705/203	1021.04	92.22	0.011454	92.22
705/204	959.25	64.42	0.008001	64.42
Toplam	-	8051.13	1	8051.13

Tablo 6: Hastane ile çakışan kadastral parsellerin dağıtım alanları (m²)

Ada / Parsel	DOPAL	DOP	Dağıtım Alanı	Kamulaştırılmak Üzere Tahsis Edilecek Alan	Fark
	[a]	[b] = [a] x DOPO	$\frac{[c] = [a] - [b]}{[c] = [a] \times (1 - DOPO)}$	[d]	[e] = [c] - [d]
705/312	2817.70	1267.97	1549.74	605.05	944.69
705/313	3231.19	1454.04	1777.15	2193.30	-416.15
705/314	990.06	445.53	544.53	990.06	-445.53
705/315	1526.51	686.93	839.58	1526.51	-686.93
705/316	1137.81	512.01	625.80	812.79	-186.99
705/384	695.60	313.02	382.58	466.02	-83.44
705/385	860.71	387.32	473.39	507.67	-34.28
705/386	549.82	247.42	302.40	197.44	104.96
705/388	533.19	239.94	293.25	103.96	189.29
705/389	1077.79	485.01	592.78	266.23	326.55
705/390	976.83	439.57	537.26	202.68	334.58
705/391	895.73	403.08	492.65	22.78	469.87
705/203	1021.04	459.47	561.57	92.22	469.35
705/204	959.25	431.66	527.59	64.42	463.17

Tüzede verilen ifadeye göre parselden DOP kesintisi yapıldıktan sonra kalan kısmın kamulaştırılmak üzere umumi hizmet alanı olarak dağıtılması gerekmektedir. Tablo 6 incelendiğinde kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek fonksiyon ile çakışan parsellerin, çakışan kısımları parsel alanının %55'inden fazlasına denk gelmesi durumunda DOP kesintisi yapılamaması ya da kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek parselin alanının tamamının edinilememesi ile sonuçlanmaktadır. Bu durum matematiksel olarak hatalı sonuçlanmanın yanı sıra parsellerden DOP kesintisi yapıldıktan sonra kalan kısmın tamamı bir umumi hizmet alanı olarak tahsis edilmesini içerdiğinden düzenlemeye giren parsellere imar haklarını kullanabilecekleri bir parsel sağlanamaması ile de sonuçlanmaktadır. Anayasa Mahkemesinin 21/06/1990 tarihli ve E: 1990/7, K: 1990/11 sayılı kararında düzenleme ortaklık payının taşınmazlarda meydana gelecek değer artışı karşılığında edinildiği ve bu yönü ile

