



tmmob

8. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi

Uzamsal Zekâ ile Kolektif Bilinç



Genişletilmiş Bildiri Özetleri Kitabı



TMMOB 8. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ KONGRESİ

20 - 22 KASIM 2024

İçindekiler

Kongre Kurulları	5
Başlarken	9
Kongre Programı	11
Sözlü Sunumlar	24
Doğal Afetlerin Hemen Sonrasında Uydu Görüntüleri ve SAR Verileri Kullanılarak Yeni Nesil Yapay Zeka Modeli	
Tabanlı Elektrik Yapısal Unsurları Hasar Tespit Sisteminin Geliştirilmesi	25
Sürdürülebilir Orman Yönetiminde Yapay Zekânın Kullanımı	28
Veri, Bilgi ve Bilgelik Yolunda Yapay Zekâ: Semantik Web Teknolojileri ile Yapay Zekânın Etkileşimi ve Semantik Zenginleştirme Bağlamında Uzamsal Zekâ	29
Yapay Zekâ Yöntemleri ile Uydu Görüntülerinden Orman Böcek	31
Mekansal Zekâ (GeoAI) Yeteneklerinin İrdelenmesi ve CBS Ortamında Uygulama Analiz Araçlarının Geliştirilmesi	33
Uzamsal Zekâ ile Sağlık ve Çevre İçin Atık Su İzleme: Kolektif Bilişle Geleceğe Yatırım	36
İzmir Web Tabanlı Yangın Destek ve İzleme Sistemi (YADİS)	37
İSKİ Kurumsal Coğrafi Bilgi Sistemi Gelişim Süreci	39
MAKS-KPS “Yerleşim Yerinde Oturanlar Yetkili İdare Bilgi Servisi”nin Önemi ve Kapatılmasının Belediye Hizmetlerine Etkisi	41
Kent Bilgi Sistemlerinin Türkiye’deki Yerel Yönetimlerde Uygulanabilirliği Üzerine Bir Değerlendirme	43
Havalimanlarında Cbs Uygulamaları, Mekansal Planlama Ve Dijital Dönüşüm Üretimi	45
Akıllı Kentlerde Akıllı Yaşam ve Akıllı İnsan Bileşenlerinin Ölçülmesi	47
Kültürel Mirasın İzlenmesinde Yapay Zekânın Kullanımı	49
Farklı Veri Kaynaklarının Entegrasyonu ile Gordion (Yassihöyük) ve Yakın Çevresinin Üç Boyutlu Modellenmesi	50
Ankara’dan Ankara’ya: Çok Katmanlı Kentin Kolektif Hafızasının Mekânsal İzlerini CBS Ortamında Çözümlemek ve Değerlendirmek	53
Mekân İnsan Hafıza: Bozcaada’nın Kültürel Mirasının CBS Aracılığı ile Bütünleşik Korunması	56
Kapalı Alan Navigasyon Sistemlerinde İnovatif Pozisyonlama ve Rotalama Yöntemleri: iNavi örneği	58
4D Web Uygulaması ile Sensör Verilerinin Görüntülenmesi	60
Yapı Bilgi Modelinin Görselleştirilmesi: Mekansal Gösterge Paneli	62
Doğal Dil İşleme (NLP) Teknikleri ile Veri Zenginleştirme ve Değer Tahmin Modelinin Geliştirilmesi	64
Sentinel-2 Uydu Görüntülerinde Derin Öğrenme ile Süper	67
3 Boyutlu Kadastro Uygulamalarında Veri Kalitesinin Artırılması İçin Üçüncü Parti Yazılımların Yeri ve Önemi	70
Afet Risk Yönetimi ve CBS	72
Afet Risk Yönetimi: İstanbul’un Kentsel Dönüşüm Sürecinde Afet Öncelikli Müdahale Alanlarının Tespiti	74
Derin Öğrenme ile Depremden Sonra Enkaz Kaldırma Çalışmalarının Uydu Görüntüleriyle Takibi: Hatay Örneği	76
Gediz Deltası Taşkın Risk Analizinde Global ve Açık Erişimli Yükseklik Modellerinin Kullanılabilirliğinin Araştırılması	78

Landsat 9 ile Taşkın Hasar ve Risk Analizi; Zonguldak Örneği	81
Türkiye Diri Faylarına Ait Paleosismoloji Veri Tabanı Kapsamında Çevrimiçi Bulut Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları	84
Çocuk Odaklı Şehir: Kapsayıcı Stratejiler İçin Veri ve Harita Tabanlı Web Platformu	86
Toplumsal Dirençliliğin Artırılmasında Kitle Kaynaklı Açık Veri Üretimi ve Bilgi Yönetimi: İzmir Planlama Ajansı / Karakulaklar Deneyimi	89
Afet ve Acil Durumlarda Topluluk Odaklı Açık Verinin Yeri ve Kullanımı - OpenStreetMap Örneği	91
Antiquake Risk Avcısı Topluluk Projesi – Kuzguncuk Mahallesi Afet Risklerinin Azaltılması Projesi Veri İletişim Platformu	93
Yerel Yönetimler Tarafından Üretilen Verilerin Tematik Haritalara Dönüştürülmesi: “haritala.com.tr” Platformu Önerisi	95
Mobil Planlamada CBS Tabanlı Müşteri Şikayetlerinin Değerlendirilmesi	98
Maden Sahalarının Ekolojik ve Ekonomik Açından Sürdürülebilir Remediasyonunun Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Planlanması	100
Rüzgar Enerji Santralleri Uygunluk Analizi: Maksimum Entropi	102
İklim Değişikliği ve Seracılık İçin En uygun Yer Tespiti: Bala (Ankara) Örneği	104
LUCIS Modeli ile Uygun Tarım Alanlarının Belirlenmesi; Erzurum Örneği	106
Fındığın (Corylus avellana L.) Fenolojik Özelliklerinin Belirlenmesine Yönelik Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri Kullanılarak Bitki Örtüsü İndeks Zaman Serilerinin Oluşturulması	108
Deprem Sonrasında Yıkılan Binaların Belirlenmesinde Kullanılan Yapay Öğrenme Yöntemlerinin Karşılaştırılması	111
Sentinel-2 Uydu Görüntüleri Kullanılarak İzmir Karşıyaka’da Meydana Gelen Orman Yangınının Etkilerinin Analizi	113
İklim Değişikliğine Uyum Sürecinde Sıcak Hava Dalgalarının Zamansal ve Mekansal Analizi: Sakarya İli Örneği	116
Çok Değişkenli Uyarlanabilir Regresyon Eğrileri Algoritmasına Dayalı Hibrit Sınıflandırma Modellerinin Geliştirilmesi	119
İstanbul’da 1990-2018 Yılları Arasındaki Peyzaj Değişimlerinin Coğrafi Bilgi Sistemi Aracılığıyla Kompaktlık Metriklerine Dayalı Analizi	123
Düşük Maliyetli Lidar Cihazı ile Yapıların 3 Boyutlu Modellenmesi	126
Poster Sunumlar	128
İzmir Büyükşehir Belediyesi Parselasyon Planı Bilgi Sistemi (PARBİS)	129
İstanbul İlinde Kampüs Yapısına Sahip Hastanelerde Mekansal Sorunlar Ve Mekansal Veri Kalitesi	131
Açık İşletme Maden Sahası Harita ve Harita Bilgilerinin RTK/PPK Özellikli ve RTK/PPK Özellikli Olmayan İHA Kullanılarak Üretilmesi ve Ürünlerin Karşılaştırılması	134
Dijital İkiz Büyükçekmece	137
3B Maden Haritalarının Maden Yaşam Döngüsündeki Verimlilik, Güvenlik ve Sürdürülebilirliğe Katkıları	142
İçerik Tabanlı Görüntü Erişimi ile Uzaktan Algılama Verilerinde Obje Arama	144
Türkiye’de Perakende Market Zincirlerinin Coğrafyaya Göre Yer Seçimi Tercihlerinin İncelenmesi	146
Akıllı Şehirlerde Yeni Nesil Ulaşım Yaklaşımları ve Coğrafi Bilgi Teknolojilerinin Kullanımı Uygulaması	148
Sürdürülebilir Kentsel Lojistikte Elektrikli Araçlar İçin Rotalama Çözümü	151
Elektrik Dağıtım Sektöründe Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları	153
Akıllı Şehir Sistemin de Kullanılmak Üzere, CBS Teknolojisi Kullanılarak Açık Kaynak Kodlu 3B Web Uygulaması Geliştirmek: Örnek SeçGEO 3B Web Uygulaması	155
Kent Planlamasında CBS Kullanımı: İzmir - Plan Projesi Örneği	157



Toplu Taşınmaz Değerlemesinde Yeni Nesil Makine Öğrenmesi Tekniklerinin Modelleme Performanslarının Değerlendirilmesi	159
Landsat-7 Multispektral Görüntülerindeki Şerit Hatalarının Derin Öğrenme Yöntemleri ile Düzeltmesi	162
Yerli Yazılım Uygulamalarının Altyapı Yönetimindeki Önemi: Elektrik Dağıtım CBS Uygulaması Örneği	165
Twitter Verilerinden Depremle İlgili Konuların Makine Öğrenme Yöntemleri İle Çıkarılması: Kahramanmaraş Merkezli Depremler Örneği	167
Fotogrametri Yazılımlarının CBS Uygulamalarındaki Yeri ve Bulut Bilişimle Entegrasyonu: Geleceğin Mekansal Çözümleri	169
4 Boyutlu Kadastro Altlıklarının Bileşenleri: Erzurum Örneği	171
3 Boyutlu Haritalama Teknolojilerinin Gayrimenkul Değerleme	173
Yapay Zeka Destekli Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Elektrik Şebekesi Anomalilerinin Tespiti	178
İmar Barışı/Affı Uygulamasında Bütünleşik Mekansal Veri Sorunu, Trabzon/Uzungöl Örneği	181
Orman Yangınlarının Hava Kalitesi ve Yer Yüzey Sıcaklığına Etkisinin Çevrimiçi Harita ile Sunumu: Antalya ve İzmir Örneği	183
Güçlü ve Zayıf ICESat-2/ATLAS Sinyallerinin Obje Yükseklik Belirlemedeki Performans Analizinin CBS ile Entegrasyonu	186
Deprem Sonrası Yapılarda Meydana Gelen Hasarların CBS Yardımıyla Belirlenmesi	188
Multidisipliner Yaklaşımla Mekânsal ve Ekolojik Planlamada Proje Bazlı CBS Eğitimi	190
Açık Görüntü Verilerinden Vektör Bilgi Türetme	192
Yol Yatırımlarının Önceliklendirilmesinde Ulaşım Değer Haritası Yaklaşımı: Ordu İli Örneği	195
Arkeoloji Tezlerinde CBS Uygulamaları: Eğirdir Gölü Çevresi Üzerine Bir Vaka Çalışması	197
İlan ve Reklam Vergilerinin Doğrulanmasında CBS Temelli, Düşük Maliyetli Bir Çözüm Önerisi	199
Açık Veriyle Geleceği Şekillendirmek: Şeffaf Ve Katılımcı Yerel Yönetimler İçin Ulasav'ın Gücü Ve Kaçırılan Fırsatlar	201
Kuraklığın Fourier Analizi ile Frekans Boyutunda Değerlendirilmesi	203
Geleneksel Yöntemler ve CBS Kullanımıyla 6 Şubat 2023 Depremlerinden Sonra Antakya'da Planlama	206
Uydu Görüntüleri ile Gemi Tespiti: YOLOv5 ve YOLOv8	209
Açıklanabilir Yapay Zeka Yöntemleri ile Ağaç Türlerinin Sınıflandırılması	211
6 Şubat 2023 Depremlerinin Adıyaman Tut İlçesindeki Yükseklik Değişimine Etkisinin Göktürk-1 Verilerinden Üretilen Sayısal Yükseklik Modeli Kullanılarak İncelenmesi	215
2,5 Boyutlu Değil 4 Boyutlu Yol Projesi Tasarımı ve CBS	217

Düzenleme Kurulu

Düzenleme Kurulu Başkanı:

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası
Doç. Dr. Ahmet Özgür Doğru

Ekrem Poyraz

Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği

Müveddet Hanze Gürkaş

Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği

Hülya Küçükaras

Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği

Mustafa Kubilay Yıldırım

Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği

Güler Sağıt

Bilgisayar Mühendisleri Odası

Ender Kelleci

Elektrik Mühendisleri Odası

Prof. Dr. Tolga Çan

Jeoloji Mühendisleri Odası

Ş. Işın Çavdar

Kimya Mühendisleri Odası

Talat Karataş

Maden Mühendisleri Odası

Deniz Alp Yılmaz

Makina Mühendisleri Odası

Onur Hakan Doğan

Meteoroloji Mühendisleri Odası

Prof. Dr. Ayşe Güliz Bilgin Altınöz

Mimarlar Odası

İsa Sertkaya

Orman Mühendisleri Odası

Özlem Yalçınkaya

Şehir Plancıları Odası

Mehtap Ercan Bilgen

Ziraat Mühendisleri Odası

Prof. Dr. Emine Figen Dilek

Peyzaj Mimarları Odası

Ali İpek

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Eray Yıldız

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Murat Türüdü

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Ufuk Aydın

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Gizem Gürlek Cangür

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Mehmet Ali Sergen

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Ozan Özer

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Hüseyin Ülkü

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Prof. Dr. Dursun Zafer Şeker

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Prof. Dr. Fatmagül Kılıç

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Prof. Dr. Çetin Cömert

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Doç. Dr. Caner Güney

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Prof. Dr. Nesibe Necla Uluğtekin

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Prof. Dr. Rahmi Nurhan Çelik

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Prof. Dr. Cemal Özer Yiğit

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Prof. Dr. Aydın Üstün

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Doç. Dr. Nusret Demir

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Yürütme Kurulu

Yürütme Kurulu Başkanı: Doç. Dr. Ahmet Özgür Doğru,

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Kongre Sekreteri: Ozan Özer,

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Gizem Gürlek Cangür

Dr. Merve Keskin

Doç. Dr. Berk Anbaroğlu

Dr. Öğr. Üyesi Emin Özgür Avşar

Dr. Öğr. Üyesi Osman Sami Kırtıloğlu

Dr. Ozan Öztürk

Melek Horoz

Hasan Zengin

Erdem Acuner

Kongre Saymanı

Üye

Üye

Üye

Üye

Üye

Üye

Üye

Üye

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Araştırmacı, Salzburg Paris-Lodron Ün. (PLUS)

Hacettepe Ün. Öğretim Üyesi

Çanakkale Onsekiz Mart Ün. Öğretim Üyesi

İzmir Katip Çelebi Ün. Öğretim Üyesi

Recep Tayyip Erdoğan Ün. Öğretim Elemanı

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası

Destek Verenler

Prof. Dr. Nesibe Necla Uluğtekin

Prof. Dr. Rahmi Nurhan Çelik

Doç. Dr. Mustafa Tevfik Özlüdemir

Doç. Dr. Caner Güney

TMMOB 7. CBS Kongresi Düzenleme Kurulu Başkanı

Mesleki Eğitim-Öğretim Komisyonu

Mesleki Eğitim-Öğretim Komisyonu

Kartografya ve Mekânsal Bilişim Komisyonu

Bilim Kurulu

Prof. Dr. Ali Melih Başaraner	Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Aliye Ahu Gülümser	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Arif Çağdaş Aydınoglu	Gebze Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Arzu Erener	Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Aslı Garagon	Boğaziçi Üniversitesi
Prof. Dr. Aydın Üstün	Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Ayşe Filiz Sunar	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Ayşe Güliz Bilgin Altınöz	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Ayşe Yavuz Özalp	Artvin Çoruh Üniversitesi
Prof. Dr. Azime Tezer	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Bahattin Erdoğan	Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Bülent Bayram	Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Can Ayday	Anadolu Üniversitesi
Prof. Dr. Cem Gazioğlu	İstanbul Üniversitesi
Prof. Dr. Cemal Özer Yiğit	Gebze Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Coşkun Özkan	Erciyes Üniversitesi
Prof. Dr. Cüneyt Güler	Mersin Üniversitesi
Prof. Dr. Çetin Cömert	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Çiğdem Göksel	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Derya Öztürk	Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Prof. Dr. Dursun Zafer Şeker	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Elif Sertel	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Erol Köktürk	Mekânsal Bilişim İnisiyatifi
Prof. Dr. Ertuğrul Aksoy	Uludağ Üniversitesi
Prof. Dr. Fatih Güngen	Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Fatih Terzi	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Halil Akıncı	Artvin Çoruh Üniversitesi
Prof. Dr. Haluk Özener	Boğaziçi Üniversitesi
Prof. Dr. Hande Demirel	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Hüseyin Topan	Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi
Prof. Dr. Hüsnüye Ebru Çolak	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. İbrahim Öztuğ Bildirici	Konya Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. İlhami Bayramın	Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. İsmail Rakıp Karas	Karabük Üniversitesi
Prof. Dr. Mehmet Ali Yücel	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Prof. Dr. Murat Yakar	Mersin Üniversitesi
Prof. Dr. Mustafa Türker	Hacettepe Üniversitesi
Prof. Dr. Nesibe Necla Uluğtekin	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Nursu Tunalioglu Öcalan	Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Nüket Sivri	İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa
Prof. Dr. Oğuz Güngör	Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Orhan Akyılmaz	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Özge Yalçiner Ercoşkun	Şehir Plancıları Odası
Prof. Dr. Özgün Akçay	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Prof. Dr. Rahmi Nurhan Çelik	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Sadık Toprak	İstanbul Üniversitesi
Prof. Dr. Savaş Süleyman Durduran	Necmettin Erbakan Üniversitesi
Prof. Dr. Sultan Kocaman Gökçeoğlu	Hacettepe Üniversitesi

Bilim Kurulu

Prof. Dr. Süha Berberoğlu	Çukurova Üniversitesi
Prof. Dr. Şenol Hakan Kutoğlu	Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi
Prof. Dr. Tahsin Yomralıoğlu	İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Tarık Türk	Cumhuriyet Üniversitesi
Prof. Dr. Taşkın Kavzaoğlu	Gebze Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Tolga Çan	Çukurova Üniversitesi
Prof. Dr. Türkay Gökgöz	Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Uğur Avdan	Eskişehir Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Ümit Işıkdag	Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi
Prof. Dr. Volkan Çağdaş	Yıldız Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Ahmet Özgür Doğru	İstanbul Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Alper Şen	Yıldız Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Berk Anbaroğlu	Hacettepe Üniversitesi
Doç. Dr. Berkay Bahadır	Hacettepe Üniversitesi
Doç. Dr. Caner Güney	İstanbul Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Hakan Akçın	Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi
Doç. Dr. İsmail Ercüment Ayazlı	Cumhuriyet Üniversitesi
Doç. Dr. Kerem Yavuz Arslanlı	İstanbul Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Muhammed Yasin Çodur	Erzurum Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Murat Selim Çepni	Kocaeli Üniversitesi
Doç. Dr. Mustafa Tefik Özlüdemir	İstanbul Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Muzaffer Can İban	Mersin Üniversitesi
Doç. Dr. Nusret Demir	Akdeniz Üniversitesi
Doç. Dr. Saygın Abdikan	Hacettepe Üniversitesi
Doç. Dr. Sedat Doğan	Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Doç. Dr. Selda Mercan	İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa
Doç. Dr. Senem Tekin	Adıyaman Üniversitesi
Doç. Dr. Süleyman Sefa Bilgilioğlu	Aksaray Üniversitesi
Doç. Dr. Taylan Öcalan	Yıldız Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Uğur Algancı	İstanbul Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Utkan Mustafa Durdağ	Artvin Çoruh Üniversitesi
Doç. Dr. Zeynep Türkmen	İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa
Dr. Öğr. Üyesi Ali Hasan Doğan	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Emin Özgür Avşar	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Hasan Tahsin Bostancı	Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Üstüner	Artvin Çoruh Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Osman Sami Kırtıloğlu	İzmir Katip Çelebi Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Ziya Usta	Artvin Çoruh Üniversitesi
Dr. Merve Keskin	Salzburg Paris-Lodron Üniversitesi (PLUS)
Dr. Ozan Öztürk	Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi

Başlarken

Değerli Katılımcılar,

Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası sekreteryasında 20-22 Kasım 2024 tarihlerinde Ankara’da düzenlenen **TMMOB 8. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kongresi’nin** genişletilmiş özet kitabına hoş geldiniz. Bu kitap, kongremizin bilimsel ve teknik birikimini sizlere sunarken, aynı zamanda ana temamız olan “**Uzamsal Zekâ ile Kolektif Bilinç**” etrafında şekillenen ortak akıl ve çözüm süreçlerinin bir yansımasını taşımaktadır.