Anayasa'nın 35. maddesine aykırı olmadığı belirtilmiştir. Ancak AAD uygulaması öncesinde kamusal alan fonksiyonunda iken uygulama sonunda kısmen DOP kesintisine uğrayarak kalan kısmı gene kamusal alan fonksiyonunda dağıtılması durumunda parselde değer artışı oluşmayacağı kesindir. Bu durum, kamu yararı ile bireysel yarar arasında kurulması gereken adil dengeyi bozacaktır. Buna ek olarak yerleşmiş içtihat kararlarında da AAD uygulamasında değer artışı olmaması durumunda DOP kesintisi yapılamayacağı (Danıştay Altıncı Daire'nin 19/02/2003 tarihli ve E: 2001/2999, K: 2003/1045 sayılı kararı; 10/10/2003 tarihli ve E: 2003/5021, K: 2003/4766 sayılı kararı; 15/06/2004 tarihli ve E: 2003/578, K: 2004/3818 sayılı kararı; 05/02/2002 tarihli ve E: 2000/7453, K: 2002/840 sayılı kararı) yerleşmiş bir içtihat kararı olup uygulamanın iptal sebepleri arasındadır. Hesap doğruluğu sağlamak üzere her ne kadar %45'ten fazla alanı kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek fonksiyonla çakışan parsellerden DOP kesintisi yapılmaması gerekse de bu durum da uygulamaya giren tüm parsellerden eşit DOP kesintisi yapılması (3194/Geçici madde 18) hükmüne aykırıdır. Yasa tasarımına bağlı olarak parsellerden hem DOP kesilmesi, hem de DOP kesilmemesi ilgili tüzeve ve yargı kararlarına aykırı olduğundan yasanın tasarımının yanlış olduğu ve bu durumun öngörülemediği düşünülmektedir. Bu soruna farklı bir bakış açısı, 7181 sayılı Kanun ile değişen 3194 sayılı İmar Kanunu'nun 18'inci maddesi altıncı fıkrasında yer alan "*Herhangi bir parselden bir miktar sahanın kamulaştırılmasının gerekmesi halinde düzenleme ortaklık payı, kamulaştırmadan arta kalan saha üzerinden ayrılır.*" ifadesi ile ilgili tartışmalar içerisinde de yer almaktadır (HKMO, 2021). Konu hakkında bazı görüşlerde, DOP kesintisinin kamulaştırmak üzere tahsis işlemi yapıldıktan sonra kesilmesi gerektiğini belirtse de 2019 yılı değişiklikleri ile AAD uygulamalarında yapılacak işlem kamulaştırmak üzere "tahsis" işlemi olması bu görüşleri zayıflatmaktadır. Benzer bir tartışma aynı maddenin DOP ve KOP kesintileri kapsamında da yaşanmış ve önce KOP'un ayrılması, sonrasında DOP kesilmesi gerektiği öne sürülmüştür. Ancak KOP işleminin benzer şekilde "tahsis" işlemi olarak tanımlı olması sebebiyle yaygın uygulamada, düzenlemeye giren her parselin uygulamaya girdiği alanı üzerinden hem DOP kesintisinin hem de KOP kesintisinin yapılması ancak DOP'tan farklı olarak KOP alanlarının kamu yerine malik adına tescil edilmesi gerçekleştirilmiştir. 3194 sayılı İmar Kanunu'nun 18'inci maddesi altıncı fıkrasında "*Herhangi bir parselden bir miktar sahanın kamulaştırılmasının gerekmesi halinde düzenleme ortaklık payı, kamulaştırmadan arta kalan saha üzerinden ayrılır.*" ifadesinin uygulama öncesinde gerçekleştirilen kısmi kamulaştırma işlemleri ile parsellerden edinilen alanların, DOP kesintisinde dikkate alınmayacağını ifade ettiği ve kamulaştırılmak üzere tahsis işlemi ile ilişkili olmadığı sonucuna varılmıştır. İlgili metnin yürürlükte kalma sebebinin kısmi kamulaştırma işlemi düzenlemeden önce yapılması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Yasa metni yürürlükte bırakılarak kısmi kamulaştırma işleminde yapılan kesintilerin düzenleme ortaklık payı hesabında dikkate alınmaması gerektiğini ifade ettiği düşünülmektedir. Bilindiği üzere parsellasyon planı sırasında belirli durumlarda düzenleme ortaklık payına tamamlayan fark kadar düzenleme ortaklık payı kesintisi yapılabilmektedir (Arazi ve Arsa Düzenlemeleri Hakkında Yönetmelik Madde 14/7 ve 14/8). Yasa metninin yürürlükte kalarak kısmi kamulaştırma ile edinilen alanların ilave DOP hesaplamalarında değerlendirilmemesini güvence altına aldığı düşünülmektedir.

Özet olarak kısmi kamulaştırma işleminin düzenleme sırasında gerçekleştirilmesi 2019 yılında yapılan değişiklikler öncesinde AAD uygulamalarında ortaya çıkmakta olup 2019 yılı değişiklikleri ile AAD uygulamaları içerisinde yapılan işlemin tahsis işlemi olarak tanımlanarak kamulaştırmanın uygulamadan sonra gerçekleştirilmesi tasarlandığından uygulama ihtimali bulunmamaktadır.