“**Uzamsal Zekâ ile Kolektif Bilinç**”, çağımızın karmaşık sorunlarına **disiplinler arası, yenilikçi ve insan merkezli bir yaklaşım** sunmanın gerekliliğini vurgulayan bir tema olarak, toplumsal dayanıklılığı artırmanın, çevresel sürdürülebilirliği sağlamanın ve teknolojik dönüşümü toplumun faydasına sunmanın önemine dikkat çekmektedir. **Uzamsal zekâ**, mekânsal verilerin günümüzde yapay **zekâ ile de birleşerek** analiz edilmesi, anlamlandırılması ve çözüm odaklı bir çerçeveye dönüştürülmesiyle, toplumsal sorunların çözümünde etkili bir araçtır. Ancak bu teknolojik kapasitenin gerçek bir dönüşüme evrilmesi, **kolektif bilincin harekete geçirilmesiyle** mümkündür. Bu kongre, **uzamsal zekânın çok boyutlu yaklaşımını kolektif bilinçle birleştirerek** sorunlara yenilikçi ve sürdürülebilir çözümler sunmayı amaçlamaktadır. Başta mimar, mühendis ve şehir plancıları olmak üzere, coğrafi bilgi sistemleri temelli kolektif çalışmalara katkı sağlayan hekimler, sosyologlar ve diğer ilgili disiplinlerden araştırmacıları bir araya getiren kongre, ülkemizin süregelen problemlerine uygulanabilir ve etkili yenilikçi çözümler geliştirmeyi hedeflemektedir.

TMMOB 8. CBS Kongresi kapsamında biri çağrılı on bir bilimsel ve teknik oturumda **dördü çağrılı toplam kırk beş sözlü sunum** gerçekleştirilmesi planlanmıştır. Ayrıca kongremizin programında **otuz yedi adet poster bildiri** sunumu yer almaktadır. Bu sunumlar, uzamsal zekânın çevresel, sosyal, kültürel ve dijital boyutlarını ele alan geniş bir yelpazede, yapay zekâ entegrasyonunun sunduğu fırsatları ve bu fırsatların toplumsal sorunlara yönelik somut çözümler üretebilme potansiyelini gözler önüne serecektir. Kongredeki bilimsel sunumlar, uzamsal zekânın ve yapay zekâ tabanlı çözümlerin karar alma süreçlerinde nasıl dönüştürücü bir rol oynayabileceğini gösterecek; paneller ise disiplinler arası iş birliğinin bu süreçteki dönüştürücü etkisini tartışacaktır. Bu kitap, kongre programında sözlü ya da poster sunum olarak yer alan tüm çalışmaların genişletilmiş bildiri özetlerini içermektedir.

Bu etkinlik, yalnızca bir bilgi paylaşım platformu değil, aynı zamanda uzamsal zekânın ve kolektif bilincin **toplumsal dönüşümde nasıl birleştirilebileceğini** sergileyen bir harekettir. Bu kitap ise, katılımcılarımıza kongre tartışmalarına daha iyi hazırlanma ve uzamsal zekânın çok boyutluluğunu kavrama imkânı sağlayacaktır.

Bu anlamlı sürecin gerçekleşmesine katkı sunan pek çok değerli isim ve kurum bulunmaktadır. Bu bağlamda; **TMMOB etkinliği** olarak gerçekleşen kongremize desteklerinden dolayı **TMMOB Yönetim Kurulu’na** şükranlarımı sunarım. Kongrenin sekreteryasını üstlenen **Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Genel Merkezi Yönetim Kurulu’na** teşekkür ederim. Ayrıca, süreç boyunca aktif görev alan **Kongre Düzenleme Kurulu ve Yürütme Kurulu üyeleri**, kongrenin başarılı bir şekilde hayata geçirilmesinde kritik bir rol üstlenmiştir. Bildirilerin değerlendirilmesinde titiz bir çalışma yürüten **Bilim Kurulu üyeleri**, kongremizin bilimsel niteliğini güçlendiren katkılarıyla bu sürecin ayrılmaz bir parçası olmuştur. Kongremizin hayata geçirilmesinde gönüllülük ilkesi ile görev alan ve sürece katkı veren tüm kurulların üyelerine minnettarım.

Bu vesileyle, kongremize emek veren tüm konuşmacılara, bilim insanlarına, destek veren kurumlara, kongre kapsamında yer alan “**Mekânsal Bilgi Teknolojileri Fuarında**” yer alan özel sektör firmalarına ve siz değerli katılımcılara teşekkür ederim. Kongremizin, **uzamsal zekâ ve kolektif bilinçle geleceği şekillendiren** güçlü bir adım olmasını temenni ediyorum.

Saygılarımla,

Doç. Dr. Ahmet Özgür Doğru

Kongre Başkanı

TMMOB 8. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi

Başlarken

Değerli Yazarlar, Araştırmacılar, Uygulayıcılar ve Tüm CBS Gönüllüleri,

Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği'ne bağlı odaların desteğiyle, 2007 yılından beri TMMOB adına Harita ve Kadastro Mühendisleri Odamızca düzenlenen Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresinin 8. si, "**Uzamsal Zekâ ile Kolektif Bilinç**" teması ile, aynı zamanda 20 Kasım'da dünya çapında kutlayacak olduğumuz Dünya CBS Günü'nü de içine alarak, 20-22 Kasım 2024 tarihlerinde, Grand Mercure Otel - Ankara'da gerçekleştiriyoruz.

Kongremizde, geçmişte başarı ile düzenlemiş olduğumuz yedi kongreden edindiğimiz deneyim, birikim ve çıktılarla ortaya konan vizyon ışığında; "**Uzamsal Zekâ ile Kolektif Bilinç**" teması ile; mekânsal zekânın toplumun tüm kesimlerinde farkındalık yaratma, bilinçlendirme ve dayanışma oluşturmadaki kritik rolü vurgulanmakta, Coğrafi Bilgi teknolojilerinin toplumsal fayda sağlamadaki potansiyelinin ortaya konması amaçlanmaktadır.

Kongremizde; Kamu kurumları, özel sektör ve akademiden çok sayıda kurum ve kuruluşun yer alacağı, alanında uzman çağrılı konuşmacıların sunumlarının ve kongre bilim kurulu tarafından seçilen bildirilerin sunulacağı bu önemli Kongre'de; günümüzde gelişen teknolojinin mekânsal bilişim alanındaki paylaşımı, toplum yararına kullanılması, ülkemizdeki CBS ve veri politikalarına ilişkin sorunlar ve çözüm önerileri ile CBS alanındaki en güncel çalışmalar ve gelişmeler katılımcılarla paylaşılmaktadır.

Uzamsal Zekâ ve Mekânsal Veri Üretim ve Yönetim sistemleri ile Afet Risk Yönetiminden iklim krizine dönük çözümlere, yapay zekâ uygulamalarından sürdürülebilir akıllı şehir uygulamalarına, kültürel miras yönetiminden ormanlarımızın korunmasına, doğal kaynakların etkin kullanımından mekânsal zekânın toplum yararına dönük örnek uygulamalarına kadar birçok araştırma ve en iyi uygulamaların anlatılacağı kongremizde 87 bildiri başvurusu alınmış, alanında uzman 86 hakemden oluşan bilim kurulumuzca değerlendirilerek 11 bilimsel ve teknik içerikli oturumda toplam 45 sözlü sunum ve 37 poster sunumundan oluşan kongre programımız hazırlanmış, kongrede sunulacak olan bildirilerin genişletilmiş özetleri bu kitapta kolektif bilinci artırmak üzere sizlerle paylaşılmıştır.

Birlikte çalışma ve birlikte üretme heyecanımızla; Paneller, teknik oturumlar, Mekânsal Bilgi Teknolojileri Fuarı, poster sunumları, kullanıcı toplantıları, çocuk haritaları sergisi ve daha birçok etkinlikten oluşan, katılımın ücretsiz olduğu bu kongrede siz değerli araştırmacıların ve uygulayıcıların desteği ile yoğun, keyifli ve öğretici bir kongre programı bizleri bekliyor.

CBS'ye ilgi duyan herkes ile kolektif bir dayanışma, üretim ve paylaşım ortamı oluşturmak için 8. CBS Kongremizde buluşmak üzere sevgi ve saygılarımızı sunuyor, Dünya CBS gününüzü kutluyoruz.

Kongrede Görüşmek Dileğiyle

Ali İpek

HKMO Yönetim Kurulu Başkanı

1. GÜN

20 Kasım 2024 - Çarşamba

08.00-09.00 Kayıt

09.00-10.30 Açılış Konuşmaları

10.30-10.45 Davetli Konuşmacı

Dr. Jack Dangermond

Esri Kurucu Başkanı - Video Mesaj

[Uzamsal Zekâ ile Kolektif Bilinç Yaratmak](#)

10.45-11.15 Mekânsal Bilgi Teknolojileri Sergisi Açılışı

11.15-11.30 Kongre Anı Fotoğrafı Çekimi

11.30-13.00 I. Oturum: Panel “Uzamsal Zekâ ile Kolektif Bilinç”

Panel Yöneticisi: Doç. Dr. Caner Güney

Mekânsal Bilişim İnisiyatifi Bşk.

Panelistler:

Fusun Sarp Nebil*

Gazeteci, Bilişim/Telekom Uzmanı, T24 Yazarı

Prof. Dr. Hayri Kozanoğlu*

Endüstri Müh.-İktisatçı, Altınbaş Ünv. Öğretim Üyesi

Doç. Dr. Caner Güney

Mekânsal Bilişim İnisiyatifi Bşk.

13.00-14.00 Öğle Arası

II. Oturum:

14.00-15.30

“Uzamsal Zekâ ile Geleceğe Bakış: Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Yönetimi ve Korunması”

Panel

Panel Yöneticisi: Prof. Dr. Çetin Cömert

Karadeniz Teknik Üniversitesi

Panelistler:

Prof. Dr. Yılmaz Çatal*

Orman Müh., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Rektörü

[Orman Yangınları ve Koruma Stratejileri:](#)

[Uzamsal Zekâ ile Sürdürülebilir Orman Yönetimi](#)

Doç. Dr. Ömer Ekmekçioğlu*

İTÜ Afet Yönetimi Enstitüsü

[Su Kaynaklarının Sürdürülebilir Yönetiminde Yapay Zekâ Destekli CBS Teknolojilerinin Yeri ve Önemi](#)

Prof. Dr. Nüket Sivri*

İÜC Çevre Mühendisliği Bölümü TÜBA-Çevre, Biyoçeşitlilik ve İklim Değişikliği Çalışma Grb. Üy.

Kolektif Bilinç Bağlamında Ekosistem Sağlığı

Av. Erol Çiçek*

Çevre Hukukçusu, Türkiye Barolar Birliği

İklim Krizi Bağlamında Doğal Kaynaklar ve Hukuk

15.30-16.00 Kahve Molası

16.00-17.30 III. Oturum: Panel “Afetlerle Mücadelede Kolektif Güç: Uzamsal Zekâ ile Dayanıklı Topluluklar”

Panel Yöneticisi: Prof. Dr. Haluk Özener*

AFAD İstanbul İl Müdürü, Boğaziçi Üniversitesi

Panelistler:

Prof. Dr. Tolga Çan*

*TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası,
Çukurova Üniversitesi*

Afetlere Karşı Dirençlilikte Tehlike ve Risk Analizlerinin Önemi

Doç. Dr. Tamer Yiğit Duman*

Fugro

*Jeotehlike Bilgi Altyapısı ve CBS Entegrasyonu:
Daha Güvenli Bir Gelecek*

Dr. Buğra Gökçe*

İstanbul Planlama Ajansı Başkanı

Afete Hazırlanan Şehirler:

*İstanbul Planlama Ajansı Perspektifinden
Kentsel Dayanıklılık*

Prof. Dr. Haluk Özener*

AFAD İstanbul İl Müdürü, Boğaziçi Üniversitesi

Afet Yönetiminde AFAD Perspektifi:

Türkiye'nin Dayanıklılık Stratejileri ve Uygulamaları

17.30-18.00 Kahve Molası

18.00-19.30 IV. Oturum “Kent Yönetiminde Dönüşüm: Uzamsal Zekâ ile Etkin Belediye Hizmetleri”

Oturum Başkanı: Mustafa Kubilay Yıldırım

TMMOB Yönetim Kurulu Üyesi, HKMO

Çağdaş Mersinlioğlu*

İETT Bilgi İşlem Daire Başkanı

Toplu Ulaşımında Dijital Dönüşüm

Tayfun İşbilen*

İSKİ Bilgi İşlem Daire Başkanı, EMO İstanbul Şube Başkan Yrd.
Su ve Kanalizasyon Altyapılarında Dijital Dönüşüm

Prof. Dr. Nebiye Musaoğlu*

İTÜ Uydu Haberleşme ve Uzaktan Algılama UYG-AR Merkezi
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doğal Afetlerin Hemen Sonrasında Uydu Görüntüleri ve SAR Verileri
Kullanılarak Yeni Nesil Yapay Zeka Modeli Tabanlı Elektrik Yapısal Unsurları
Hasar Tespit Sisteminin Geliştirilmesi

Abdullah Özdemir*

Ordu Büyükşehir Belediyesi Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Akıllı Şehirler Şube Müdürü
Belediye Hizmetlerinin Etkinliğinin Artırılmasında
Mekânsal Zekâ ve Açık Verinin Önemi

Levent Gür*, İBB AKOM Şube Müdür Yardımcısı

Bariş Serkan Akın*, İBB AKOM Harita ve CBS Şefi
Afet Yönetiminde Dijital Dönüşüm

20.00

Dünya CBS Günü Resepsiyonu

2. GÜN

21 Kasım 2024 - Perşembe

09.00-10.30 V. Oturum “Yapay Zekâ ile Mekânı Anlamak: GeoAI Uygulamaları”

Oturum Başkanı: Doç. Dr. Muzaffer Can İban
Mersin Üniversitesi,
HKMO CBS ve Teknolojileri SBT Komisyonu Sekreteri

Prof. Dr. Taşkın Kavzoğlu*
Gebze Teknik Üniversitesi
Açıklanabilir Yapay Zekâ

Prof. Dr. Bülent Bayram*
Yıldız Teknik Üniversitesi
Sürdürülebilir Orman Yönetiminde Yapay Zekânın Kullanımı

Mikail Güneydaş, Türkiye İstatistik Kurumu*
Caner Güney, İstanbul Teknik Üniversitesi
Veri, Bilgi ve Bilgelik Yolunda Yapay Zekâ: Semantik Web Teknolojileri ile
Yapay Zekânın Etkileşimi ve Semantik Zenginleştirme Bağlamında Uzamsal Zekâ

Bahadır Kulavuz, Ceyda Hızal, Pelin Özkoç, Yıldız Teknik Üniversitesi
Ece Alkan, Beşir Yüksel, Abdurrahim Aydın, Düzce Üniversitesi
Tolga Bakırman, Bülent Bayram, Yıldız Teknik Üniversitesi
Yapay Zekâ Yöntemleri ile Uydu Görüntülerinden
Orman Böcek Zararlarının Tespiti

Büşra Demirci, Süleyman Şişman, Arif Çağdaş Aydınoglu
Gebze Teknik Üniversitesi
Mekânsal Zekâ (GeoAI) Yeteneklerinin İrdelenmesi ve CBS Ortamında Uygulama
Analiz Araçlarının Geliştirilmesi

10.30-11.00 Kahve Molası

11.00-12.30 VI. Oturum “Sağlıklı Toplum için
Uzamsal Zekâ ve Kolektif Bilinçle Dönüşüm”

Oturum Başkanı: Prof. Dr. N. Necla Uluğtekin
TMMOB CBS Çalışma Grubu Başkanı, İstanbul Teknik Üniv.

Prof. Dr. Kayıhan Pala*
TBMM Bursa Milletvekili
Türkiye’de Sağlık Hizmetlerinin Dönüşümü: Halk Sağlığı Perspektifi ve
Toplumsal Etkiler

* Çağrılı Konuşmacı / Panelist

Dr. Öğr. Üyesi Melike Yavuz* *Bahçeşehir Üniversitesi Tıp Fakültesi,
Halk Sağlığı ABD*

Uzamsal Zekâ ile Sağlıkta Yenilikçi Çözümler

Dr. Merve Kuloğlu Genç*

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü

Uzamsal Zekâ ile Sağlık ve Çevre İçin Atıksu İzleme:

Kolektif Bilinçle Geleceğe Yatırım

Doç. Dr. Ahmet Özgür Doğru

İstanbul Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü

Bütünleşik Sağlık Yönetimi İçin Mekânsal Karar Destek Altyapıları ve
Teknolojik İnovasyon

12.30-13.30 Öğle Arası

13.30-15.00 VII. Oturum

“CBS Özel Sektörünün Güncel Durumu ve Gelecek Vizyonu”

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Rahmi Nurhan Çelik

İstanbul Teknik Üniversitesi,

HKMO Eğitim SBT Komisyonu Başkanı

Oturum Bşk. Yrd.: Sevda Gül Ertürk

Mekânsal Bilişim İnisiyatifi

Barış Uz*, CEO, Esri Türkiye

Alim Küçükpehlivan*, CEO, Başarsoft Bilgi Teknolojileri A.Ş.

Deniz Şanan*, Genel Müdür, Netcad Yazılım A.Ş.

15.00-15.30 Kahve Molası

15.30-17.00 VIII. Oturum “Akıllı Şehirlerde Katılımcı Yönetim ve
CBS Tabanlı Yenilikçi Çözümler”

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Halil Akıncı

Artvin Çoruh Üniversitesi

Gökhan Gündüzoğlu, Çağlar Üçeş, Mehmet Erenoğlu, Suzan Güner,
Uğur Beşel, Erkan Karahan, *İzmir Büyükşehir Belediyesi*

İzmir Web Tabanlı Yangın Destek ve İzleme Sistemi (YADİS)

Emir Ekrem Barutçu, Mustafa Oğurlu, Ayşegül Toraman, *İSKİ*

İSKİ Kurumsal Coğrafi Bilgi Sistemi Gelişim Süreci

Abdullah Özdemir, Arzu Özdemir, *Ordu Büyükşehir Belediyesi*

MAKS-KPS “Yerleşim Yerinde Oturanlar Yetkili İdare Bilgi Servisi”nin Önemi
ve Kapatılmasının Belediye Hizmetlerine Etkisi

Ayfer Kaynarca, Rahmi Nurhan Çelik, *İstanbul Teknik Üniversitesi Kent Bilgi Sistemlerinin Türkiye'deki Yerel Yönetimlerde Uygulanabilirliği Üzerine Bir Değerlendirme*

Selindanur Karadeniz, Mehmet Kocamanoğlu, *Utek Harita*

Gizem Baybaş Dağlı, Ulaş Şahin, *DHMI*

Demet Ercan Sağlam, *Geomatics Group*

Havalimanlarında CBS Uygulamaları, Mekânsal Planlama ve Dijital Dönüşüm Üretimi

Sezin Çıdam, Nesibe Necla Uluğtekin, *İstanbul Teknik Üniversitesi*

Akıllı Kentlerde Akıllı Yaşam ve Akıllı İnsan Bileşenlerinin Ölçülmesi

17.00-17.30 Kahve Molası**17.30-19.00 IX. Oturum****“Kültürel Mirası Geleceğe Taşımak:****Uzamsal Zekâ ve Disiplinlerarası İş Birliği Çözümleri”****Oturum Başkanı:**

Prof. Dr. Ayşe Güliz Bilgin Altınöz

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mimarlar Odası

Doç. Dr. Tolga Bakırman*, *Yıldız Teknik Üniversitesi*

Kültürel Mirasın İzlenmesinde Yapay Zekânın Kullanımı

Emre Özcan, *Polatlı Belediyesi*

Rabia Uçar, *Atay Mühendislik*

Selindanur Karadeniz, *Geomatics Group*

Büşra Ulukuş, Hasan Aday, *HKMO Ankara Şubesi*

Abdullah Kayı, *Harita Genel Müdürlüğü*

Mehmet Doğruluk, *Hacettepe Üniversitesi*

Farklı Veri Kaynaklarının Entegrasyonu ile Gordion (Yassihöyük) ve Yakın Çevresinin Üç Boyutlu Modellenmesi

Zeynep Buket Üstün, Güliz Bilgin Altınöz

Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Ankara'dan Ankara'ya: Çok Katmanlı Kentin Kolektif Hafızasının Mekânsal İzlerini CBS Ortamında Çözümlemek ve Değerlendirmek

Ayşenur Gökhan, Ayşegül Akın, Berçem Ilgın Akti, Begüm Ay, Beyza Kocadağ,

Elif Kabakuşak, Eymir Ege Aldemir, Mary Byrnes, Ozan Yiğit, Zahra Syeda

Imran, Gökhan Okumuş, Simay Cansu Ekici Üner, Özgün Özçakır, Ayşe Güliz

Bilgin Altınöz

Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Mekân | İnsan | Hafıza: Bozcaada'nın Kültürel Mirasının CBS Aracılığı ile Bütünleşik Korunması

3. GÜN

22 Kasım 2024 - Cuma

09.00-10.30 X. Oturum

“Mekânsal Bilgiyi Güçlendiren Teknolojik İnovasyonlar ve Akıllı Çözümler”

Oturum Başkanı: Prof. Dr. Murat Yakar
Mersin Üniversitesi

Ceren Özcan Tatar, Ozan Kıvanç, Mehmet Küçükpehlivan, Yalçın Özdemir
Başarsoft Bilgi Teknolojileri A.Ş.