Bu duruma benzer bir soruna kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek fonksiyon içerisinde kalan parsellerin, kamulaştırma yoluyla elde edilen ve kamu hizmetlerine tahsis edilip imar planında da aynı kullanım amacına ayrılan kamuya ait taşınmazlar olması (AADHY-16/4) ya da evvelce yapılan düzenlemeler dolayısıyla düzenleme ortaklık payı alınmış olması (AADHY-16/5) gibi yasal sebeplerle DOP kesintisi yapılamayacak nitelikte olması durumunda da karşılaşılmaktadır. İncelenen AAD projesinde 705 ada 315 no'lu parselin Kanun'un öngördüğü sebepler dolayısıyla DOP kesintisi yapılamayacak nitelikte

olması durumu incelenmiştir. Bu sebeple hastane alanı ile çakışan 705 ada 315 numaralı parsel kamulaştırılmak üzere tahsis uygulamasından çıkartılarak kalan kadastral parsellerin çakışan alanlarının oranları hesaplanarak Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7: DOP kesintisi yapılamayacak nitelikteki parsellerin varlığı durumu (m²)

Ada / Parsel	DOPAL	DOP	Dağıtım Alanı	Kamulaştırılmak Üzere Tahsis Edilecek Alan	Fark
	[a]	[b] = [a] x DOPO	$\frac{[c] = [a] - [b]}{[c] = [a] \times (1 - DOPO)}$	[d]	[e] = [c] - [d]
705/312	2817.70	1267.97	1549.74	746.61	803.13
705/313	3231.19	1454.04	1777.15	2706.45	-929.29
705/314	990.06	445.53	544.53	1221.70	-677.16
705/315*	0.00	0.00	1526.51	0.00	1.526.51
705/316	1137.81	512.01	625.80	1002.95	-377.16
705/384	695.60	313.02	382.58	575.05	-192.47
705/385	860.71	387.32	473.39	626.45	-153.05
705/386	549.82	247.42	302.40	243.63	58.77
705/388	533.19	239.94	293.25	128.28	164.97
705/389	1077.79	485.01	592.78	328.52	264.27
705/390	976.83	439.57	537.26	250.10	287.16
705/391	895.73	403.08	492.65	28.11	464.54
705/203	1021.04	459.47	561.57	113.80	447.78
705/204	959.25	431.66	527.59	79.49	448.10

* DOP kesintisi yapılmayacak parsel

Uygulama tasarımının kamulaştırılmak üzere tahsis miktarının hesaplanmasında oransal dağıtım öngörmesi sebebiyle çakışan parsellerden birinin ya da birkaçının hesaba katılmayacak olması diğer çakışan parsellerden daha fazla kesinti yapılmasını gerektirmektedir. İncelenen AAD projesinde 705 ada 315 parselden DOP kesintisi yapılamayacak olması sebebi ile gereksinim duyulan 1526.51 m² alanın karşılanması için daha fazla kesinti yapılması gerekse de tamamı kamulaştırılmak üzere tahsise konu olan 705 ada 315 no’lu parsel ile %55’ten fazla alanı hastane ile çakışan 705 ada 313, 314, 316, 384, 385 no’lu parsellerden daha fazla kesinti yapılamamaktadır.

Bu durumda kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek fonksiyonla çakışan parseller için gereken alanın grafik olarak (tamamı çakışan parseller) ya da yasal olarak (%55’ten fazla alanı çakışan parseller) mümkün olmadığından yasa tasarımı hatalıdır. Çalışmanın bir sonraki bölümünde değerlendirmeler ve öneriler verilmiştir.

4. Değerlendirme ve Öneriler

Bu çalışmada AAD uygulamalarında yasal sınırı aşan kısımların edinimine yönelik tüzede farklı kuralların geçerli olduğu üç farklı dönemdeki yasal hükümlerin içerikleri, etkileri, uygulama işlemleri ve sonuçları incelenmiştir. Bu teorik incelemeye bağlı olarak da çalışma metodolojisi olarak seçilen örnek olay çalışmasıyla bir AAD projesi temel alınarak 2019-2020 yıllarında yürürlüğe giren ancak yakın zamanda yargı kararları ile yürütmesi durdurulan kamulaştırılmak üzere tahsis uygulamasının teknik, yasal ve sosyal sorun alanları tespit edilmiştir. Bu sorun alanları irdelenerek yeni yasa çalışmalarına katkı sağlanması amaçlanmıştır. Çalışmada esas alınan örnek AAD projesi sonuçlarına göre kamulaştırılmak üzere tahsis uygulamalarında:

- Kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek fonksiyonun belirlenmesinde esas alınan sıralamanın sadece ana fonksiyona

göre düzenlenmiş olmasının aynı ana fonksiyon içerisinde yer alan farklı umumi hizmet alanlarının edinim sıralamasında belirsizliğe yol açtığı;

- Kamulaştırılmak üzere tahsis konu olacak fonksiyonun uygulama alanında birden fazla sayıda olmasının hangi umumi hizmet alanının öncelikli olacağı konusunda benzer bir belirsizlik yaratabildiği;
- Kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek fonksiyonun tespitinde ortaya çıkan belirsizliklerin hangi maliklerin kamulaştırma konusu olacağı, hangi kurumların kamulaştırma yükü altında kalacağı, ya da kamulaştırma bedelinin miktarı gibi birçok konuyu etkileyerek kamu kurumları arasında ve uygulayıcı idare ile malikler arasında çatışma oluşturmasının yanı sıra özel tesis yapılmasına konu olabilecek fonksiyonların tercih edilmesine sebep olabileceği;
- Kamulaştırılmak üzere tahsis uygulamasının tasarımında kadastral parsellerin kısmen çakışacağına esas alınması sebebiyle kadastral parsellerin tamamen ya da %55’inden fazlasının kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek fonksiyonla çakışması durumunda hesap doğruluğu sağlanamayacağı; buna bağlı olarak çakışan parsellerden hem DOP kesintisi yapılmasının, hem de DOP kesintisi yapılmamasının mevcut tüzeve ve yargı kararlarına aykırılık oluşturacağı;
- Kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek fonksiyonla çakışan kadastral parseller içerisinde DOP kesintisi yapılamayacak parsel olması durumunda çakışan diğer parsellerden daha fazla kesinti yapılmasını gerektireceği; bu durumun kamulaştırılmak üzere tahsis uygulamasının gerçekleştirilmesini engelleyebileceği;
- AAD uygulamaları içerisinde yapılan işlemin tahsis işlemi olarak tanımlanması ve kamulaştırma işleminin uygulama sonrasında gerçekleştirilmesi olarak tasarlanması sebebiyle “*herhangi bir parselden bir miktar sahanın kamulaştırılmasının gerekmesi halinde düzenleme ortaklık payı, kamulaştırmadan arta kalan saha üzerinden ayrılır.*” maddesinin uygulanma ihtimalinin bulunmadığı sonuçlarına ulaşılmıştır.

Günümüzde AAD uygulamalarında 2019-2020 yıllarında düzenlenen yasal sınırı aşan kısımların kamulaştırılmak üzere tahsis edilmesi yaklaşımının yürütmesinin durdurulması sebebiyle AAD projelerinde yasal sınırı aşan kısımların kamulaştırılmak üzere tahsis edilme imkânı kalmadığı gibi hangi edinim yöntemiyle ve hangi aşamada edinileceği de belirsiz hale gelmiştir. Buna ek olarak DOP alanlarının ediniminde benimsenen sıralamanın da yürütmesinin durdurulması sebebiyle yasal sınırı aşan uygulamalarda hangi fonksiyonun kamulaştırma konusu olacağını belirlemek de imkânsız hale gelmiştir. Bu duruma bağlı olarak yasal sınırı aşan uygulamalarda kamulaştırma yapılma imkânı olmadığı gibi kamulaştırılmak üzere tahsis imkânı da bulunmamaktadır. Bu belirsizliklere çözüm olarak yasal sınırı aşan uygulamalarda DOPO oranının düşürülmesine yönelik düzenleme sınırı değişikliği gibi teknik çözümler haricinde herhangi bir uygulama tasarımı bulunmamaktadır. Yönetmelik hükümlerinin yürütmelerinin durdurulması üzerinden iki yıldan fazla bir süre geçmesine rağmen yeni bir uygulama tasarımının yürürlüğe konmaması düşündürücüdür. Oysa AAD arsa politikalarının uygulanmasında belediyelerin mevcut kısıtlı sayıdaki araçlarından en önemli aracıdır. Arsa politikası uygulama araçlarında var olan kıtlık AAD’yi daha da önemli hale getirmektedir. Ayrıca AAD’nin temel olarak bir plan uygulama aracı olduğu düşünüldüğünde sadece yerel yönetimler için değil hiyerarşik planlama sistemi içerisinde merkezi yönetimin arsa politikalarını içeren imar planlarının da uygulanmasını sağlamaktadır. Bu sebeple en kısa sürede yargı kararları ile oluşan uygulama boşluklarının doldurulması gerekmektedir.

Yargı kararları sonucunda oluşan yasal boşluklardan yasal sınırı aşan alanların edinimi hakkında yasa koyucunun üç farklı düzenleme yapma ihtimali değerlendirilmektedir. Bunlardan ilki 2019-2020 dönemi öncesinde geçerli olan KOP

uygulamalarına geri dönüş sağlanmasıdır. Bu yönde bir yasal düzenleme, hem kamulaştırılmak üzere tahsis uygulamasının, hem de Danıştay Altıncı Dairesinin 08/06/2021 tarihli ve E: 2020/5904 sayılı kararı ile kamuya ait kreş alanları, kent meydanı, kent parkı, spor alanı, teknik altyapı alanı, kamuya ait trafo alanı ve diğer umumi ve kamu hizmet alanlarının DOP kapsamında ediniminin yürütmesini durdurmasıyla birlikte ele alındığında olasıdır. 2019-2020 yılı yasal düzenlemeleri öncesinde KOP uygulaması doğrudan yasal sınırı aşan alanların ediniminde kullanılması da DOP oranını düşürmesi ve tanımlı alanların uygulama sonrasında sorumlu idare tarafından ediniminin sağlanması bakımından uygulama sırasında gerçekleştirilen kamulaştırma uygulaması ile bütün olarak ele alınmaktadır. Bu durumda yeniden düzenlenecek bir KOP uygulamasında hem AAD uygulamasında yasal sınırı aşan alanların, hem de DOP kapsamında olmayan alanların KOP alanı olarak tanımlanarak tüm maliklere hisselendirilmesi ile yeni bir uygulama tasarlanması olasıdır. Böylesi bir uygulamayla bir düzenleme bölgesinde bedelsiz kesintiyle edinilemeyen alanlar ile yasal sınırı aşan alanların tüm maliklere yansıtılması sağlanabilir. Böylesi bir tasarımın, 2019-2020 yıllarında yürürlüğe giren kamulaştırılmak üzere tahsis uygulamalarından daha adil olacağı ve daha fazla netliğe sahip olacağı açıktır. Bu yaklaşımda DOP ile edinilememesi sebebiyle KOP alanı olarak tasarlanacak alanların, imar planı yürürlüğe girdiği anda edinim yöntemi ve kamulaştırmadan sorumlu idareleri belirlenmiş olacaktır. Ancak uygulamalarda yasal sınırı aşan kısımların ediniminde her iki uygulamada da kamulaştırma işleminden sorumlu olacak idare, yerel yönetim tarafından yapılacak düzenleme işlemi beklemek durumundadır. Buna bağlı olarak da kamulaştırmadan sorumlu idareler –eskiden de olduğu üzere– planların uygulanmasıyla ilgili sorumluluğun belediyelere ait olduğu gerekçesiyle öncelikle planın uygulanmasını ve parselasyon haritalarının oluşturulmasını beklemek zorunda kalacaktır. Bu sebeple sadece bu alanlara özgü bir istisna ile parselasyon planları oluşturulmadan kamulaştırma yapılabilmesinin sağlanması tartışılabilir. Bu tartışma özellikle imar planında yer alan bir umumi hizmet alanının her koşulda beş yıl içerisinde kamu tarafından ediniminin sağlanması gerektiği aksi durumda mülkiyet hakkına müdahale olacağı yönünde yerleşmiş norm bakımından gereklidir. Bilindiği üzere AYM'nin 29/07/2022 tarihli ve 31907 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan 30/03/2022 tarihli kararı (Uğur Elbir Başvurusu - Başvuru Numarası: 2019/24581) ile mülkiyet hakkına müdahale durumu beş yıl içinde edinimi sağlanamamış KOP alanları için de geçerlidir.