Kapalı Alan Navigasyon Sistemlerinde İnovatif Pozisyonlama ve Rotalama Yöntemleri: iNavi örneği

Emre Tunca, Recai Alper Emek

Netcad Yazılım A.Ş.

4D Web Uygulaması ile Sensör Verilerinin Görüntülenmesi

Koray Aksu, A. Arif Aşıroğlu, A. Furkan Terzi, Ayşenur Koçyiğit, Hande Demirel
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yapı Bilgi Modelinin Görselleştirilmesi: Mekânsal Gösterge Paneli

Nilay Tellioğlu, Süleyman Şişman, Arif Çağdaş Aydınoğlu
Gebze Teknik Üniversitesi

Doğal Dil İşleme (NLP) Teknikleri ile Veri Zenginleştirme ve Değer Tahmin Modelinin Geliştirilmesi

Hilal Adıyaman, *İTÜ UHUZAM*

Bülent Bayram, Tolga Bakırman, *Yıldız Teknik Üniversitesi*

Nebiye Musaoğlu, *İstanbul Teknik Üniversitesi*

Sentinel-2 Uydu Görüntülerinde Derin Öğrenme ile Süper Çözünürlük

Ahmet Sercan Demirel, Mercan Sayiner, Umut Yegül
Netcad Yazılım A.Ş.

3 Boyutlu Kadastro Uygulamalarında Veri Kalitesinin Artırılması İçin Üçüncü Parti Yazılımların Yeri ve Önemi

10.45-12.15 XI. Oturum**“Doğal Afetlerde Mekânsal Verinin Gücü:
CBS Tabanlı Risk ve Hasar Analizleri”****Oturum Başkanı:** Prof. Dr. Tolga Çan*Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisleri Odası*İbrahim Varol, *Belmap Yazılım Mühendislik Dan. Hiz. Tic. Ltd. Şti.*[Afet Risk Yönetimi ve CBS](#)Ali Tunç, *İstanbul Büyükşehir Belediyesi*[Afet Risk Yönetimi: İstanbul'un Kentsel Dönüşüm Sürecinde Afet Öncelikli Müdahale Alanlarının Tespiti](#)Berfin Nur Karabulut, *GEDAŞ*Mustafa Yanalak, *İstanbul Teknik Üniversitesi*[Derin Öğrenme ile Depremden Sonra Enkaz Kaldırma Çalışmalarının Uydu Görüntüleriyle Takibi: Hatay Örneği](#)

Osman Sami Kırtıloğlu, Nevin Betül Avşar, Elif Akyel,

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi[Gediz Deltası Taşkın Risk Analizinde Global ve Açık Erişimli Yükseklik Modellerinin Kullanılabilirliğinin Araştırılması](#)Nehir Uyar, *Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi*Alihsan Şekertekin, *Iğdır Üniversitesi*[LANDSAT 9 ile Taşkın Hasar ve Risk Analizi; Zonguldak Örneği](#)Tolga Çan, Qaiser Mehmood, *Çukurova Üniversitesi*Senem Tekin, *Adıyaman Üniversitesi*[Türkiye Diri Faylarına Ait Paleosismoloji Veri Tabanı Kapsamında Çevrimiçi Bulut Tabanlı CBS Uygulamaları](#)**12.15-13.15 Öğle Arası****13.15-14.45 XII. Oturum****“Toplumsal Dayanıklılık ve Katılımcı CBS:
Kolektif Bilinç İçin Veri ve Bilgi Yönetimi”****Oturum Başkanı:** Hülya Küçükaras*TMMOB Yönetim Kurulu Üyesi, BMO*Özge Acar, Uğurcan Gül, Fatih Sönmez, *İhtiyaç Haritası*[Çocuk Odaklı Şehir: Kapsayıcı Stratejiler İçin Veri ve Harita Tabanlı Web Platformu](#)

Leyla Budak, Fatma Selçuk, Burçak Karlı, Orkut Murat Yılmaz,

Koray Velibeyoğlu

İzmir Planlama Ajansı

Pelin Özden

İzmir Kavram MYO Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü[Toplumsal Dirençliliğin Artırılmasında Kitle Kaynaklı Açık Veri Üretimi ve Bilgi Yönetimi: İzmir Planlama Ajansı / Karakulaklar Deneyimi](#)

Eray Öztürk, *İstanbul Büyükşehir Belediyesi* Said Türksever, *Meta Hüseyin Can Ünen, Openstreetmap Türkiye Topluluğu* Orkut Murat Yılmaz, *İzmir Planlama Ajansı* Özge Acar, *İhtiyaç Haritası*

Afet ve Acil Durumlarda Topluluk Odaklı Açık Verinin Yeri ve Kullanımı - OpenStreetMap Örneği

Yelda Ademoğlu Gülkılık, *TCDD 1. Bölge Müdürlüğü*

Umut Koca, *Üsküdar Belediyesi*

Orkut Murat Yılmaz, *İzmir Planlama Ajansı*

Pinar Demirci, *Geomatik Mühendisi*

Dicle Özge Öztürk, *Değerleme Uzmanı*

Antiquake Risk Avcısı Topluluk Projesi – Kuzguncuk Mahallesi Afet Risklerinin Azaltılması Projesi Veri İletişim Platformu

Kandemir Atçeken, *Mersin Üniversitesi*

Uğur Doğan, *Balıkesir Su ve Kanalizasyon İdaresi*

Yerel Yönetimler Tarafından Üretilen Verilerin Tematik Haritalara

Dönüştürülmesi: “haritala.com.tr” Platformu Önerisi

Merve Tanur, Rahmi Nurhan Çelik, Caner Güney, *İstanbul Teknik Üniversitesi*

Mobil Planlamada CBS Tabanlı Müşteri Şikayetlerinin Değerlendirilmesi

14.45-15.00 Kahve Molası

15.00-16.30 XIII. Oturum

“Doğal Kaynaklar ve Tarımda CBS Destekli Yenilikçi Yaklaşımlar”

Oturum Başkanı: Dersim Gül
Çevre Mühendisi

Benginur Baştabak, Hasan Sarptaş, *Ege Üniversitesi*

Maden Sahalarının Ekolojik ve Ekonomik Açından Sürdürülebilir Remediasyonunun CBS ile Planlanması

Senem Tekin, *Adıyaman Üniversitesi*

Müge Ünal, *Fırat Üniversitesi*

Ahmet Çilek, *Çukurova Üniversitesi*

Rüzgar Enerji Santralleri Uygunluk Analizi: Maksimum Entropi Yaklaşımı - Akdeniz Bölgesi Örneği

Zeynel Kaylı, Betül Güneş, Hülya Yiğit Özüdoğru, *Ankara Hacı Bayram Veli Ün.*

Faruk Bingöl, *Harran Üniversitesi*

İklim Değişikliği ve Seracılık İçin En Uygun Yer Tespiti: Bala (Ankara) Örneği

Yağmur Açar, *İstanbul Teknik Üniversitesi*

LUCIS Modeli ile Uygun Tarım Alanlarının Belirlenmesi: Erzurum Örneği

Gafur Semi Şengül, İlay Nur Tümer, İrem Başak, Samet Aksoy, Elif Sertel *İstanbul Teknik Üniversitesi* Hüseyin İrfan Balık, Orhan Karakaya, *Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi* Beyza Ustaoglu, *Sakarya Üniversitesi*
[Fındığın Fenolojik Özelliklerinin Belirlenmesine Yönelik Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri Kullanılarak Bitki Örtüsü İndeks Zaman Serilerinin Oluşturulması](#)

16.30-16.45 Kahve Molası**16.45-18.15 XIV. Oturum “CBS ve Yapay Zekâ ile Gelecek Odaklı Mekânsal Veri Analitiği”**

Oturum Başkanı: Doç. Dr. Nusret Demir

Akdeniz Üniversitesi, HKMO Fotogrametri ve Uzaktan Algılama SBT Komisyonu Başkanı

Serhat Mürsel Köroğlu, Caner Güney, *İstanbul Teknik Üniversitesi*

[Deprem Sonrasında Yıkılan Binaların Belirlenmesinde Kullanılan Yapay Öğrenme Yöntemlerinin Karşılaştırılması](#)

Özgür Yanıt Kaya, Muhammet İlçin, Gökhan Gündüzoğlu

İzmir Büyükşehir Belediyesi

[Sentinel-2 Uydu Görüntüleri Kullanılarak İzmir Karşıyaka'da Meydana Gelen Orman Yangınının Etkilerinin Analizi](#)

Dilay Gezer, *İstanbul Teknik Üniversitesi*

Cercis İkiel, Ayşe Atalay Dutucu, Aziz Öğütlü, Abdülkadir Aydın, Beyza Ustaoglu *Sakarya Üniversitesi*

Selin Tunalı Çokluk, *Sakarya İl Sağlık Müdürlüğü*

[İklim Değişikliğine Uyum Sürecinde Sıcak Hava Dalgalarının Zamansal ve Mekânsal Analizi: Sakarya İli Örneği](#)

Azize Uyar, Derya Öztürk, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi*

[Çok Değişkenli Uyarlanabilir Regresyon Eğrileri Algoritmasına Dayalı Hibrit Sınıflandırma Modellerinin Geliştirilmesi](#)

Selvinaz Gülçin Bozkurt, *Biruni Üniversitesi* Melih Başaraner, *Yıldız Teknik Üniversitesi*

[İstanbul'da 1990-2018 Yılları Arasındaki Peyzaj Değişimlerinin Coğrafi Bilgi Sistemi Aracılığıyla Kompaktlık Metriklerine Dayalı Analizi](#)

Yasin Demirel, *Bartın Üniversitesi*

Tarık Türk, *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi*

[Düşük Maliyetli Lidar Cihazı ile Yapıların 3 Boyutlu Modellenmesi](#)

18.15-18.30 Kahve Molası**18.30-19.30 XV. Oturum****Kapanış Oturumu**

TMMOB 8. CBS Kongresi Sonuç Bildirgesinin Okunması

TMMOB 8. CBS Kongresi Kapanış Konuşması

Poster Sunumları

16207 İzmir Büyükşehir Belediyesi Parselasyon Planı Bilgi Sistemi (PARBİS)

Gökhan Gündüzoğlu, Vuslat Ayça Duman Kaya, Mehmet Erenoğlu, Okan Köletelioğlu, Çağlar Üçeş; *İzmir Büyükşehir Belediyesi*

16314 İstanbul İlinde Kampüs Yapısına Sahip Hastanelerde Mekansal Sorunlar ve Mekansal Veri Kalitesi

Özgür Elmas, Rahmi Nurhan Çelik; *İstanbul Teknik Üniversitesi*

16316 Açık İşletme Maden Sahası Harita ve Harita Bilgilerinin RTK/PPK Özellikli ve RTK/PPK Özelliği Olmayan İHA Kullanılarak Üretilmesi ve Ürünlerin Karşılaştırılması

Feyzi Kantar, Murat Akın, Uğur Yaman; *Ymn Proje Geliştirme Orman San.Ltd.Şti.*

16318 Dijital İkiz Büyükçekmece

Yasin Sezer Türk, *Büyükçekmece Belediyesi*
Onur Işık, *Netcad Yazılım A.Ş.*

16340 3B Maden Haritalarının Maden Yaşam Döngüsündeki Verimlilik, Güvenlik ve Sürdürülebilirliğe Katkıları

Yavuz Töre, Mustafa Sert; *Netcad Yazılım A.Ş.*

16344 İçerik Tabanlı Görüntü Erişimi ile Uzaktan Algılama Verilerinde Obje Arama

Özge Tokmak, *Türkiye Halk Bankası A.Ş.*
Nebiye Musaoğlu, *İstanbul Teknik Üniversitesi*

16352 Türkiye’de Perakende Market Zincirlerinin Coğrafyaya Göre Yer Seçimi Tercihlerinin İncelenmesi

Gökalp Köseoğlu, Burcu Aksoy Sertbakan; *İstanbul Maptriks Bilişim Teknolojileri*

16362 Akıllı Şehirlerde Yeni Nesil Ulaşım Yaklaşımları ve Coğrafi Bilgi Teknolojilerinin Kullanımı Uygulaması

Ali Doğan Gümüüşsoy, Arif Çağdaş Aydınöğlu; *Gebze Teknik Üniversitesi*

16365 Sürdürülebilir Kentsel Lojistikte Elektrikli Araçlar İçin Rotalama Çözümü

Ezgi Tükel; *Eskişehir Teknik Üniversitesi*
Saygın Seven, Ozan Kıvanç, Mehmet Küçükpehlivan; *Başarsoft Bilgi Teknolojileri A.Ş.*

16368 Elektrik Dağıtım Sektöründe Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları

Kübra Olcay, *İzmir Katip Çelebi Üniversitesi*

16379 Akıllı Şehir Sistemin de Kullanılmak Üzere, CBS Teknolojisi Kullanılarak Açık Kaynak Kodlu 3B Web Uygulaması Geliştirmek : Örnek SeçGEO 3B Web Uygulaması

Hamdi Seçilmiş, *Seçgeo*
Orhan Kurt, *Kocaeli Üniversitesi*

16384 Kent Planlamasında CBS Kullanımı: İzmir - Plan Projesi Örneği

Elif Su Alpcan, Ercivan Çopuroğlu, Elifsu Ermiş; *İzmir Büyükşehir Belediyesi*

16387 Toplu Taşınmaz Değerlemesinde Yeni Nesil Makine Öğrenmesi Tekniklerinin Modelleme Performanslarının Değerlendirilmesi

Süleyman Şişman, Arif Çağdaş Aydınöğlu; *Gebze Teknik Üniversitesi*

16388 Landsat-7 Multispektral Görüntülerindeki Şerit Hatalarının Derin Öğrenme Yöntemleri ile Düzeltmesi

Yunus Emre Varul, *Ayvos Bilgi Teknolojileri*
Tolga Bakırman, Bülent Bayram; *Yıldız Teknik Üniversitesi*

16389 Yerli Yazılım Uygulamalarının Altyapı Yönetimindeki Önemi: Elektrik Dağıtım CBS Uygulaması Örneği

Ceren Özcan Tatar, *Eskişehir Teknik Üniversitesi*
Hasan Can Beyhan, Yalçın Özdemir; *Başarsoft Bilgi Teknolojileri A.Ş.*
Eyyüp Karahan, Fatih Kaymak; *Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş.*

- 16390 Twitter Verilerinden Depremle İlgili Konuların Makine Öğrenme Yöntemleri ile Çıkarılması:
Kahramanmaraş Merkezli Depremler Örneği
Hamdi Gündüz, *Karadeniz Teknik Üniversitesi*
- 16404 Fotogrametri Yazılımlarının CBS Uygulamalarındaki Yeri ve Bulut Bilişimle Entegrasyonu:
Geleceğin Mekansal Çözümleri
Hazal Arslanoğlu, *Netcad Yazılım A.Ş.*
- 16409 4 Boyutlu Kadastro Altlıkları
Hüseyin İlhan, *Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü*
- 16412 3 Boyutlu Haritalama Teknolojilerinin Gayrimenkul Değerleme Süreçlerine Etkisi: CBS Tabanlı Yaklaşımlar
Cebail Canlı, *Van Kadastro Müdürlüğü*
Erkan Beşdok, *Erciyes Üniversitesi*
- 16417 Havasal – Yersel – Katı Model Üzerinden Üretilen LiDAR Karşılaştırması
Bedirhan Mermertaş, Necmi Can Çilli, Hamza Erol Demirden, Esra Nur Şimşek Yılmaz, Adil Yasin Baştuğ, *Eltemtek*
- 16418 Yapay Zeka Destekli Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Elektrik Şebekesi Anomalilerinin Tespiti
Zahra Khoda Karimi, *Eskişehir Teknik Üniversitesi*
Hasan Can Beyhan, Burak Danışan, Berk Sönmez, Alper Değirmenci, Yalçın Özdemir, *Başarsoft Bilgi Teknolojileri A.Ş.*
- 16419 Harita Destekli Güzergah Optimizasyonu ve Personel Taşımacılığı Uygulaması
Zahra Khoda Karimi, *Eskişehir Teknik Üniversitesi*
Ömer Çelik, Serdar Ayyıldız, Mehmet Küçükpehlivan, Ozan Kıvanç, Abdullah Efe, *Başarsoft Bilgi Teknolojileri A.Ş.*
- 16421 İmar Barışı/Affı Uygulamasında Bütünleşik Mekansal Veri Sorunu, Trabzon/Uzungöl Örneği
Orhan Mataracı, *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*
- 16425 Orman Yangınlarının Hava Kalitesi ve Yer Yüzey Sıcaklığına Etkisinin Çevrim İçi Harita ile Sunumu
Antalya ve İzmir Örneği
Mine Nur Mesut, *Türk Hava Kurumu Üniversitesi*
Göktaş Yaşar Çukurlu, Nusret Demir, *Akdeniz Üniversitesi*
- 16440 Güçlü ve Zayıf ICESat-2/ATLAS Sinyallerinin Obje Yükseklik Belirlemedeki Performans Analizinin CBS ile Entegrasyonu
Müge Ağca, Aslıhan Yücel, Ali İhsan Daloglu, Ömer Bilginer, *İzmir Katip Çelebi Üniversitesi*
Efdal Kaya, *İskenderun Teknik Üniversitesi*
- 16442 Deprem Sonrası Yapılarda Meydana Gelen Hasarların CBS Yardımıyla Belirlenmesi
Ömer Bilginer, *İzmir Katip Çelebi Üniversitesi*
- 16456 Multidisipliner Yaklaşımla Mekânsal ve Ekolojik Planlamada Proje Bazlı CBS Eğitimi
Ömer Öztoprak, *Doğa Koruma ve Milli Parklar*
Eda Şentürk, *Ordu Üniversitesi*
Tuba Gizem Aydoğan, Öner Demirel, *Kırıkkale Üniversitesi*
- 16467 Açık Görüntü Verilerinden Vektör Bilgi Türetme
Orhan Kurt, *Kocaeli Üniversitesi*
- 16471 Yol Yatırımlarının Önceliklendirilmesinde Ulaşım Değer Haritası Yaklaşımı: Ordu İli Örneği
Abdullah Özdemir, Arzu Özdemir, *Ordu Büyükşehir Belediyesi*
- 16482 Arkeoloji Tezlerinde CBS Uygulamaları: Eğirdir Gölü Çevresi Üzerine Bir Vaka Çalışması
İlkay Atav, *Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi*

- 16485 İlan ve Reklam Vergilerinin Doğrulanmasında CBS Temelli, Düşük Maliyetli Bir Çözüm Önerisi
Abdullah Özdemir, Arzu Özdemir; *Ordu Büyükşehir Belediyesi*
- 16490 Açık Veriyle Geleceği Şekillendirmek: Şeffaf ve Katılımcı Yerel Yönetimler İçin ULASAV'ın Gücü ve Kaçırılan Fırsatlar
Abdullah Özdemir, Arzu Özdemir; *Ordu Büyükşehir Belediyesi*
- 16499 Kuraklığın Fourier Analizi ile Frekans Boyutunda Değerlendirilmesi
İrem Özok Yazıcı, *Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü*
Derya Öztürk, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi*
- 16502 Geleneksel Yöntemler ve CBS Kullanımıyla 6 Şubat 2023 Depremlerinden Sonra Antakya'da Planlama
İrem Yurday, *Konya Teknik Üniversitesi*
Tuğçe Tezer, *Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi*
Mehmet Tunçer, *Çankaya Üniversitesi*
- 16510 Uydu Görüntüleri ile Gemi Tespiti: YOLOv5 ve YOLOv8 Modellerinin Performans Analizi ve Karşılaştırması
Merve Demir, Elif Sertel, Ahmet Selman Gürbıyık; *İstanbul Teknik Üniversitesi*
- 16514 Açıklanabilir Yapay Zeka Yöntemleri ile Ağaç Türlerinin Sınıflandırılması
Şule Nur Topgöl, Elif Sertel; *İstanbul Teknik Üniversitesi*
- 16515 6 Şubat 2023 Depremlerinin Adıyaman Tut İlçesindeki Yükseklik Değişimine Etkisinin Göktürk-1 Verilerinden Üretilen Sayısal Yükseklik Modeli Kullanılarak İncelenmesi
Osman Semih Eyimaya, Hasan Bilgehan Makineci; *Konya Teknik Üniversitesi*
- 16517 2,5 Boyutlu Değil 4 Boyutlu Yol Projesi Tasarımı ve CBS
Hasan Aday, *Beypro Mühendislik*

Sözlü Sunumlar



TMMOB 8. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ KONGRESİ

20 - 22 KASIM 2024

Doğal Afetlerin Hemen Sonrasında Uydu Görüntüleri ve SAR Verileri Kullanılarak Yeni Nesil Yapay Zeka Modeli Tabanlı Elektrik Yapısal Unsurları Hasar Tespit Sisteminin Geliştirilmesi

Nebiye Musaoğlu^{1,*}, Gülşen Taşkın², Umur Deveci³, Canan İnan⁴, Burcu Amirgan⁵, Esra Özyayın⁵, Hüseyin Kaya⁶, Hasan Nayır⁶

¹*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul.*

²*İstanbul Teknik Üniversitesi, Afet Yönetimi Enstitüsü, 34469, İstanbul.*

³*BEDAŞ ARGE, İstanbul*

⁴*AYEDAŞ ARGE, İstanbul*

⁵*İstanbul Teknik Üniversitesi, UHUZAM, 34469, İstanbul.*

⁶*PAYTEN Teknoloji A.Ş., İstanbul.*

Genişletilmiş Özet

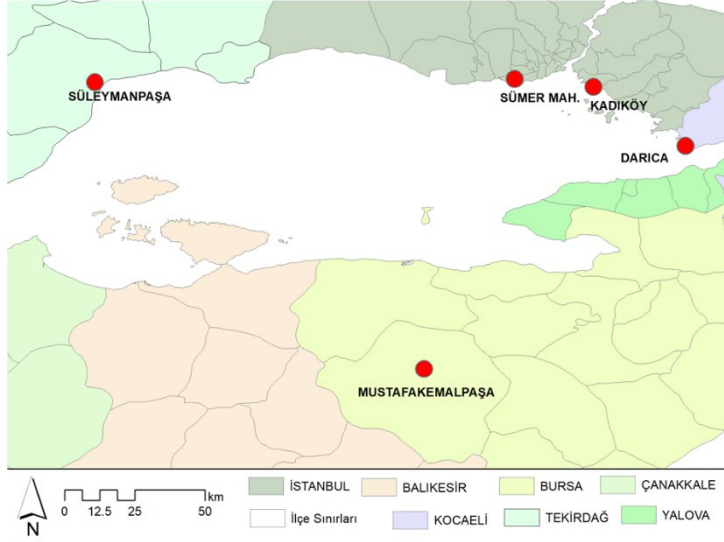
Depremler, taşkınlar, orman yangınları gibi riskler ve bu risklerin meydana getirdiği afetler gün geçtikçe daha çok can kaybına ve ekonomik yıkımlara neden olmaktadır. Birçok sektör doğal ya da insanların neden olduğu riskler ve oluşabilecek afetlere karşı önlem almak için yatırımlar yapmaktadır. Afetler oluşmadan önce zararlarını azaltmak ve hazırlıklı olmak, afet sonrasında da müdahale ve iyileştirmenin organize bir şekilde yapılabilmesi için afet riski taşıyan bölgelerde hızlı ve doğru bilgiye erişim son derece önemlidir. Aktif bir fay hattı üzerinde olan ülkemiz yaşayarak da gördüğümüz gibi başta deprem olmak üzere birçok afet için risk taşımaktadır. Bilimsel gözlemler ve araştırmalar, Marmara Bölgesi'ni yıkıcı bir depremin beklediğini göstermektedir. İstanbul gibi bir metropolün nüfusu ve yerleşim düzeni göz önünde bulundurulduğunda, depremin oldukça fazla sayıda can kaybına ve maddi hasara yol açacağı beklenmektedir. Deprem hasarını azaltmaya yönelik deprem öncesi yapılacak çalışmaların yanı sıra, afet sonrası hasar tespitinin yapılması, yıkılan binaların ve kapanan yolların tespit edilmesi gibi konular kritik bir öneme sahiptir. Ayrıca, enerji sistemlerinin hasar durumlarının tespit edilmesi arama kurtarma faaliyetleri için kullanılan araçlara, acil toplanma alanları, hastane ve diğer sağlık kuruluşları gibi binalara, sonrasında şebekenin tamamına enerjinin hızlı ve güvenli bir şekilde sağlanması için ulaşım ağının açık ve kullanılabilir olması, özellikle yüksek oranda hasar gören yerleşim alanlarının hızla belirlenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, uzaktan algılama sistemleri sayesinde geniş alanlardaki hasarlar yapay zeka modelleri ile hızlıca tespit edebilmektedirler.

Uzaktan algılama verileri dünyada birçok alanda farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise hem optik hem de Yapay Açıklıklı Radar (Synthetic Aperture Radar, SAR) görüntüleri kullanılarak yapay zeka ve değişim belirleme yöntemleri ile deprem sonrası oluşacak hasarlar otomatik olarak belirlenecektir. Uzaktan algılama sistemlerinden elde edilen görüntüler kullanılarak deprem hasarı iki farklı yaklaşım ile tespit edilmektedir. Çoklu zamansal yaklaşım olarak bilinen ilk yaklaşımda, deprem öncesi ve sonrası çekilen uydu görüntülerinin karşılaştırılarak oluşan değişimin belirlenmesi amaçlanmaktadır. İkinci yaklaşım olan tekli zamansal yaklaşımda ise deprem hasarını tanıyan tam otomatik yapay zeka destekli modellerin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Her iki yaklaşımın birbirlerine göre farklı üstünlüklerinin olmasına karşın, deprem sonrası koordinasyonun hızlı ve etkin bir biçimde sağlanabilmesi için, kriz yöneten birimlerin elinde her iki yaklaşıma ait sistemlerin hazır olarak bulunması gerekmektedir. Yapay sinir ağları birçok uygulamada uzun yıllardan beri kullanılırken (Karhunen ve ark., 2015) 2006 yılında yapay sinir ağlarına bağlı olarak geliştirilen ve “yapay sinir ağlarının yeniden doğuşu” ya da “yeni jenerasyon sinir ağları” olarak adlandırılan derin öğrenme kavramı uygulama sonuçlarındaki başarıyı önemli ölçüde arttırmıştır (Hinton ve ark., 2006; Sarker, 2021). Bu proje kapsamında, hem sadece deprem sonrası görüntülerden yapay zeka yöntemleri ile hasar tespit edilmesi hem de deprem öncesi /deprem sonrası görüntülerden hasar tespit edilmesi (değişim belirleme) hedeflenmektedir. Günümüzde uzaktan algılama teknolojisindeki ileri seviye gelişmeler ve veri kaynaklarına ulaşımın kolaylaşması ile birlikte, yapay zeka yöntemleri ile performansı yüksek olan tahmin modelleri üzerinde ciddi çalışmalar yapılmaktadır. Bu bağlamda, derin öğrenme tabanlı yapay zeka yöntemlerinin klasik makine öğrenme yöntemlerine kıyasla çok daha iyi ve güvenilir sonuçlar ürettiği bilinmektedir. Derin öğrenme yöntemleri, klasik yapay sinir ağları mimarisinde çalışan ancak çok daha fazla ara katman ile öğrenme sürecini daha da karmaşıktıran başka bir deyişle detaylandırıcı yöntemlerdir. Bu nedenle, derin öğrenme tabanlı tahmin yöntemleri fazla sayıda bilinmeyen içermekte ve bu bilinmeyenlerin optimum olarak kestirilebilmesi için klasik makine öğrenme yöntemlerine göre çok daha fazla sayıda etiketlenmiş eğitim verisine ve yüksek performanslı hesaplama araçlarına ihtiyaç duymaktadırlar. Ancak, literatürde yapılmış çalışmalarda da işaret edildiği gibi, uydu görüntülerinden deprem hasarının belirlenmesi probleminde, derin öğrenme yöntemlerini eğitecek hasara ait çok az sayıda veri bulunduğundan yüksek doğrulukta derin öğrenme modellerinin geliştirilmesi zor bir araştırma konusudur. Bu projede, bu zorlukların üstesinden gelecek, deprem hasarını hızlı ve otomatik olarak tespit edecek yeni nesil bir yapay zeka sisteminin yazılımının ve kullanıcı ara yüzünün geliştirilmesi hedeflenmektedir. Proje kapsamında, afet sonrasında beton köşkler, binalar, direkler gibi enerji yapılarının tespit edilmesi, afet hasarlarının belirlenmesi ve bu hasarların yol açtığı

* Sorumlu Yazar: Tel: (0212) 285 66 29

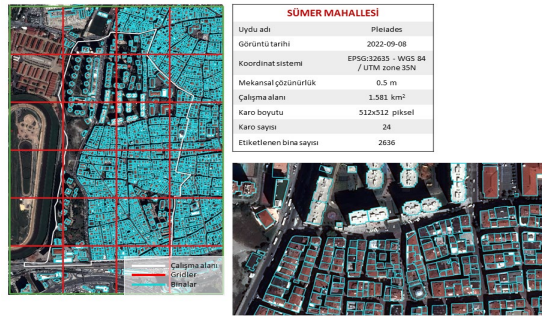
E-posta: musaoglune@itu.edu.tr (Nebiye Musaoğlu)

olumsuzluklardan ötürü ekiplerin koordine edilmesi için bir yazılım tasarlanmaktadır. Bu yazılım, hasarların belirlenmesi ve ekiplere uygun rotaların belirlenmesi gibi konularda yardımcı olacaktır. Projede hedeflenen, uydu görüntüleri temin edildikten sonra ilk birkaç saat içerisinde sonuç üretebilmek için, henüz deprem gerçekleşmeden önce, pilot bölgedeki hedefleri belirleyebilmek amacı ile deprem hasarını tanıyan, önceden eğitilmiş, tam otomatik bir derin öğrenme sisteminin geliştirilmesidir. Bu amaçla üniversite-sanayi işbirliği yapılarak Boğaziçi Elektrik Dağıtım (BEDAŞ) ve İstanbul Teknik Üniversitesi UHUZAM işbirliği ile, disiplinlerarası bir yaklaşımla proje yürütülmektedir. Proje kapsamında 5 paydaş kurum ve özel sektörle işbirliği yapılmıştır. Pilot bölgeler olarak Marmara Bölgesi'nde Zeytinburnu Sümer Mahallesi (BEDAŞ), Kadıköy ilçe merkezi (AYEDAŞ), Mustafakemalpaşa ilçe merkezi (UEDAŞ), Gebze Darıca Mahallesi (SEDAŞ) ve Süleymanpaşa ilçe merkezi (TREDAS) seçilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Proje pilot bölgeleri

Afet durumunda uzaktan algılama verilerinden bilgi çıkartılması için hem uydu görüntüsünün bulunması hem de bu veriden hızlıca bilgi üretilmesi gerekmektedir. Makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemleri ile bu konuda en hızlı çözüm sağlanabilmektedir. Günümüzde çok yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntülerinin sağladığı zengin detay, makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemlerinin hızlı ve doğru bilgi üretme özellikleri ile birleşince görüntüdeki nesnelerin kısa sürede belirlenmesi olanaklı hale gelmiştir. Derin öğrenme yöntemleri ile yüksek doğrulukla hedef belirlemede en önemli adım doğru etiketlenmiş, çok sayıda veri ile ağı eğitilmesidir. Bu kapsamda literatürde uzaktan algılama verilerinden oluşturulmuş bir takım veri setleri bulunmaktadır (Özaydın vd., 2024). Proje kapsamında kullanmak üzere, pilot bölgeleri de içerecek şekilde uydu görüntülerinden bina veri seti oluşturulmuştur. Deprem hasarını sistemin gerçek veri ile öğrenmesi amacıyla da, 6 Şubat 2023 depremlerinin yaşandığı bölgeden elde edilmiş uydu görüntülerinden hasar veri seti oluşturulmuştur. Afet sonrasında ideal koşullarda görüntü sağlanamayacağı olasılığı da düşünülerek veri setinin oluşturulmasında farklı algılama açılarından ve farklı özellikteki görüntüler de kullanılmıştır. Şekil 2'de bina veri seti için bir örnek gösterilmektedir.



(a)



(b)
Şekil 2. a) Pilot bölgelerde oluşturulan veri seti örneği b) Hasar veri seti örneği

Bu çalışmada, ilgili proje ve proje kapsamında yürütülen çalışmalardan elde edilen ön sonuçlar hakkında bilgi verilmektedir.

Anahtar Kelimeler

Mekânsal Veri Elde Etme Yöntemleri, Derin Öğrenme, Makine Öğrenmesi, Yapay Zekâ, Uzaktan Algılama

Kaynaklar

Hinton, G. E., Osindero, S., & Teh, Y. W. (2006). A fast learning algorithm for deep belief nets. *Neural Computation*, 18(7), 1527-1554.

Karhunen, J., Raiko, T., & Cho, K. (2015). Unsupervised deep learning: A short review. *Advances in Independent Component Analysis and Learning Machines*, 125-142. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802806-3.00007-5>.

Özaydın, E., Amirgan, B., Taşkın, G., & Musaoğlu, N. (2024). Derin öğrenme uygulamalarında kullanılan uzaktan algılama verilerinden oluşturulmuş açık kaynaklı bina veri setleri: Karşılaştırmalı değerlendirme. *Geomatik*, 9 (1), 1-11.

Sarker, I. H. (2021). Deep learning: a comprehensive overview on techniques, taxonomy, applications and research directions. *SN Computer Science*, 2(6), 420. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00815-1>.

Sürdürülebilir Orman Yönetiminde Yapay Zekânın Kullanımı

Bülent Bayram^{1,*}

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul.

Genişletilmiş Özet

Küresel düzeyde ormanlar hakkında kapsamlı bir yasal bağlayıcı belge olmamasına rağmen Paris Anlaşması, Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi (CBD), BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC), Kyoto Protokolü ve 1990'ların başında geliştirilen BM Çölleşmeyle Mücadele Sözleşmesi (UNCCD) gibi çeşitli sözleşmelerde çeşitli mevzuatlar oluşturulmuştur. AB 2050 vizyonu doğrultusunda: AB, 2050 yılına kadar biyolojik çeşitliliği ve biyolojik çeşitliliği korumayı, değerlendirmeyi ve yeterli şekilde eski haline getirmeyi ve sağladığı ekosistem hizmetleri ve insanlığa temel katkısı nedeniyle biyolojik çeşitlilik kaybını önlemeyi hedeflemiştir. İklim değişikliği, biyotik ve abiyotik tehditler birçok orman ekosisteminin dinamiklerinin ayrılmaz bir parçasıdır. Ormanlarda farklı biçim ve düzeylerde fiziksel ve ekonomik hasarlara neden olan bu faktörler arasında biyotik ve abiyotik tehditler önemli bir yer tutar. Biyotik tehditler açısından zararlılar doğal ormanlar üzerindeki en yıkıcı faktörlerdir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü, her yıl yaklaşık 35 milyon hektar ormanın böcek zararlıları tarafından yok edildiğini belirtmiştir.

Bunun dışında orman alanlarının yangın sonrası rehabilitasyonu için hızlı, doğru ve etkin yangın sonrası haritalama vazgeçilmez öneme sahiptir. Sustainable Use and Smart Management of Forests (SILVA NYMPHA) (Ormanların Sürdürülebilir Kullanımı ve Akıllı Yönetimi) projesi, daha geniş analitik strateji geliştirme için gerekli olan orman yönetimi sürecindeki boşluğu doldurmayı ve planlama, karar ve öğrenme süreçlerine dahil etmeyi amaçlamaktadır. AB hedefleri ve vizyonu doğrultusunda, iklim değişikliğinin gelecekteki etkilerini ve orman ekosistemi ve biyolojik çeşitlilik üzerindeki etkilerini dikkate alan stratejiler, yeni yöntemler ve teknikler geliştirmeyi, mevcut araştırma-geliştirme çalışmaları ve projelerinin yanı sıra, çok ölçekli, sürdürülebilir izleme ve biyotik-abiyotik tehditlerin son teknoloji yapay zeka tekniklerini kullanarak veri kaynakları sağlamayı hedeflemiştir. Bu amaçla Sentinel-2 verileri kullanılmıştır. Pilot olarak Bolu-Gölcük ve Düzce bölgeleri seçilmiştir. Çalışma kapsamında, 2020-2024 yılları arasında Türkiye'deki orman yangını verileri, özgün bir veri seti oluşturmak amacıyla Avrupa Orman Yangını Bilgi Sistemi (EFFIS) platformundan alınmıştır. Sentinel-2 verilerinden etiketler oluşturulmuştur. 2058,52 kilometrekarelik yanmış bir alanı kapsayan toplam 70 uydu görüntüsü etiketlenmiştir. 128x128 piksel boyutunda toplam 1373 görüntü parçası oluşturulmuştur. Bu çalışmada, U-Net, FPN ve DeepLabV3+ derin öğrenme mimarileri yanmış alanların haritalanması için eğitilmiştir.

Pityokteines Curvidens zararlarının haritalanması için DEFID2 açık kaynaklı veri seti yeniden etiketlenerek hataları giderilmiş ve makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak eğitilmiştir. Sonuç olarak, SILVA NYMPHA, yapay zeka tekniklerini kullanarak çok ölçekli, sürdürülebilir izleme ve biyotik-abiyotik tehditlerin erken teşhisi gibi verimli bileşenlere sahip orman yönetimi için entegre bir çözüm önermektedir. Çoklu sensör verilerinin makine öğrenimi, derin öğrenme kullanılarak orman sistemi modellerinin geliştirilmesine önerilen çözümler ve web tabanlı CBS uygulaması için sürdürülebilir veri kaynakları sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler

Derin Öğrenme, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, Açık Bağlantılı Veri, Uzaktan Algılama, Sentinel-2

Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK 122N254 - Uluslararası 2549-Polonya-NCBR Projesi kapsamında 'Ormanların Sürdürülebilir Kullanımı ve Akıllı Yönetimi-SILVA NYMPHA' TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

* Sorumlu Yazar: Tel: (0532) 7423759

E-posta: bayram@yildiz.edu.tr (Bülent Bayram)

Veri, Bilgi ve Bilgelik Yolunda Yapay Zekâ: Semantik Web Teknolojileri ile Yapay Zekânın Etkileşimi ve Semantik Zenginleştirme Bağlamında Uzamsal Zekâ

Mikail Güneydaş^{1,*}, Caner Güney²

¹*İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü Coğrafi Bilgi Teknolojileri Programı, 34469 İstanbul.*

²*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul.*

Genişletilmiş Özet

Son yıllarda, yapay zekâ alanında yaşanan gelişmeler başta teknoloji alanı olmak üzere ekonomik, sosyal ve bilimsel alanların kayda değer anlamda dönüşümüne ön ayak oldu. Büyük Dil Modelleri-Large Language Models (LLM) ile geliştirilen Gemini Ultra, Claude 3.5 Sonnet, ChatGPT-4o ve OpenAI o1 gibi araçların çok geniş kullanım alanı bulmasıyla birlikte, hem bireysel olarak hem de girişimler tarafından yapay zeka teknolojilerinin penetrasyonunda ciddi artış gözlemlenmektedir. ChatGPT'nin bir milyon kullanıcıya, sadece beş günde ulaşması da bunun göstergelerinden biri olarak kabul edilebilir. Sosyo-ekonomik alandaki hızlı dönüşümün yanında, çok da beklenmedik bir şekilde bilimsel alandaki dönüşümün bir yansıması olarak, 2024 Nobel Fizik Ödülü, yapay zekâ ve makine öğrenimi alanındaki çığır açıcı çalışmaları nedeniyle, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki (ABD) Princeton Üniversitesi'nden John Hopfield ve Kanada'daki Toronto Üniversitesi'nden Geoffrey Hinton'e verildi. Beklenmedik olması yapay zekanın bilimsel araştırmalarda bir araç olarak kullanılmasından dolayı değil, fizik gibi temel bir bilim alanı için bu ödülün, doğrudan yapay zekâ araştırmalarına verilmesi nedeniyleydi. Bu konuyla ilgili tartışmalar devam ededursun, yapay zekanın dönüştürücü etkisi, bilimsel araştırmalar dahil hayatın her alanında artarak devam etmektedir.