Diğer bir alternatif ise kamulaştırmak üzere tahsis uygulamasının tekrar yürürlüğe alınmasıdır. Bu yaklaşım örneğin 2B alanlarının orman sınırı dışına çıkartılması ya da hukuki el atma sorununun ötelenmesi gibi belirli konularda yasa koyucu tarafından benimsenen bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımda yasa koyucu en net tanımla yargı kararı tarafından iptal edilen hükümleri yeniden yürürlüğe sokarak yeniden iptaline kadar geçen sürede sorunu ötelemektedir. Bu sebeple de kamulaştırılmak üzere tahsis uygulamasının bu makalede de açıklanan sorunlara çözüm üretmeden yeniden yürürlüğe alınması durumunda iptal edileceği açıktır. Bu sorunlar içerisinde maliklerin imar haklarını kullanmaları için tahsis edilen alanlar içerisinde kamulaştırılmak üzere tahsis edilecek fonksiyonun bulunması, kamulaştırma işleminin yalnızca belirli malikleri kapsamı ve uygulamanın hesap doğruluğu sağlayamayan tasarımsal hataları öne çıkmaktadır.

Değerlendirilen son seçenek ise yeni bir uygulama tasarımının yapılmasıdır. Bu tercih diğer iki alternatifin kısıtları düşünüldüğünde en uygun yaklaşım olacaktır. Ancak diğer iki yaklaşımda esas alınan ve yasa koyucunun farklı yasalarından da anlaşılabilen hizmet alanlarının edinimini öteleme yaklaşımını sonlandırması gerekmektedir. Bu yaklaşım bugüne kadar birçok yasa içerisinde yer alsa da her biri istisnasız olarak yargı kararları ile iptal edilmiştir. Bu yaklaşımdan doğrudan etkilenen maliklerin yanı sıra birçok durumda kamu idarelerinin yoğun tazminat ödemeleri ile karşı karşıya kalmaları ile sonuçlanmaktadır. Bu sebeple yeni “yaratıcı” öteleme içeren yaklaşımlar yerine uygulama finansmanının güçlendirilmesi gerekmektedir. Bu yaklaşım da AAD uygulamalarının öz finansmanla yürütülmesini sağlayacak maliyet karşılama ve değer kazanım araçlarının uygulamada tasarımını zorunlu kılmaktadır. Bu yönde yasa koyucu tarafından yıllardır var olan politika hedeflerine ek olarak yasa tasarısı, uygulama modeli arayışı gibi somut adımlar da atılmıştır. 2020 yılında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (Mekânsal Planlama Genel Müdürlüğü) tarafından “Mevzuat Geliştirme ve İmar Uygulaması” isimli ve

2020/244567 kayıt no'lu ihale ile yeni bir imar uygulama modelinin geliştirilmesi için danışmanlık alım ihalesi düzenlenmiştir (EKAP, 2020). İlgili ihalenin teknik şartnamesi incelendiğinde AAD yönteminin finansman yapısının iyileştirilmesine yönelik bir model arayışı içerisinde olduğu anlaşılrsa da henüz sonuçlanamamıştır. Bu adımların gerçekleştirilmesi durumunda DOP ile edinilemeyen veya yasal sınırı aşan umumi hizmet alanlarının ediniminin KOP ya da kamulaştırılmak üzere tahsis gibi ara adımlara gerek olmadan doğrudan gerçekleştirilmesi sağlanabilir.

Son olarak bir diğer nokta da belediyeler tarafından kullanılabilir farklı politika uygulama araçlarının yasa koyucu tarafından tasarlanarak yürürlüğe konması gerekliliğidir. Ülkemizde belediyelerin politika uygulama araçları kısıtlı sayıda olup bu kıtlık AAD uygulamalarını temel araç kılmaktadır. AAD uygulamaları özü itibari ile kapsamlı bir uygulama aracı olup imar planlarının gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Oysa farklı amaçlara özgü bütüncül ya da kısmi kentsel müdahalelerde farklı araçların da etkin olması sağlanabilir. Özellikle imar hakkı transferi, arazi bankacılığı, ön alım hakkı, pazarlanabilir imar hakları ve değer kazanım araçları gibi farklı birçok politika uygulama aracının, farklı kamusal amaçlara özgülenerak belediyelere sunulması gerekmektedir.