Günümüzde en yaygın kullanılan yapay zekâ teknolojileri, Büyük Dil Modellerine-Large Language Model (LLM) dayanmaktadır. Büyük oranda webdeki veriye erişim sağlayarak eğitilen bir modelin çıktıları, hiç kuşkusuz eğitildiği verinin doğruluğuna, yeterliliğine, güncelliğine, güvenilirliğine ve kalitesine doğrudan bağlıdır. Hacmi (volume), hızı (velocity) ve çeşitliliği (variety) ile “büyük veri” bileşenlerinin tamamını içeren bu verilerin önemli bir bölümü yapılandırılmamış verilerdir. Bundan dolayı, bir LLM aracı bir komuta (prompt) yanıt döndürürken bu tür yapılandırılmamış verilerden beslendiği için yanlılık(bias) ve halüsinasyona açık hale gelmektedir. Çünkü, anlam (semantik) ve bağlamdan(context) bağımsız, sintaktik verilerin istatistiksel korelasyonu üzerinden dönen “ezberlenmiş” yanıtlar; alana özgü (domain-specific), anlamlı, geçerli ve güncel olmaktan uzak kalmaktadır. LLM'lerin kısmi başarılarının, yapılandırılmamış veya yarı yapılandırılmış veriler üzerinde akıl yürütme (reasoning) becerilerinden değil yalnızca dilsel kalıpları öğrenmelerinden kaynaklanmaktadır (Mai vd. 2024).

Yapay zekanın bu handikabını aşmak için geliştirilen, ancak şu an için palyatif bir yaklaşım olarak değerlendirilecek prompt engineering çözümleri de bulunmaktadır. Bunlardan biri olan, zero shot prompting, bir yapay zeka modeline herhangi bir ön örnek veya belirli bir eğitim olmaksızın bir görev veya soru verildiğinde, bir yanıt üretmek için yalnızca önceden var olan bilgisine dayalı bir tekniktir (Wei vd 2022a). Bununla birlikte, ince ayar (fine tuning) yöntemleri de amaca yönelik, alana özgü (domain specific) yanıtlar için iyileştirici etkilerde bulunmaktadır. Büyük dil modellerini aritmetik, sağduyu (commonsense) ve sembolik akıl yürütme (symbolic reasoning) süreçlerinde iyileştiren “düşünce zinciri”(chain of thought prompting) yöntemi ise bu alanda son dönemde yaşanan en önemli gelişme olmuştur (Wei vd. 2022b).

Yapay zekanın bağlama daha yakın ve güncel verilerden beslenerek güncel yanıtlar vermesi için geliştirilen ve Retrieval-Augmented Generation (RAG) olarak adlandırılan yöntem, büyük dil modelinin (LLM) yeniden eğitime gerek kalmadan ek veri kaynaklarından yararlanmasına imkân tanımaktadır (Gao vd. 2024). RAG ile yapılandırılmamış ya da yarı yapılandırılmış veriler ek olarak yapılandırılmış kurumların kendi verilerine dayalı olarak veri havuzları oluşturularak, yapay zekanın güncel ve bağlama uygun yanıtlar sunmasına yardımcı olmak üzere bu veri havuzları sürekli güncellenebilmektedir.

Büyük Dil Modellerinin veri yığını halindeki yapılandırılmamış veriler yerine semantik yönden zengin olan, metaverisi bulunan ve alana özgü yapılandırılmış verilerle beslenmesi hiç şüphesiz sorgu çıktılarının kalitesini artıracaktır. Bu bağlamda RAG, böyle bir veri kümesinin sonuçlara etkisini göstermesi adına önemlidir.

Bu aşamada, verilerin ve veri webinin anlamsal ilişkilerini inceleyen ve bu ilişkiler üzerinde uygulamalar geliştiren semantik web teknolojileri çok önemli avantajlara sahiptir. Semantik web, makineler için anlamlı olan web servislerini birbirine bağlayan yeni bir web içerik biçimidir. Semantik web bilginin temsil(knowledge representation), edinme(acquisition), uyarlama(adaptation,), akıl yürütme(reasoning), paylaşma(sharing) ve kullanma(use) gibi tüm yaşam döngüsü süreçlerinin (knowledge life-cycle processes) en üst seviyede otomasyonuna dayanmaktadır (Güney, 2006). Son yıllarda uygulama alanı giderek yaygınlaşan “bağlantılı veri (linked data)”, bağlantılı açık veri(linked open data) teknolojileri ile veri setleri birbiriyle ilişkilendirilerek daha geniş veri setleri üzerinde sorgulama yapma imkanı artmıştır. Aynı zamanda, açık veri platformlarında verilerin bağlantılı veri formatına uygun olarak yayınlanması da son dönemde yaygınlaşmıştır. Kullanıcılar, açık veri platformlarında veriyi sorgularken birden çok veri setini ilgilendiren

* Sorumlu Yazar: Tel: (0212) 285 71 94

E-posta: mkguneydas@gmail.com (Mikail Güneydaş), guneycan@itu.edu.tr (Caner Güney)

alanlarda arama yapma ihtiyacı duymaktadırlar (Ronzhin vd. 2019) LOD sağladığı en önemli faydalardan biri, kullanıcıların farklı veri setleri arasında sorgulama yapmaya imkân sağlamasıdır. Dolayısıyla, farklı veri setleri kullanılarak veriden anlamlı bilgi üretimi daha kolaylaşmıştır. Büyük dil modellerinin yukarıda bahsedilen sorunlarına karşılık semantik olarak zengin, metaveri desteği bulunan aynı zamanda kuruluşlar tarafından işlenip doğruluğu yüksek olan içeriklerin de bulunduğu ve en önemlisi herkesin erişimine açık, bağlantılı açık verilerin-linked open data (LOD) kullanımı çözüme katkı sağlayabilecektir.

Semantik web teknolojileri alanında kullanımı giderek artan bilgi graflarının da (knowledge graph), büyük dil modellerinin sorgu çıktılarının iyileştirilmesinde çok olumlu katkı sağladığı ortaya konmuştur. Aynı zamanda, LLM de, bilgi grafi oluşturmada (KG construction) olumlu katkılar sağlamıştır (Pan vd. 2023). Dolayısıyla, büyük dil modellerinin semantik olarak güçlendirilmesi yönündeki çalışmaların artması semantik web teknolojilerinin gelişimine de olumlu olarak yansımıştır.

Bu çalışmada ilk aşamada, yapay zekanın, alana özgü (domain specific), bağlama uygun ve anlamlı sonuçlar vermesi için kullanması gereken veriye ait gereksinimler ve veriyle olan semantik ilişkiler irdelenmiştir. Varlıklar gözleme dayalı olarak algılansa da kavramlar (anlam, ilişki) gözlemlenemediğinden dolayı semantik (anlambilim), bunun yerine ikameler (semboller) sunmak durumundadır (Kuhn, 2005). Mantık, dilbilim ve bilgisayar bilimleri disiplinlerinden ortaya çıkan semantik(anlambilim), anlam hakkında konuşmak için matematiksel bir dil kullanmaktadır.

Gerek gözleme dayalı gerekse bilişsel (cognitive) olarak algılanan gerçekler üç boyutlu olduğundan dolayı, yapay zekanın uzamsal olarak veriyi anlama ve akıl yürütme (reasoning) yapması gerekmektedir. Bunun için ise olgu, kavram, ilişki ve varlıkların daha doğrusu dünyanın soyutlanabilmesi (abstraction) ve bir model olarak realize edilmesi gerekmektedir. Yapay zekâ öğrenmesi en basit anlatımıyla bir çocuğun öğrenmesine benzetilebilir ve ideal olarak bir örneklem üzerinden öğrenme yeterli olacaktır. Peki, bir çocuk uzamsal ve zamansal olan dünyayı nasıl algılamaktadır? Uzamsal(spatial) kavramların bir kısmı, gözleme dayanan fiziksel gerçekliğe dayanır. Örneğin, rüzgâr yönü veya bir gösterge tarafından ölçülen bir su seviyesi dünyada gözlemlenebilir bir temele sahiptir. Ancak yer adları; üzerinde toplumsal anlaşmaya varılmış ve anlamla ilgisi zayıf kavramlardır. Bunun için “Ethnophysiography” olarak adlandırılan disiplinlerarası alandaki çalışmalar da incelenerek mereolojik ve mereotopolojik olarak dünyanın yapay zekâ tarafından nasıl bir model olarak algılanabileceği araştırılmıştır (Mark&Turk 2003). Daha çok sensör gözlem verilerine dayalı, dijital ikiz (digital twin) yapısının semantik web teknolojileri kullanılarak bilişsel olarak nasıl zenginleştirilebileceği ve yapay zekâ ajanı bazlı (AI agent based) yöntemlerle yapay zekâ görevlerinin yapılabilirliği araştırılmıştır. Dünya gerçekliğinden hareketle tasarlanacak modelin, “sistemlerin sistemi“(system of systems) olarak ele alınmasının daha bütüncül bir yaklaşım olduğu vurgulanmıştır. Veriden bilgelğe giden ideal senaryoyu sembolize eden Data Information Knowledge Wisdom (DIKW) piramidi kullanılarak, ideal senaryoda kullanılacak veri, teknoloji ve yaklaşımlar çalışma kapsamında sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler

Yapay Zekâ (AI), Semantik Web Teknolojileri, Açık Bağlantılı Veri, Dijital İkiz (Digital Twin), Mekânsal Biliş

Yapay Zekâ Yöntemleri ile Uydu Görüntülerinden Orman Böcek Zararlarının Tespiti

Bahadır Kulavuz^{1*}, Ceyda Hızal¹, Pelin Özkoç¹, Ece Alkan², Beşir Yüksel³, Abdurrahim Aydın³, Tolga Bakırman¹, Bülent Bayram¹

¹ Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220 İstanbul

² Düzce Üniversitesi, Kaynaşlı Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama, 81900 Düzce

³ Düzce Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği, 81620 Düzce

Genişletilmiş Özet

Ormanlar, biyolojik çeşitliliğin korunması, biyoiklimsel dengenin sağlanması, karbon tutuculuğu ve iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması gibi pek çok açıdan vazgeçilmezdir. Orman ekosistemleri, insanlara çeşitli ekolojik hizmetleri ve geçim kaynakları sunarken, küresel atmosfer döngüleri, biyoçeşitlilik üzerinde de vazgeçilmez bir öneme sahiptir. Ormanlarda meydana gelen zararların hızlı, doğru ve ekonomik olarak saptanmasına yönelik sürdürülebilir çözümlerin üretimi; ormanların yönetimi ve ormansızlaşmanın daha etkin izlenmesi açısından hayati bir önem taşımaktadır. Günümüzde uzaktan algılama ve yapay zeka teknolojileri bu konuda etkin, esnek ve global çözümler sunmaktadır. Uzaktan algılama verileri, yeryüzünün izlenmesi, analiz edilmesi ve modellenmesi gereken konularda örneğin çevrenin izlenmesi, afet yönetimi, tarım ve ormancılık gibi alanlarda aktif olarak kullanılmaktadır.

Ülkemizde küresel ısınma ve iklim değişikliğine bağlı olarak ormanlarımız biyotik ve abiyotik tehditlere maruz kalmaktadır. Özellikle farklı türdeki böcekler ormanların kurumasına, yok olmasına dolayısıyla biyoçeşitliliğin azalmasına neden olabilmektedir. Her farklı böcek türü yaşam döngülerine bağlı olarak ormanlara ciddi zararlar verebilmektedir. Böceklerin erken tanısının yanı sıra hasar miktarının tespitinde etkili orman yönetiminin önemli bileşenlerinden biridir. Hasar alanlarının hızlı, ekonomik ve erken tespiti rehabilitasyon ve orman yenileme çalışmaları açısından önemlidir.

Bu çalışmada, açık erişimli uzaktan algılama verilerinden (Sentinel-2) yararlanarak başta göknar olmak üzere karaçam ve sarıçam ağaçlarına zarar veren *Pityokteines Curvidens* (fir engraver beetle) zararlısının etkilerinin yapay zekâ temelli çözümler ile belirlenmesi hedeflenmiştir.

Günümüzde çalışma özelinde olduğu gibi yapay zeka temelli çözümlerin (Makine öğrenmesi/ Derin Öğrenme) en büyük zorluklarından birisi veri setlerinin çok kısıtlı olması ya da mevcutların önemli etiketleme hataları barındırıyor olmasıdır. Yapılan araştırmalar sonucunda *Pityokteines Curvidens* zararına yönelik Sentinel-2 görüntüleri için üretilmiş bir veri setine rastlanmamıştır. Bundan dolayı IPS Typographus zararlısına yönelik hazırlanmış açık kaynaklı DEFID2 veri seti incelenmiştir. DEFID2 veri seti, Avrupa ormanlarını etkileyen biyotik zararlar hakkında verileri standartlaştırılmış bir şekilde toplama, uyumlu hale getirme ve yaymayı amaçlamaktadır. Landsat, Sentinel-2 ve hava fotoğraflarından üretilen veri seti incelendiğinde bu böceğinde kabuk böceği olduğu ve ibrelili ağaçlara zarar verdiği belirlenmiştir. Ayrıca veri seti irdelendiğinde ciddi etiketleme hatalarının olduğu da gözlenmiştir. Bu noktadan hareketle çalışma ekibinde yer alan uzmanların katkılarıyla etiketlenmiş verilerdeki hataların düzeltilmesi yoluna gidilmiştir.

Etiketleme sürecinde CBS ortamında zarar görmüş alanlar vektör verilere dönüştürülmüştür. Ardından Google Earth Engine üzerinden vektör verilere karşılık gelen aynı tarihli Sentinel-2 uydu verileri indirilerek veri seti geliştirilmiştir. İndirilen veriler ilk aşamada obje temelli bölütleme yazılımı kullanılarak “Arka plan”, “Sağlıklı Orman” ve “Sağlıksız Orman” olacak şekilde 3 sınıfa ayrılarak yeniden etiketlenmiştir. Kullanılan yöntem, pikselleri bir varyans eşliğine (ölçek parametresi olarak da bilinmektedir) göre daha büyük nesnelere kümeleyen yinelemeli bir süreci içermektedir. Yöntem, düzensiz sınırları en aza indirmek için şekil ve sıklığı dengeler. Eşik arttıkça, daha büyük nesneler oluşur, ancak bunların boyutu ve şekli verilerin özelliklerinden etkilenmektedir. Bundan dolayı bölütleme sürecinde kullanılan parametreler deneysel olarak belirlenmiştir. Etiketleme işlemlerinde “Sağlıksız Orman” sınıfına ait bölgelerin hazırlanan vektör verilerle eşleşmesine dikkat edilerek etiketlerin doğruluk kontrolleri yapılmıştır. İşlemler sonucunda etiketli 250 adet uydu verisi elde edilmiştir.

Elde edilen veriler incelendiğinde uydu verilerinde “Sağlıksız Orman” sınıfına ait piksel sayısının görüntülerin %1-15 oranında olması ve veri sayısının az olmasından kaynaklı derin öğrenme tabanlı yöntemler kullanılmamıştır. Bundan dolayı makine öğrenmesi yöntemlerinden olan Random Forest (RF) ve XGBoost algoritmaları ile eğitimler gerçekleştirilmiştir.

Uydu görüntülerinin makine öğrenmesinde kullanılması için veriler tabular veriye dönüştürülmüştür. Tabular veri seti 15 sütundan oluşmaktadır. 12 sütun görüntü bantlarını, diğer 3 bant koordinat ve sınıf bilgisini temsil etmektedir. Üretilen tabular veri 64.85M satırdan oluşmaktadır ve bu satırların 1.54M satırı “Sağlıksız Orman” sınıfına aittir ve tüm veriye oranı %2,3’tür. Bundan dolayı ilk olarak optimum veri setini elde etmek için 3 adet veri seti üretilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. 1. Veri setinde her sınıftan eşit sayıda satır bulunmaktadır. 2. Veri seti “Arka Plan” ve “Sağlıklı Orman” %45 oranında “Sağlıksız Orman” %10 oranında satır içermektedir. 3. veri seti ise “Arka Plan” ve “Sağlıklı Orman” %40 oranında “Sağlıksız Orman” %20 oranında satır içermektedir. Veri setleri %80 eğitim %20 test aşamasında kullanılmak

* Sorumlu Yazar: Tel: (0539) 740 48 25

E-posta: bahadir.kulavuz@yildiz.edu.tr (Bahadır Kulavuz)

için ayrılmıştır. RF algoritması ile yapılan eğitimler sonucunda “Sağlıksız Orman” sınıfı 0.72 F1-Skor doğruluğu ile 3. veri seti elde etmiştir. Yapılan çalışma sonucunda optimum veri seti belirlenmiştir. Elde edilen sonuçların geliştirilmesi için 5 yeni veri seti hazırlanmıştır ve RF ve XGBoost algoritmalar ile eğitimler gerçekleştirilmiştir.

Deney-1, veri seti orijinal hali ile eğitilmiştir (12 Bant).

Deney-2, “Yakın Kızılötesi” bandının sonuçlara etkisi test edilmiştir.

Deney-3, “Yeşil” bandının sonuçlara etkisi test edilmiştir (11 Bant).

Deney-4, “Yeşil” ve “Yakın Kızılötesi” bantlarının etkisi test edilmiştir (10 Bant).

Deney-5, NDVI indeksinin etkisi test edilmiştir (13 Bant).

Deney-6, NDVI, NDREI1, NDRS indekslerinin etkisi test edilmiştir (13 Bant).

İndeksler genel olarak -1 ile 1 değerler arasında sonuçlar içermektedir. Bundan dolayı indekslerin uydu bantlarına uygun olacak şekilde düzenlenmesi gerektiği belirlenmiştir. Bundan dolayı ilk olarak minimum negatif değer veriye eklenerek veri seti 0 ile 2 arasına çekilmiştir. Ardından tekrar normalize edilerek 0 ile 1 arasına çekilmiştir. Son olarak değerler 2^{12} değeri ile çarpılmıştır ve yaklaşık olarak Sentinel-2 uydu bandına dönüştürülmüştür.

Yapılan deneyler sonucunda en yüksek doğruluk Random Forest algoritması ile 0.80 F1-Skor doğruluğu elde edilmiştir. XGBoost algoritmasının yapılan deneylerde 0.59 seviyelerinde kaldığı görülmektedir. Elde edilen sonuçlar veri setinin XGBoost algoritması için yeterli olmadığını ve modelin yeterince öğrenmediğini göstermektedir. Deney-4’te “Yeşil” ve “Yakın Kızılötesi” bantlarının bitki örtüsünde yüksek yansıma değerlerine sahip olduklarından dolayı sınıflar arası farkı arttırmak için çıkarılmıştır ve en yüksek doğruluk bu deneyde elde edilmiştir. Bunun yanında indekslerin doğruluklara pozitif etki etmediği görülmüştür. Çünkü indeksten üretilen görüntüler incelendiğinde “Sağlıklı Orman” ve “Sağlıksız Orman” sınıfları arasındaki farklılıkları azaldığı belirlenmiştir. Bunlara ek olarak tahmin verileri incelendiğinde etiketleme aşamasının geliştirilmesi gerektiği belirlenmiştir.

Gelecek çalışmalarda veri sayısı artırılarak derin öğrenme yöntemleri ile eğitimler yapılması hedeflenmektedir.

Bu çalışma, şu 122N254 numaralı, TÜBİTAK tarafından desteklenen Türkiye-Polonya ikili iş birliği SILVA NYMPHA (Sustainable Use and Smart Management of Forests) projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler

İklim Değişikliği, Yapay Zekâ, Makine Öğrenmesi, Sentinel-2, Uzaktan Algılama

Mekânsal Zekâ (GeoAI) Yeteneklerinin İrdelenmesi ve CBS Ortamında Uygulama Analiz Araçlarının Geliştirilmesi

Büşra Demirci¹, Süleyman Şişman¹, Arif Çağdaş Aydınoglu^{1,2 *}

¹Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 41400, Kocaeli.

²Gebze Teknik Üniversitesi, Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü, 41400, Kocaeli.

Genişletilmiş Özet

Son zamanlarda birbirinden farklı birçok çalışmada kullanılan yapay zekâ, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nde mekânsal verilerin analizini daha verimli hale getirmek, veriler arasındaki ilişkiyi irdeleyerek tahminler gerçekleştirmek gibi amaçlarla sıklıkla kullanılmaktadır. Büyük boyutlarda ve karmaşık yapıda olan mekânsal veri, uydu görüntüleri ve sensör verileri gibi çeşitli kaynaklardan elde edildiğinden geleneksel yöntemlerle analiz edilmesi oldukça zordur. Makine öğrenmesi, derin öğrenme ve doğal dil işleme gibi yapay zekâ teknikleri kullanılarak mekânsal veriler üzerinden tahmin modellerinin geliştirilmesi, modellerin performanslarının test edilmesi ve öngörücü analizlerin gerçekleştirilmesi Mekânsal Zekâ (GeoAI) kavramını beraberinde getirmiştir (Li vd.,2024). Bu kavram, kentsel planlama, rasyonel kaynak yönetimi, afet yönetimi ve iklim değişikliği gibi alanlarda etkin rol oynamakta çalışma alanı geniş yelpazede incelenmektedir. Şehirlerin büyümesi ve altyapı planlamasının yapılması, orman ve su kaynakları gibi doğal ekosistemlerin sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi, deprem veya sel gibi doğal afetler için risk analizlerinin yapılması, enerji sektörü gibi çeşitli sektörler için stratejik kararların alınması, mekânsal zekâ kullanımının ön planda olduğu çalışma alanlarıdır (Song vd.,2023). Mekânsal zekanın sağladığı diğer yarar ise Python ve R gibi açık kaynaklı programlama dilleriyle oluşturulmuş spesifik kütüphanelerle entegre çalışarak makine öğrenmesi temelli modeller oluşturulabilmesidir (Sahin vd.,2020). Makine öğrenmesi modelleri genelde sınıflandırma algoritmaları(Aydın,2018;Basheer,2022), regresyon algoritmaları (Peker,2017) ve kümeleme algoritmalarından (Aytaç,2021; Görentaş vd., 2023) oluşmaktadır. Aynı zamanda hem sınıflandırma hem de regresyon problemlerinde kullanılan algoritmalar da mevcuttur (Zilyas vd.,2023).

Bu çalışma kapsamında makine öğrenmesinin gayrimenkul değerlendirme, enerji talep tahmini gibi çeşitli regresyon uygulamalarında kullanılabilecek 9 adet araç kutusunun açık kaynaklı programlama dili olan Python ile ArcGIS Pro platformunda geliştirilmesi, bu araç kutularının geliştirilmesi sırasında Arcpy kütüphanesi başta olmak üzere gerekli kütüphanelerin kullanılması amaçlanmaktadır. Günümüzde Python sağladığı geniş kütüphane desteği ve kodun kolayca okunabilirliği sebebiyle makine öğrenmesinde en yaygın kullanılan dillerden biridir. Arcpy kütüphanesi ise coğrafi bilgi sistemleri alanında öncü olan ArcGIS platformuna bağlı bir kütüphanedir. Bir diğer deyişle mekânsal verilerin birlikte çalışmasında önemli rol oynayan, CBS analizlerini Python dili ile programlayarak otomatikleştiren ve mekânsal analizleri hızlandırmak için kullanılan temel kütüphanelerdendir. Geliştirilen ilk araç kutusu Aykırı Veri Analizi'nin yapılmasını sağlar. Aykırı veri, genel istatistiksel dağılımdan sapan, bu dağılımı uyumlu çoğu veriden bariz şekilde uzakta kalan, güvenilir sonuçları elde etmeyi zorlaştıran verilerdir. Oluşturulan bir modelin daha doğru sonuç vermesi için bu değerlerin tespit edilmesi gerekir. 2.arac kutusu ise kullanıcının belirlediği Z-skor, Minimum-Maksimum, Mutlak Maksimum ve Robust Standardizasyon metodlarından herhangi birini kullanarak Veri Normalizasyonu yapmayı sağlayan araçtır. Farklı ölçeklerde ve birimlerde olan verilerin aynı ölçek ve aralığa getirilerek daha kolay ve doğru bir şekilde işlenmesini amaçlayan bu araç kutusu makine öğrenmesi ve veri analizi süreçlerinde kullanılan ön işleme tekniğinin yapılmasını sağlar. 3.arac kutusu, Değişken Seçimi Aracı'dır. Çok sayıda değişken içeren büyük boyutlu veri setlerinin boyutunu indirmek, model için anlamlı değişkenleri belirleyerek model performansını arttırmak ve daha anlamlı sonuçlar elde etmek amacıyla bu araç kutusu oluşturulmuştur. 4.arac kutusu, bir makine öğrenmesi modelini eğitmek ve test etmek için veri setini kullanıcının belirlediği yüzdelik dilime göre ayırmayı sağlayan Eğitim/Test Veri Seti Ayırma Aracı'dır. Veri setini uygun yüzdelik dilime göre test ve eğitim olmak üzere iki kısma ayırmak modelin aşırı öğrenme durumunu ortadan kaldırmayı sağlar. Çalışmada oluşturulan 5,6,7 ve 8.arac kutuları makine öğrenmesi bünyesinde bulunan ve literatürde kullanımı yaygın olan sırasıyla Rasgele Orman (Random Forest), Gradient Boosting Machine (GBM), Light Gradient Boosting Machine (LightGBM) ve eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) modellerinin çalışmasını sağlamaktadır(Iban,2022). Modellerin çalışma prensiplerine bakıldığında Rasgele Orman modelinin temelinde Karar Ağaçları (Decision Trees) algoritmasının bulunduğu görülmektedir. Bahsi geçen algoritma Breiman (Breiman,2001) tarafından karmaşık veriler için birden fazla karar ağaçlarının birleşip orman haline gelmesine dayanmaktadır. Son zamanlarda toplu taşınmaz değerlendirme alanında veri seti içerisindeki özniteliklerin önem düzeyleri ve ilişkilerini detaylı incelemesinden dolayı bu eğitim modeli ön plana çıkmaktadır. (Aydınoglu vd.,2023). Gradient Boosting Machine, karar ağaçlarını ardışık oluşturarak bir önceki ağacın hatasını öğrenip bu hatayı sıralı bir şekilde elimine etmeyi amaçlar. Bu amaç doğrultusunda karar ağaçlarını seviye bazlı büyüme stratejini kullanarak eğitir. Algoritma, mekânsal zekâ uygulamalarının öngörü analizlerinde kullanılan modeli adım adım iyileştirir. GBM tabanlı olup karar ağaçlarını eğitirken yaprak bazlı büyüme stratejisini kullandığından ötürü klasik algoritmadan ayrılan LightGBM ise büyük ve karmaşık veri setlerinde çalışırken daha az bellek kullanılması sağlar. Bu model gereksiz özellikleri ve örnekleri filtreleyerek hafıza

* Sorumlu Yazar: Tel: (0262) 605 20 61

E-posta: aydinoglu@gtu.edu.tr (Arif Çağdaş Aydınoglu), b.demirci2021@gtu.edu.tr (Büşra Demirci), ssisman@gtu.edu.tr (Süleyman Şişman)

kullanımını ve işlem süresini azaltır. GBM algoritmasıyla benzer mantıkla işleyen diğer model ise XGBoost modelidir. Temelde verilerin optimizasyonunu sağlamlaştıran daha hassas doğrulukta tahmin yapmayı kolaylaştırır. Geliştirilen son araç kutusu ise Model Performans Değerlendirme Aracı'dır. Bu araç regresyon temelinde gerçekleşen modelin doğruluğunu makine öğrenmesi metriklerinden Mean Absolute Error (MAE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE), Root Mean Squared Error (RMSE), R2'nin hesaplanmasını sağlar.

CBS tabanlı ArcGIS platformu, mekânsal zekâ uygulamalarındaki modellerin ihtiyaç duyduğu verilerin oluşmasında, makine öğrenmesi temelli araç kutularının geliştirilmesinde ve oluşturulan modellerin performans değerlendirmesi aşamasında ArcPy haricinde bünyesinde bulundurduğu diğer kütüphaneleri de kullanmayı olanak sağlar. Bu bağlamda çalışma sırasında kullanılan diğer kütüphanelerin kullanım amacına kısaca değinilirse regresyon tekniğinin makine öğrenmesiyle yapılması sırasında Random Forest ve GBM modelleri için Scikit-learn kütüphanesi, matris ve dizi gibi sayısal hesaplamaların yapılmasında NumPy kütüphanesi, verilerin yapılandırılması ve dönüştürülmesi sırasında Pandas, verilerin görselleştirilmesi ve makine öğrenmesi modellerinin çıktısı alınması sırasında Matplotlib ve Seaborn kütüphaneleri kullanılmıştır. Bu platformun avantajlarından bir diğeri ise bünyesinde bulundurmadığı diğer kütüphaneleri araç kutusunun geliştiricisi tarafından dışardan eklenmesine izin vermesidir. XGBoost ve LightGBM ile model eğitimi sağlayan araç kutularında xgboost ve lightgbm kütüphaneleri bu şekilde kullanılmıştır. Dolayısıyla çalışmada, CBS tabanlı ArcGIS platformunun Python ve ArcPy kütüphanesi ile diğer kütüphanelerin entegrasyonu sayesinde yenilikçi makine öğrenmesi tekniklerinin kullanılarak mekânsal zekâ odaklı çeşitli araç kutularının başarıyla geliştirildiği görülmüştür.

Gelecekte, mekânsal verilerin daha geniş hacimlerde toplanması ve analiz edilmesi beklenmekte Yapay Zekâ algoritmalarının sürekli gelişmesi, mekânsal analizlerin doğruluğunu ve hızını önemli ölçüde artıracaktır. Özellikle 5G ve Nesnelerin İnterneti (IoT) gibi teknolojilerin yaygınlaşması, mekânsal zekâ için yeni uygulama alanlarının keşfedilmesine olanak tanıyacaktır. Mekânsal Zekâ (GeoAI), CBS ortamında yenilikçi analiz araçlarıyla birlikte kullanıldığında, mekânsal veri analizinde büyük fırsatlar sunmaktadır. Bu gelişmiş teknolojiler, çeşitli sektörlerde karar alma süreçlerini daha etkin hale getirerek stratejik planlama için kritik katkılarda bulunabilir. GeoAI ve CBS entegrasyonu, veri analizlerini daha hızlı, daha doğru ve öngörücü bir şekilde gerçekleştirerek, gelecekteki coğrafi analizlerde önemli bir rol oynamaya devam edecektir. Ayrıca, bu entegrasyon sayesinde mekânsal veri yönetimi, modelleme ve görselleştirme süreçlerinin de daha verimli hale gelmesi öngörülmektedir, bu da sonuç olarak daha etkili ve sürdürülebilir çözümler sunacaktır.

Anahtar Kelimeler

Mekânsal Zekâ (GeoAI, CartoAI), Makine Öğrenmesi (Machine Learning), CBS Uygulamaları, Yapay Zekâ (AI), Büyük Mekânsal Veri

Kaynaklar

- Aydın, C. (2018). Makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak itfaiye istasyonu ihtiyacının sınıflandırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (14), 169-175.
- Aydinoğlu, A. Ç., Bovkır, R., Çölkesen, İ. (2023) Toplu taşınmaz değerlemede makine öğrenme algoritmalarının kullanımı ve konumsal/konumsal olmayan özniteliklerin tahmin doğruluğuna etkilerinin karşılaştırılması. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 10(1), 63-83.
- Aytaç, E. (2021) Havzaların benzerliklerini tanımlamada alternatif bir yaklaşım: hiyerarşik kümeleme yöntemi uygulaması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(4), 958-970.
- Basheer, S., Wang, X., Farooque, A. A., Nawaz, R. A., Liu, K., Adekanmbi, T., Liu, S. (2022) Comparison of land use land cover classifiers using different satellite imagery and machine learning techniques. *Remote Sensing*, 14(19), 4978.
- Breiman L., (2001) "Random forests", *Machine Learning*, 45 (1), 5-32.
- Görentaş, M. B., Uçkan, T. (2023) Makine Öğrenmesi Yöntemleri Kullanılarak Mahkeme Kararlarının Kümelmesi. *Computer Science*, 8(2), 148-158.
- Iban, M. C. (2022) An explainable model for the mass appraisal of residences: The application of tree-based Machine Learning algorithms and interpretation of value determinants. *Habitat international*, 128, 102660.
- Li, W., Arundel, S., Gao, S., Goodchild, M., Hu, Y., Wang, S., & Zipf, A. (2024) GeoAI for Science and the Science of GeoAI. *Journal of Spatial Information Science*, (29), 1-17.
- Peker, M., Özkaraca, O., Kesimal, B. (2017) Enerji tasarruflu bina tasarımı için ısıtma ve soğutma yüklerini regresyon tabanlı makine öğrenmesi algoritmaları ile modelleme. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(4), 443-449.
- Sahin, E. K., Colkesen, I., Acmalı, S. S., Akgun, A., Aydinoglu, A. C. (2020) Developing comprehensive geocomputation tools for landslide susceptibility mapping: LSM tool pack. *Computers & geosciences*, 144, 104592.

Song, Y., Kalacska, M., Gašparović, M., Yao, J., & Najibi, N. (2023) Advances in geocomputation and geospatial artificial intelligence (GeoAI) for mapping. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 120, 103300.

Zilyas, D., Yılmaz, A. (2023) Makine Öğrenmesi Yöntemleri ile Eğitim Başarısının Tahmini Modeli. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 14(3), 437-447.

Uzamsal Zekâ ile Sağlık ve Çevre İçin Atık Su İzleme: Kolektif Bilinçle Geleceğe Yatırım

Merve Kuloğlu Genç^{1, *}

¹İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Adli Tıp ve Adli Bilimler Enstitüsü, Fen Bilimleri ABD, Büyükçekmece, İstanbul

Genişletilmiş Özet

Genişletilmiş Atık Su Tabanlı Epidemiyoloji (Wastewater-Based Epidemiology - WBE) yaklaşımı, bireylerin maruz kaldığı ya da tükettiği her türlü maddenin, boşaltım yoluyla kanalizasyona geçmesi ve bu maddelerin artıklarının analitik yöntemlerle tespit edilmesi prensibine dayanmaktadır. Atık sudan sağlık perspektifinde; bulaşıcı hastalıklar (örneğin SARS-CoV-2 virüsü), antibiyotik direnci, hormon bozucular (endokrin bozucu kimyasallar), uyuşturucu ve alkol gibi yasal / yasa dışı maddeler izlenebildiği gibi, çevresel perspektiften; endüstriyel kimyasallar ve atıkları, tarım ilaçları (pestisitler), ağır metaller (kurşun, cıva gibi), plastik katkı maddeleri (ftalatlar, bisfenoller) vb. pek çok kirleticinin varlığı ve miktarları da tespit edilebilmektedir. Öte yandan, atık su izlemeleri maddelerin toplumsal ölçekteki maruziyet ve/veya tüketim farklılıklarını örnek alınma sıklığına göre zamansal, mevsimsel ve bölgesel olarak ortaya koyabilme yetisine de sahiptir.

Atık su çalışmaları, toplum sağlığı, çevresel riskler ve madde bağımlılığı gibi kolektif sorunları daha geniş bir çerçevede, anonim veri üzerinden değerlendirmeyi sağlayan yenilikçi bir yaklaşımdır. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (CBS) de benzer sorunların izlenmesi ve değerlendirilmesinde üstlendiği kritik roller düşünüldüğünde, uzamsal zekâ ile güçlendirilmiş CBS uygulamalarının, atık su tabanlı çalışmalardan elde edilen veriler ile toplumun her kesimine yönelik, etkin sağlık ve çevre politikalarının geliştirilmesine önemli katkılar sağlayabileceği açıktır.

Atık su tabanlı epidemiyolojik yaklaşımlar ile elde edilen, objektif, gerçek zamanlı çevresel ve toplumsal veriler, uzamsal zekâ ile harmanlandığında coğrafik dağılımın, sosyo-demografik yapının ve geliştirilecek politikaların anlamlandırılmasına olanak sağlayacak kritik bilgilere dönüştürülebilir. Böylece, mekânsal ve zamana bağlı periyodik izleme sistemleri sayesinde yapay zekâ tabanlı karar destek mekanizmaları geliştirilerek halk sağlığı, çevre güvenliği ve kolluk kuvvetleri uzmanlarına ve politika yapıcılara hızlı hareket etme kabiliyeti sağlanabilecektir. Bu nedenle, atık su izleme çalışmaları ve CBS'nin entegre kullanımı, sürdürülebilir bir dünya için kolektif bir adım olarak değerlendirilmelidir.

Anahtar Kelimeler

Zamansal Mekânsal Analiz, Çevresel Etki Değerlendirme, Sağlık CBS, atık su tabanlı epidemiyoloji, epidemiyoloji

* Sorumlu Yazar: Merve Kuloğlu Genç Tel: +90 212 866 3700 - 51113

E-posta: merve.kuloglu@iuc.edu.tr

İzmir Web Tabanlı Yangın Destek ve İzleme Sistemi (YADİS)

Gökhan Gündüzoğlu*, Çağlar Üçeş, Mehmet Erenoğlu, Suzan Güner, Uğur Beşel, Erkan Karahan

İzmir Büyükşehir Belediyesi, Kent Bilgi Sistemleri Daire Başkanlığı, 35250, İzmir.

Genişletilmiş Özet

Orman yangınları günümüzde en önemli çevre sorunlarından biridir. Akdeniz iklim şartlarının hüküm sürdüğü Türkiye ormanları doğal ortam şartları sebebi ile yangın riski ile karşı karşıyadır. Ülkemizde özellikle yaz aylarında oldukça fazla sayıda orman yangını meydana gelmekte bu yangınların bir kısmı başlangıçta söndürülmekte, bir kısmı ise büyüyerek önemli zararlara sebep olmaktadır. Özellikle ormanlık alanlara yakın yerleşmeler orman yangını sırasında ciddi tehlike altındadır. Orman yangınına duyarlı alanların belirlenerek; riskli alanlarda yangın öncesi ve sonrasında yapılacak olan planlama faaliyetleri can ve mal kaybının en aza indirmektedir. Bu bağlamda yerleşme alanları ve çevresinin doğal ortam özelliklerinin haritalanması, hidrant, su deposu gibi yangın için gerekli verilerin güncel olarak saklanması, anlık iklim verilerinin karar vericilere sunulması gibi analiz ve sorgulamalar yangın öncesi planlamaya altlık oluşturmaktadır. Orman yangınlarının meydana gelmesinden sonra hızlı müdahalenin yapılabilmesi, tahribatın tespit edilmesi ve olumsuz etkilerin giderilmesi için sürdürülebilir arazi yönetimi perspektifinde değerlendirilmesi gerekmektedir (Coruhlu vd., 2020). Bunun için tüm verilerin bir arada sorgulanabildiği bir sisteme ihtiyaç duyulmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin gelişmesi ve yaygınlaşması ile birlikte birçok alanda veri analizi ve bu analizlere bağlı planlama faaliyetleri oldukça etkin bir şekilde yürütülmektedir. Özellikle yangına duyarlı alanların belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemleri ile birlikte çok kriterli karar verme analizleri farklı verilerin birlikte sorgulanmasına olanak tanımaktadır. Orman yangınlarında rüzgâr, sıcaklık, nem gibi anlık klimatolojik faktörler yangının yayılış yönünü belirlemektedir. Yangın sırasında bu durumun bilinmesi yangının yönetimi açısından önemlidir. Ayrıca anlık iklim verilerin izlenmesi yine bir bilgi sistemi ile mümkündür.