Yazar Katkısı

Ahmet Yılmaz: Fikir, Veri toplama, Tasarım, Analiz ve yorumlama, Yazım, Makale değerlendirme, Denetleme. **Oytun Yılmaz:** Fikir, Veri toplama, Literatür taraması, Analiz ve yorumlama, Yazım, Makale değerlendirme, Denetleme.

Çıkar Çatışması Beyanı

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

Kaynaklar

- Akdeniz, H. (2022). Kent Planlarının Uygulama Aracı Olarak Arazi ve Arsa Düzenlemesi. *İDEALKENT*, 13(37), 1753-1771.
- Çay, T., & Kandemir, E. S. (2022). Türkiye'de imar uygulama mevzuatındaki gelişim süreci. *Geomatik*, 7(1), 26-40.
- Çepni, M.S., & Akıncı, M. (2020). Şekillenmeyen Hamur: İmar Mevzuatındaki Değişiklikler İçin Bazı Tespitler, *Mahalli İdareler Dergisi* 94(220), 3-16.
- Çepni, M. S. (2021). İmar Yasası'nın 18. Maddesindeki Değişiklikler ve İdare Hukuku Açısından Olası Sorunlar: Eşdeğer Tahsis ve Hisse Çözümleme. *İzmir Barosu Dergisi*, 86(1), 53- 72.
- Çepni, M. S. (2022). Tescil dışı alanların arsa düzenlemelerinde değerlendirilmesi. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 9(2), 127-136.
- Çepni, M. S. (2023). Arazi ve arsa düzenlemelerinde düzenleme ortaklık payının alınmadığı durumlarda bedele dönüştürülmesi. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 10(1), 16-29.
- EKAP (2020). 2020/244567 no'lu Danışmanlık Alım İhalesi, <https://ekap.kik.gov.tr/EKAP/Ortak/VatandasIlanGoruntuleme.aspx?aramaDownload=true&ihaleId=782d8e29f21295f6dd7aa051e54e4696717aa84af0e7c38cbdd9628d353a553c&ddac=true> (Erişim Tarihi: 7 Aralık 2022).
- HKMO (2021). Arazi ve Arsa Düzenlemeleri Hakkında Yönetmelik Uygulamaları Çalıştay Sonuç Raporu. HKMO Yayınları, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası. <https://obs.hkmo.org.tr/show-media/uploads/news/dda1dd69efb38342d9e50e6888732368.pdf> (Erişim Tarihi: 11 Kasım 2022).
- Odabaş, A. İ. (2022). *Arazi ve arsa düzenlemesi mevzuatında yapılan değişikliklerin ve etkilerinin incelenmesi: Çorum ili örneği* (Yüksek Lisans Tezi), Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Samsun, Türkiye.
- Yılmaz, A. (2020). Kamulaştırmaz el atma ve hukuki el atma kavramlarının tüzel gelişiminin incelenmesi. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 7(2), 155-183.

Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi

Journal of Geodesy and Geoinformation

İÇİNDEKİLER - CONTENTS

ARAŞTIRMA MAKALELERİ / RESEARCH ARTICLES

- Deniz kadastro üzerine yapılan araştırmaların bibliyometrik analizi
A bibliometric analysis of marine cadastre research 80-95
Halil Burak AKDENİZ, Şaban İNAM
- Evaluation of zoned public real property parcels as small industrial site and model proposal: SISPE
Kamuya ait imarlı parsellerin küçük sanayi sitesi olarak değerlendirilmesi ve model önerisi: SISPE 96-115
Mehmet Aziz SAYAR, Mustafa ULUKAVAK
- Üretken uzamsal zekânın getirdiği paradigma değişimi
Paradigm shift by generative spatial intelligence 116-148
Caner GÜNEY
- Determining soil moisture with Sentinel-1 image
Sentinel-1 görüntüsü ile toprak neminin belirlenmesi 149-156
Rutkay ATUN, Onder GURSOY
- Karadeniz akıntı ve batimetri profilinin kıyı kirliliğine etkisi
The effect of the Black Sea current and bathymetry profile on coastal pollution 157-170
Muhsin KANBAZ, Melis UZAR
- Arazi ve arsa düzenlemesinde kamulaştırma amaçlı tahsis yaklaşımının incelenmesi
An analysis of the allocation for expropriation approach in land readjustment 171-189
Ahmet YILMAZ, Oytun YILMAZ