Bu çalışmada İzmir Büyükşehir Belediyesi yetki ve sorumluluğunda bulunan İzmir İl sınırının orman yangın riski analitik hiyerarşi yöntemi (AHP) ile belirlenmiş; orman yangını sırasında yangının yönetilmesine imkân veren tüm veriler için internet tabanlı bir bilgi sistemi oluşturulmuştur. Çalışma alanının orman yangın riskinin belirlenmesi için ilk olarak literatür taraması yapılarak yangına sebep olan ana faktörler belirlenmiştir. Belirlenen ana faktörler, topografya, bitki örtüsü, iklim ve insan faaliyetleridir. Bakı, yükseklik, ve eğim gibi topografik faktörler, yangının yayılma hızı ve yönü üzerinde önemli önemlidir (Çanakçıoğlu, 1993). Bu sebeple topografya ana faktörü bakı, yükseklik ve eğim alt faktörlerinden oluşturulmuştur. Orman yangınlarının başlangıç noktasını ve yangın davranışını belirleyen en önemli faktörlerin başında bitki örtüsü gelmektedir (Erten vd., 2005). Bitki örtüsü ana faktörü altında arazi kullanımı, bitki kapallılığı ve ağaç gelişmesinin sınıflandırıldığı Çağ alt faktörleri belirlenmiştir. Orman yangının başlamasında en önemli etmen insan faktörüdür. Bu sebeple orman yangınına sebep olabilecek kriterler bu ana kriterin altında toplanmıştır. Ormanlık alana yakın mesafedeki yol hatları, üzerinde insan, araç hareketi ve çeşitli aktiviteler olması nedeniyle insan kaynaklı yangınların oluşmasında önemli etkenlerden biri olarak değerlendirildiğinden ormanlık alanların özellikle yola yakın olan kısımları yangın çıkma olasılığı yönünden yüksek risk taşıyan alanlardır (Karabulut vd. 2013). Bu sebeple yol orta hatlarına mesafe kriter olarak alınmıştır. Ayrıca köylerin birçoğunun orman içerisinde yer alması, il ve ilçe arasında elektrik hatlarının mülkiyet problemleri sebebiyle ormanlık alanlardan geçirilmesi sonucu teknik sebeplerden dolayı orman yangını ortaya çıkmaktadır (Tezcan vd., 2024). Bu sebeple enerji nakil hatlarına uzaklık kriter olarak belirlenmiştir. Orman yangınına sebep olan tüm faktörlerin belirlenmesi sonrasında ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş, ikili karşılaştırma matrisinin çözümlenmesi ile tüm faktörlerin ağırlıkları belirlenmiştir. Analitik hiyerarşi yöntemine göre yapılan matris çözümleri sonrasında orman yangın riskine etkisi en fazla olan faktörün %24 oranı ile arazi kullanımı verisi olduğu hesaplanmıştır. Analitik hiyerarşi yöntemine göre belirlenen risk faktör ağırlıklarının sorgulanabilmesi için tüm veriler haritalandırılmıştır. Çalışma alanının topografik özelliklerin belirlenmesi için 1/1000 ve 1/5000 ölçekli halihazır haritalar kullanılarak kot noktaları belirlenmiş, bu noktalar enterpole edilerek arazi modeli elde edilmiştir. Arazi Modeli kullanılarak eğim ve bakı modelleri oluşturulmuştur. Çalışma alanının klimatolojik özelliklerinin belirlenebilmesi için Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan ve çalışma alanında bulunan meteoroloji istasyonlarına ait günlük meteorolojik veriler klimatolojik formüllerle analiz edilmiş; ardından co-kriging yöntemleri ile enterpole edilerek iklim haritaları elde edilmiştir. Arazi kullanım verisinin belirlenmesi için 2018 yılına ait CORINE verisi ile mescere haritaları birlikte analiz edilmiş yeni bir kullanım verisi elde edilmiştir. Bunun en önemli sebebi CORINE arazi kullanım verisinde ağaç türlerinin detaylı olarak belirlenmemiş olmasıdır. Landsat-9 TM görüntüsünü kapallılık durumu ortaya konmuştur. Orman yangınına sebep olan faktörlere ilişkin ağırlıklar belirlenip faktör haritaları oluşturulduktan sonra bu faktörler CBS ortamında analiz edilmiştir. Wheighted Overlay (Ağırlıklı Çalıştırma) yöntemi kullanılarak bu analiz yönteminde her bir faktör sahip olduğu ağırlık ile analiz edilerek girerek sonuç haritası oluşturulmuştur. Elde edilen yangın risk haritasında çalışma alanının %6'lık kısmının çok yüksek riskli olduğu tespit edilmiştir. Özellikle yüksek kesimlerdeki Kızılcım ormanlarının diğer doğal ortam özellikleri sebebi ile çok yüksek riskli olduğu görülmektedir. Yapılan analiz sonucunun doğruluğunun

* Sorumlu Yazar: Tel: (0232) 2991322

E-posta: gokhangunduzoglu@izmir.bel.tr (Gökhan Gündüzoğlu), caclaruces@izmir.bel.tr (Çağlar Üçeş), suzanguner@izmir.bel.tr (Suzan Güner), mehmeterenoglu@izmir.bel.tr (Mehmet Erenoğlu)

sorgulanabilmesi amacı ile daha önce çıkan orman yangınlarının belirlenen riskli alanlardaki durumu regresyon analizi ile sorgulanmıştır. Buna göre daha önce çıkan yangınların %9.6'lık kısmının çok yüksek riskli alanda kaldığı tespit edilmiştir. Sonuç haritası genel itibarı ile incelendiğinde daha önce çıkan yangınların büyük bir kısmının orta riskli (%14) ve yüksek riskli (%19) alanlarda kaldığı gözlemlenmiştir. Analitik hiyerarşi yöntemi ile belirlenen kriter ağırlık puanları ile birlikte oluşturulan bu risk haritası ile İtfaiye Daire Başkanlığı tarafından yangın sırasında kullanılan bilgileri içeren veri setlerinin birlikte sorgulanabildiği bir kullanıcı ara yüzü geliştirilmiştir. Bu ara yüze kent içerisindeki hidrant noktaları, İzmir Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı tarafından muhtarlıklara dağıtılan su tankerlerinin konum verileri ile itfaiye istasyonlarına ilişkin konum verileri nokta katmanı olarak eklenmiştir. Bunun yanı sıra çalışma alanındaki hidrografik veriler ayrı bir katman olarak sistemde kullanıma hazır hale getirilmiştir. Ayrıca yangın başlangıç anındaki mevcut iklim bilgileri söz konusu ara yüzde sorgulanabilir hale getirilmiştir. İtfaiye yönetim paneli arayüzü, HTML, JavaScript, PHP ve Bootstrap teknolojileri entegre edilerek geliştirilmiş tam yığın bir uygulamadır. HTML ile yapısal markuplar oluşturulurken, CSS framework'ü olan Bootstrap sayesinde responsive ve grid tabanlı bir tasarım elde edilmiştir. JavaScript frontend'de dinamik içerik yönetimi ve kullanıcı etkileşimlerini asenkron olarak işleyerek, daha interaktif ve hızlı bir kullanıcı deneyimi sağlamaktadır. Ayrıca, AJAX teknikleriyle arka plandaki sunucuya kesintisiz veri transferi gerçekleştirilmektedir. Backend tarafında ise PHP, sunucu tabanlı işlemleri yürütmek ve veritabanı etkileşimlerini yönetmek için kullanılmıştır. PHP, Oracle veritabanımızla entegre edilerek veri çekme, güncelleme, silme gibi CRUD operasyonlarını sağlar. Bu mimari sayesinde hem kullanıcıya hızlı geri bildirimler veren bir arayüz hem de verilerin güvenilir şekilde işlenip saklandığı bir altyapı oluşturulmuştur. İklim verileri özel bir iklim verisi servisi sağlayıcısından (accuweather) anlık olarak çekilerek yangın anında en kritik olan rüzgârın yönü ve şiddeti, nem ve sıcaklık verilerinin yangın alanında noktasal olarak gösterildiği bir sistem tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem ile yangın anında; gerek müdahale araçlarının sorgulanabilmesi gerekse anlık iklim verisinin görüntülenmesi kullanıcılara karar vermede kolaylık sağlanması mümkün hale getirilmiştir. Geliştirilen yangın bilgi sistemine itfaiye araçlarının konumlarının anlık izlenebilmesi için gerekli çalışmalar devam etmektedir. İtfaiye araçlarının konum bilgilerinin de sisteme adapte edilmesi ile birlikte yangın yönetimi daha anlamlı hale gelebilecektir. Bu sebeple itfaiye araçlarında bulunan araç takip sistemlerinin sistemde canlı olarak gösterilmesi için gerekli çalışmalar başlatılmıştır. Yangına anlık müdahalede kullanılmak için tasarlanan bu sistem ile birlikte yangın anında tüm kaynakların aynı anda izlenmesine olanak tanınmıştır.

Anahtar Kelimeler

Mekânsal Web Servisleri, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, Açık Bağlantılı Veri, Yangın Bilgi Sistemi, Web tabanlı Afet Planlaması

Kaynaklar

Çanakçıoğlu, H. (1993). Orman Koruma. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları

Çoruhlu, Y. E., Çelik, M. Ö., 2022. Protected area geographical management model from design to implementation for specially protected environment area. Land Use Policy 122, 106357.

Erten, E., Kurgun, V. ve Musaoğlu, N. (2005) Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanarak orman yangını bilgi sisteminin kurulması. 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart -1 Nisan 2005, Ankara.

Karabulut, M., Karakoç, A., Gürbüz, M. ve Kızılelma, Y. (2013). Coğrafi bilgi sistemleri kullanarak Başkonuş dağında (Kahramanmaraş) orman yangını risk alanlarının belirlenmesi. Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 6(24), 171-179.

Tezcan, B., & Eren, T. (2024). Orman Yangınına Sebep Olan Kriterlerin Bulanık Ortamda Değerlendirilmesi. Politeknik Dergisi, 27(2), 545-558. <https://doi.org/10.2339/politeknik.1138806>

İSKİ Kurumsal Coğrafi Bilgi Sistemi Gelişim Süreci

Emir Ekrem Barutçu*, Mustafa Oğurlu, Ayşegül Toraman

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi, Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Şube Müdürlüğü, 34060, İstanbul.

Genişletilmiş Özet

İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) stratejik konumu, iktisadi büyüklüğü ve nüfus özellikleriyle dünyanın sayılı kentlerinden biri olan İstanbul'un su ve atık su yönetiminden sorumludur. Avrupa'da yer alan 23 ülkenin nüfusundan daha fazla kişiye hizmet veren İSKİ, sahip olduğu bütçenin önemli bir bölümünü yatırımlara ayırarak 16 milyon İstanbullunun ihtiyacını karşılamaktadır. 1981 yılında 2560 sayılı İSKİ Kanunu ile kurulan İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ), İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı bağımsız bütçeli bir kuruluştur ve yaklaşık 7 milyon aboneye sahiptir. İSKİ, 22 adet içme suyu arıtma tesisi ve 23.000 kilometrelik isale ve şebeke hatları ile dünya standartlarına uygun, içilebilir kalitede suyu halkımıza iletmektedir. Ayrıca 90 adet atık su arıtma tesisi ve 18.000 km atık su hattıyla arıttığı atık suyu çevreye ve insan sağlığına zarar vermeden alıcı ortama ulaştırmaktadır. Bu kapsamda hizmetlerini daha verimli ve güvenli bir hale getirmek amacıyla 2022 yılında başlayan Dijital Dönüşüm Projesi ile İSKİ Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı, zamanın şartlarına ayak uyduramayan ve ihtiyaçlara cevap veremeyen sistemlerini ve yazılımlarını yenilemeye başlamıştır. Sözü geçen Dijital Dönüşüm Projesi ile birlikte Coğrafi Bilgi Sistemleri Şube Müdürlüğü tarafından eski Kurumsal Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) olan İstanbul Su ve Kanalizasyon Altyapı Bilgi Sistemini (İSKABİS) yenilemek olmuştur.

İSKABİS, 2008 yılında İSKİ Coğrafi Bilgi Sistemleri Şube Müdürlüğü tarafından tasarlanmış ve hayata geçirilmiş bir uygulamadır. Uygulama, Oracle Spatial tabanlı veri girişi, güncellemesi, sorgulanması ve analizini sağlamaktadır. Bentley MicroStation PowerDraft (CAD) üzerinde çalışan MicroStation Visual Basic for Application (VBA) programlama dili ile geliştirilmiştir. CAD ortamına mekânsal verilerin erişimini sağlaması açısından ve üretildiği zaman bakımından gayet yeterli bir uygulamadır. Ancak günümüze geldiğinde ise gelişen teknoloji, yazılımlar ve CBS uygulamalarının yetenekleri ile rekabet edemez, günümüzün ihtiyaçlarını karşılayamaz duruma gelmiştir. Uygulamanın bakımının yapılamaması ve uygulama geliştirmenin kolay olmaması nedeniyle yeni CBS projeleri taleplerine cevap verememiştir. Ayrıca günümüz uygulama geliştirme teknolojisinin gerisinde kalmıştır. Uygulama geliştirme ve hata ayıklamanın da ilkel olması gibi durumlar neticesinde günümüzün ihtiyaçlarına ve teknolojisine ayak uydurabilecek yeni bir sisteme gerek duyulmuştur. Kurumun sahip olduğu mekânsal verileri en iyi şekilde görüntüleyebilmesine, düzenleyebilmesine, raporlayabilmesine, servislerle haberleşebilmesine ve birlikte çalışabilirlik ilkelerine olanak sağlayacak güncel bir yazılıma ihtiyaç duyulmuştur.

Bu ihtiyaç neticesinde İSKİ Coğrafi Bilgi Sistemleri Şube Müdürlüğü tarafından, 2022 yılında gerçekleştirilen Kurumsal Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) için Yazılım Paketi ve Veri Dönüştürme işi kapsamında dönüşüm süreci yüklenici firma ile birlikte başlatılmıştır. Dönüşüm kapsamında yapılan ilk çalışma, Oracle Spatial veri tabanındaki mevcut mekânsal ve sözel bilgilerin açık kaynak kodlu ilişkisel bir veri tabanı yönetim sistemi olan PostgreSQL veri tabanına aktarımı olmuştur. Bu zorlu süreç eksiksiz ve başarılı bir şekilde tamamlanmıştır. Bu yeni veri tabanı ile uyumlu çalışan masaüstü, web ve mobil CBS yazılım paketleri temin edilerek, 2023 yılında Yeni İstanbul Su ve Kanalizasyon Bilgi Sistemi (İSKABİS+) olarak adlandırılan yeni CBS yazılımı kullanılmaya başlanmıştır. Yeni masaüstü uygulaması Quantum GIS (QGIS) üzerinde çalışmaktadır. QGIS, dünya genelinde en fazla tercih edilen açık kaynak kodlu CBS yazılımı olarak, sunduğu geniş veri formatı yelpazesi ve kullanıcı dostu arayüzü ile giderek yaygınlaşmaktadır. Bu yazılım, kullanıcılarına harita oluşturma, coğrafi veri analizi gerçekleştirme ve kapsamlı coğrafi veri yönetimi imkânları sunmaktadır. QGIS'in sağladığı bu olanaklar, farklı disiplinlerdeki araştırmacıların coğrafi verileri analiz ederek mekânsal ilişkileri incelemelerine ve etkili görselleştirmeler yapmalarına olanak tanımaktadır. Ayrıca, açık kaynak yapısı sayesinde QGIS, geliştirici topluluğu tarafından sürekli olarak güncellenmekte ve geliştirilmekte; bu da yazılımın dinamik bir şekilde evrilmesini sağlamaktadır. QGIS, kullanıcıların raster (piksel tabanlı) ve vektör (nokta, çizgi ve alan temelli) veri türleri üzerinde kapsamlı analizler gerçekleştirebilmelerine olanak veren çok yönlü bir CBS yazılımıdır. Yazılım, bu iki veri tipini bütünleştirerek mekânsal analizler yürütme, gelişmiş haritalama teknikleri uygulama ve coğrafi modeller yapma imkânı sunmaktadır.

QGIS, eklenti geliştirme sürecinde Python programlama dilini kullanarak hata ayıklama ve uygulama geliştirme süreçlerini modernleştirmiş ve kullanıcılar için daha erişilebilir hale getirmiştir. Bu yaklaşım, geliştiricilere esneklik sağlarken, aynı zamanda QGIS'in işlevselliğini artırmakta ve geniş bir kullanıcı kitlesinin ihtiyaçlarına yanıt verecek çözümler sunmaktadır. Python'un sağladığı kolaylıklar, yazılımın özelleştirilmesi ve geliştirilmesi açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Python entegrasyonu, kullanıcıların kendi eklentilerini ve araçlarını geliştirmesine olanak tanıırken, bu süreçte hata ayıklama işlemlerini kolaylaştırır ve hızlı bir örneklem sağlar. Böylece, yazılımın işlevselliği artırılarak, çeşitli coğrafi analiz ihtiyaçlarına yönelik özel çözümler oluşturulabilmektedir. Açık kaynak kodlu QGIS üzerinde yazılan bu uygulamalar yönetim paneli, mobil ve web uygulamaları ile birlikte bir sistemler bütünü olarak çalışmaktadır. Tüm operasyonlar yönetim panelinden yapılabilmektedir. Kullanıcı yönetimi açısından tablo, harita ve sorgulama gibi tüm yetkilendirmeler yönetim panelinden sağlanmaktadır. En büyük farklılıklardan biri ise minimum kod

* Sorumlu Yazar: Tel: (0212) 301 31 40Faks: (0212) 301 60 45

E-posta: ebarutcu@iski.gov.tr (Emir Ekrem Barutçu), mogurlu@iski.gov.tr (Mustafa Oğurlu)

yazarak yönetim paneli sayesinde yeni proje taleplerine hızlıca cevap verilebilmesidir. Esnek yapısı sayesinde müdürlük personeli Python programlama dili kullanarak özelleştirilmiş eklentiler de geliştirebilmektedir.

İlk projenin devamı olarak planlanan İSKİ Kurumsal CBS Faz 2 çalışması başlatılmış olup, bu kapsamda İSKABİS+ uygulamasının yazılım geliştirme ve güncelleme faaliyetleri sürdürülmektedir. Proje, İSKİ'nin kurumsal CBS altyapısını daha da güçlendirmeyi hedeflerken, İSKABİS+ uygulamasının işlevselliğini artırmak, kullanıcı deneyimini iyileştirmek ve sistem performansını yükseltmek üzere tasarlanmıştır. Bu süreçte yapılan önemli işler şunlardır:

- PostgreSQL, GeoServer, NextCloud, Odoo, NodeJS ve React gibi yazılımlarını barındıran Docker konteynerlerinin sürüm güncellemeleri yapılmıştır.
- Verilerin analizini ve raporlamasını sağlayan iş zekâsı araçlarının geliştirilmesi sağlanmıştır.
- 3D tematik haritalar ve Akıllı Şebeke (Erken Uyarı) sistemi yazılımlarının geliştirilmesi sağlanmıştır.
- İSKABİS+ saha mobil uygulamasının geliştirilmesi sağlanmıştır.
- İş Sonu Projeleri İzleme yazılımının geliştirilmesi sağlanmıştır.
- Kurumsal CBS verilerinin REST API ile paylaşımını sağlayan bir uygulamanın geliştirilmesi sağlanmıştır.
- Veri tabanı yazılımının konteyner dışındaki başka bir sunucuya taşınması ve CBS sisteminin güvenli bir şekilde internete açılması ile ilgili Ar-Ge çalışmaları yapılmaktadır.

CBS web ve masaüstü yazılımlarına kurumsal özel uygulamalar eklenmesi ve ilgili danışmanlık hizmetleri verilmektedir. Bu proje sayesinde sürekli gelişen teknolojiye ayak uydurulması sağlanmıştır. Kurumun katkıları sayesinde olgunlaşan ve ihtiyaçları karşılayan bir uygulamanın meydana getirilmesi hedeflenmiştir. Uygulama geliştirme aşaması iyileştirilmiş, uygulama geliştirici için süreç kolaylaştırılmıştır. En büyük ihtiyaçlardan biri olan raporlamanın, kolay ve kullanıcı dostu olarak yapılabilmesi sağlanmıştır. Birçok farklı uygulama tek çatı altında, gelişmiş bir yetki mekanizması ile hizmet vermeye başlamıştır. Erken uyarı sistemi ile web harita uygulaması üzerinde isteğe bağlı olarak alarmlar koyularak tematik harita ile gösteriminin yapılması sağlanmıştır. Çeşitli veri tabanlarına direkt bağlantı yapmak yerine Representational State Transfer (REST) servisleri ile daha güvenli haberleşmek mümkün olmuştur. Ayrıca uygulama üzerinden kurum içi ve dışına hızlı ve basit bir şekilde REST servisiyle veri paylaşım hizmeti sunulmasına olanak sağlanmıştır. Günümüz sunucu uygulama teknolojisinde konteynerler ile çalışmak büyük avantajlar sağlasa da Kurumun veritabanı güvenliğini üst düzeye çıkarmak ve veritabanı yönetim grubu ile kurumsallığı sağlamak amacıyla veri tabanının harici sunucuya alınması çalışmaları devam etmektedir.

İSKİ'nin Dijital Dönüşüm Projesi, kurumun mekânsal veri yönetiminde modernleşmeyi ve daha verimli bir altyapı kurmayı hedeflemektedir. İSKABİS+ ile başlayan bu dönüşüm, su ve atık su yönetiminde daha gelişmiş analizler, raporlamalar ve operasyonel süreçlerin güvenli bir şekilde dijital ortama aktarılmasıyla İSKİ'nin hizmet kalitesini artırmayı amaçlamaktadır. Projenin Faz 2 aşamasında yapılan geliştirmeler, bu modernizasyon sürecinin ileriye taşınmasını sağlamaktadır. Günümüzde teknolojiye sahip olmak kadar yazılımın da kendimiz tarafından üretilmesi stratejik ve ekonomik bir öneme haizdir. Açık kaynaklı bir CBS uygulaması üzerinde tamamen yerli bir uygulamalar bütününün geliştirilmesi önemli bir gelişmedir.

Anahtar Kelimeler

Dijital Dönüşüm, CBS, Mekânsal Bilgi, Yazılım Geliştirme ve CBS Uygulamaları, CBS Uygulamaları, Mekânsal Verinin Paylaşımı, Mekânsal Büyük Veri

MAKS-KPS “Yerleşim Yerinde Oturanlar Yetkili İdare Bilgi Servisi”nin Önemi ve Kapatılmasının Belediye Hizmetlerine Etkisi

Abdullah Özdemir ^{*,1}, Arzu Özdemir ²

¹CBS Uzmanı (Seviye 6), Çevre Yüksek Mühendisi, Ordu Büyükşehir Belediyesi CBS ve Akıllı Şehirler Şube Müdürlüğü 52100,Altınordu, ²Ordu Harita Mühendisi, Ordu Büyükşehir Belediyesi Harita ve Kamulaştırma Şube Müdürlüğü 52100,Altınordu, Ordu

Genişletilmiş Özet

Yerel yönetimler, halka en yakın kamu kurumları olarak, geniş sorumluluk alanları ile toplumun her kesimine hizmet sunan ve vatandaşların günlük yaşamındaki temel ihtiyaçlarını karşılayan önemli kuruluşlardır. Yerel yönetimlerin bu hizmetleri etkin, verimli, hızlı ve adil bir şekilde sunabilmesi, büyük ölçüde kullandıkları verilerin doğruluğu ve güvenilirliği ile mümkündür. Bu bağlamda, veriye dayalı karar alma süreçleri, yerel yönetimlerin sunduğu hizmetlerin başarısını doğrudan etkileyen kritik bir faktördür. Belediyeler, sadece kısa vadeli operasyonel hizmetler sunmakla kalmayıp, aynı zamanda uzun vadeli stratejik planlamalarla şehirlerin geleceğini de şekillendiren kurumlardır. Bu nedenle, belediyelerin hizmet kalitesini artırabilmek ve vatandaş memnuniyetini sağlayabilmek için doğru ve güncel verilere erişim hayati bir öneme sahiptir.

Türkiye’de yerel yönetimlerin en kritik veri kaynaklarından biri, Türkiye Cumhuriyeti Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü (NVI) tarafından sağlanan Kimlik Paylaşım Sistemi (KPS) Yerleşim Yeri Oturan Bilgisi Servis verileridir. Bu veri seti, bir binada yaşayan bireylerin maskelenmiş kimlik numaraları, doğum tarihleri, cinsiyetleri ve adres bilgilerini içermekte ve belediyelere bu bilgilerin anonimleştirilmiş bir biçimde sunulmasını sağlamaktadır. KPS oturan bilgisi servisi, belediyelerin stratejik planlama, günlük hizmet sunumu ve operasyonel karar alma süreçlerinde vazgeçilmez bir kaynak olarak kullanılmıştır. Bu veri, belediyelere vatandaşların demografik yapısını analiz etme, sosyoekonomik grupları belirleme ve bu bilgilere dayalı hizmetler sunma olanağı sağlamıştır. Ne var ki, NVİ tarafından bu verinin belediyelerin erişimine kapatılması, ciddi stratejik, operasyonel ve ekonomik riskleri de beraberinde getirmiştir. Belediyeler, bu veri olmadan karar alma süreçlerinde ciddi zorluklarla karşı karşıya kalacaktır. Bu makale, KPS oturan bilgisi verisinin yerel yönetimlerdeki stratejik önemini, bu veriye erişimin engellenmesinin getirdiği riskleri ve belediyelerin karşılaştığı zorlukları ele alarak, bu süreçten nasıl etkilendiklerini ortaya koymaktadır.

KPS Yerleşim Yeri Oturan Bilgisi Servis verisi, belediyelerin demografik verilere dayalı olarak hizmet sunmasına olanak sağlayarak, yerel yönetimlerin sunduğu hizmetlerin daha doğru ve adil bir şekilde dağıtılmasına katkıda bulunmuştur. Servisten gelen veriler, kimlik numaraları maskelenerek belediyelere sunulmuş ve bu sayede belediyeler, doğum tarihi ve cinsiyet gibi demografik verileri bireylerin kimliğini ifşa etmeden güvenle analiz edebilmiştir. Kişisel Verilerin Korunması Kanunu çerçevesinde, yurttaşların mahremiyeti tamamen güvence altına alınmış ve herhangi bir veri ihlali riski olmadan etkili bir veri yönetimi sağlanmıştır. Bu veri, belediyelerin sosyal yardımlardan sağlık hizmetlerine, ulaşım planlamasından afet yönetimine kadar geniş bir yelpazede etkili ve verimli hizmet sunmasına olanak sağlamıştır. Servisin demografik yapılar hakkında sunduğu veriler sayesinde, belediyeler yaş, cinsiyet, adres gibi bilgileri analiz ederek stratejik projeler geliştirebilmiş ve hizmetlerin hedef kitlelerine ulaşmasını sağlamıştır. Ancak, bu verilere erişimin kapanması, belediyelerin hizmet sunumlarında ciddi aksamlar yaratacaktır.

Afet yönetimi, yerel yönetimlerin en kritik görevlerinden biridir. Bu bağlamda oturan bilgisi verisi, doğal afetler sırasında kurtarma operasyonlarının hızını ve etkinliğini artıran kilit bir araçtır. Deprem, sel ve taşkın gibi felaketler sırasında belediyeler, hangi binalarda kimlerin yaşadığını, yaş gruplarını ve ihtiyaçlarını oturan bilgisi verisiyle tespit edebilmiş, bu sayede tahliye ve yardım süreçlerini daha hedefe yönelik şekilde organize edebilmiştir. Özellikle bodrum katlarında yaşayan bireylerin sel ve taşkın anında risk altında oldukları göz önünde bulundurularak, bu kişilere yönelik özel tahliye planları geliştirilmiştir. Ayrıca oturan bilgisi ile taşkın risk haritaları daha doğru ve kapsamlı hale getirilmiş, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile entegre edilerek dinamik tahliye planları oluşturulmuştur.

Kentsel planlama ve dönüşüm süreçlerinde oturan bilgisi verisi, belediyelere demografik yapıların analiz edilmesi ve projelerin bu doğrultuda planlanması konusunda önemli bir araç sağlamaktadır. Özellikle yaşlı nüfusun yoğun olduğu bölgelerde sosyal tesisler, yeşil alanlar ve sağlık hizmetlerinin yaygınlaştırılması gibi altyapı projeleri bu verilerle daha doğru bir şekilde yönlendirilebilmektedir. Aynı şekilde engelli bireyler, çocuklar ve diğer dezavantajlı gruplar için özel projeler geliştirilebilmektedir. Bu veri olmadan, kentsel dönüşüm projeleri demografik gerçeklerden uzak bir şekilde yürütülür ve projelerin başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olabilir.

Toplu taşıma ve ulaşım planlaması da oturan bilgisi verisi ile optimize edilebilmektedir. Belediyeler, demografik yapıyı analiz ederek toplu taşıma hatlarını daha etkin planlayabilmekte ve yaşlılar, engelliler gibi dezavantajlı grupların ihtiyaçlarına yönelik ulaşım hizmetleri geliştirebilmektedir. Örneğin, toplu taşıma güzergahlarının yoğun

*Sorumlu Yazar: Tel: (0452) 777 14 52 -11227 Faks: (0452) 2332547

E-posta: abduallah.ozdemir@ordu.bel.tr (Abdullah Özdemir), arzu.ozdemir@ordu.bel.tr (Arzu Özdemir)

olarak kullanıldığı saatlerde sefer sayılarının artırılması ya da gece güvenlik önlemlerinin artırılması bu verilere dayalı olarak planlanmaktadır. Belediyelerin artık bu veriye erişemiyor olmaları, hizmet kalitesini ve vatandaş memnuniyetini olumsuz yönde etkileyecektir.

Seçim güvenliği açısından oturan bilgisi, seçmen sayılarının doğru bir şekilde belirlenmesini ve seçim bölgelerinin güncel verilerle düzenlenmesini sağlamaktadır. Belediyeler bu veri sayesinde demokratik süreçlerin güvenilirliğini artırır ve seçimlerde seçmenlerin doğru tespit edilmesiyle şeffaf bir seçim sürecine katkıda bulunur. Bu veriye erişimin kapatılması, pek çok yanlış anlaşılma ve spekülasyona yol açabileceği gibi “şüyuu vukuundan beter” bir duruma da neden olabilir.

Sosyal yardımlar ve dayanışma hizmetleri de oturan bilgisi ile daha etkin bir şekilde yönetilebilmektedir. Belediyeler, yardım paketlerini ihtiyaç sahiplerine dağıtırken bu veriyi kullanarak yardımların hedeflenen kitlelere ulaşmasını sağlamaktadır. Yaşlılar, çocuklar ve engelliler gibi dezavantajlı gruplara yönelik yardımların hedeflenmesi bu veri sayesinde mümkün olmuştur.

Covid-19 pandemisi, yerel yönetimlerin oturan bilgisi verisine ne kadar bağımlı olduğunu açıkça ortaya koymuştur. Pandemi sürecinde belediyeler, yüksek risk gruplarını belirleyerek evde sağlık hizmetleri, mobil sağlık ekipleri ve ilaç temini gibi hizmetleri bu veri sayesinde organize edebilmiştir. Oturan bilgisi, pandemilerde veya gelecekteki sağlık krizlerinde belediyelerin risk gruplarını hızla belirleyip hedefe yönelik sağlık hizmetleri sunmasının ne kadar önemli olduğunu küresel ölçekte deneyimlenmiştir. Bu veriye erişimin engellenmesi, gelecekteki sağlık krizlerinde belediyelerin risk gruplarını hızla belirlemesine engel olacak ve/veya geciktirecektir. Zamanın hayati öneme sahip olduğu bu alanda müdahalelerde yaşanacak gecikmeler, can kayıplarına dahi neden olabilecektir.

KPS oturan bilgisi servislerinin kapatılması, belediyelerin yukarıda özetlenen pek çok zorlukla karşı karşıya kalmasına neden olmuştur. Kamusal fayda açısından bakıldığında, belediyelerin veri temelli karar alma mekanizmalarının kesintiye uğraması, hizmetlerin yanlış hedeflenmesine ve kamu kaynaklarının verimsiz kullanılmasına yol açacaktır. Bu durum, vatandaşların belediyeden aldığı hizmetlerin kalitesini doğrudan olumsuz etkileyecek ve toplumsal memnuniyetsizlik artacaktır.

Özellikle afet durumlarında veriye dayalı tahliye planlarının devre dışı kalması, hayat kurtarma operasyonlarının hızını ve etkinliğini azaltacaktır. Sosyal yardımların yanlış kişilere yönlendirilmesi, yardımların adil ve hedefe yönelik dağıtımını zorlaştıracaktır. Dijitalleşme ve akıllı şehir projeleri de oturan bilgisi verisi olmadan eksik kalacak, belediyelerin dijital dönüşüm süreçleri kesintiye uğrayacaktır. Ayrıca seçim güvenliği açısından seçmen bilgilerinin doğru ve güncel bir şekilde yönetilememesi, demokratik süreçlerde güven sorunlarına yol açabilecektir.

Sonuç olarak, KPS oturan bilgisi, belediyelerin kamusal hizmetlerin etkin ve verimli sunumunda vazgeçilmez bir araçtır. Bu verilerin kaybedilmesi, kamusal faydanın azalmasına, hizmet kalitesinin düşmesine ve yerel yönetimlerin uzun vadeli stratejik hedeflerine ulaşamamasına neden olacaktır. Belediyelerin afet yönetimi, yatırım planlaması, seçim güvenliği ve kamusal hizmetler açısından oturan bilgisi verisinin devamlılığına ihtiyaç duyduğu aşikardır. Bu bağlamda KPS oturan bilgisi servislerinin devamlılığı, yerel yönetimlerin performansını ve vatandaşlara sunulan hizmetlerin sürdürülebilirliğini sağlamak açısından kritik bir öneme sahiptir.

Belediye hizmetlerinin sürdürülebilirliği, dijital dönüşüm ve Akıllı Şehirleşme süreçlerinin sağlıklı bir şekilde devam edebilmesi için bu veri setinin belediyelerin erişimine açılması bir lütuf değil, hayati bir zorunluluktur.

Anahtar Kelimeler:

Birlikte Çalışabilirlik, CBS Uygulamaları, MAKS KPS Servisleri, Mekânsal Karar Destek Sistemleri, Mekânsal İstatistik, Mekânsal Planlama

Kent Bilgi Sistemlerinin Türkiye'deki Yerel Yönetimlerde Uygulanabilirliği Üzerine Bir Değerlendirme

Ayfer Kaynarca¹ *, Rahmi Nurhan Çelik²

¹*İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü Coğrafi Bilgi Teknolojileri Programı, 34469 İstanbul.*

²*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul.*

Genişletilmiş Özet

Günümüz dünyası, dijitalleşme süreci ile birlikte şehirlerin yönetim ve planlama süreçlerinde köklü değişimler yaşıyor. Bu değişimlerin merkezinde yer alan Kent Bilgi Sistemleri (KBS), büyük şehirler başta olmak üzere tüm coğrafyamızda karşılaşılan mekânsal/uzamsal yönetim sorunlarını çözmek ve hizmet kalitesini artırmak için kritik bir araç haline gelmiştir. Bu çalışma, Türkiye'deki yerel yönetimlerin KBS uygulamalarını inceleyerek, sistemlerin teknik ve yönetsel açıdan etkinlik düzeyini değerlendirmeyi, mevcut eksiklikleri ve başarı faktörlerini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Araştırma, Türkiye'deki büyükşehir belediyeleri, il belediyeleri, ilçe belediyeleri, il özel idareleri ve su ve kanalizasyon idareleri (İSKİ dâhil) gibi yerel yönetim birimlerini kapsamaktadır. Çalışma, bu idarelerin KBS kullanımı, veri yönetim stratejileri ve mekânsal planlama süreçlerine odaklanmaktadır. Amacımız, KBS'nin etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamak için gerekli yönetim modellerini ve teknik altyapıyı belirlemektir. Araştırmamızda belirlenen 18 farklı yerel yönetim örneğinde, Kent Bilgi Sistemlerinin bağlı bulunduğu idari yapı, hiyerarşi, veri oluşturma yöntemleri, veri paylaşım ve güncelleme detayları, sistemlerin uygulandığı alanlar gibi pek çok faktör incelenmiştir.

İstanbul, İzmir, Kocaeli, Kayseri, Konya Büyükşehir Belediyeleri, Düzce, Adıyaman, Bartın, Konak, Aliağa, Kahta, Altınordu Belediyeleri, Düzce, Adıyaman, Bartın, Rize İl Özel İdarelerinin yanı sıra Manisa Su ve Kanalizasyon İdaresi (MASKİ) ve İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) bu çalışmaya dahil edilmiştir. Bu idarelerin Coğrafi/Kent Bilgi Sistemleri birimlerinin yönetim yapıları, teknik yeterlilikleri ve işleyiş süreçleri, hazırlanan 49 soruluk anket aracılığıyla detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Materyaller ve Yöntemler

Anket formu, Türkiye'deki yerel yönetimlerin KBS ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) uygulamalarında karşılaşılan yasal, yönetsel ve teknik zorluklardan yola çıkılarak hazırlanmış olup yerel yönetimlerde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Kent Bilgi Sistemleri (KBS) kullanımını detaylı bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır. Ele alınan dokuz idarenin CBS/KBS kullanımına dair çeşitli soruları içeren anket şu temel alanlarda bilgi toplamaktadır:

1. ****İdare Bilgileri****: İdarenin adı, hizmet alanı büyüklüğü, CBS/KBS'nin mevcut olup olmadığı, sistemin yönetsel yapısı ve kullanım seviyeleri gibi temel bilgiler soruluyor.
2. ****CBS/KBS Kullanımı****: İdarenin CBS/KBS kullanım süresi, kullanım amacı (örneğin şehir planlama, altyapı yönetimi, afet yönetimi gibi), hangi birimler tarafından kullanıldığı, veritabanı türü, ve coğrafi analizlerin ne sıklıkla yapıldığı gibi bilgiler edinilmektedir.
3. ****Personel ve Eğitim****: CBS/KBS biriminde çalışan teknik personel sayısı ve mesleki dağılımı, personelin aldığı eğitimlerin sıklığı ve yeterliliği gibi sorularla, personel yapısı ve eğitim durumu hakkında veri toplanmaktadır.
4. ****Mobil Uygulamalar****: Saha ekiplerinin mobil uygulamalar kullanıp kullanmadığı, bu uygulamaların sağladığı faydalar ve en sık kullanılan özellikler hakkında sorular bulunmaktadır.
5. ****Sistemin Güçlü ve Zayıf Yönleri****: CBS/KBS kullanımının güçlü yönleri (veri doğruluğu, verimlilik, karar destek) ve zayıf yönleri (yüksek maliyetler, eğitim ihtiyacı, teknik sorunlar) sorgulanmaktadır.
6. ****Maliyet ve Fayda Analizi****: CBS/KBS kullanımının maliyet-fayda analizi ve sistemlerin işletim maliyetlerinin nasıl karşılandığı hakkında sorular yer almaktadır.
7. ****Başarılar ve Zorluklar****: CBS/KBS ile elde edilen başarılar (örneğin trafik yönetimi, altyapı yönetimi, afet yönetimi) ve karşılaşılan zorluklar (teknik sorunlar, finansal kısıtlamalar) değerlendirilir.
8. ****Gelecek Planları****: Gelecekteki teknolojik yenilikler (yapay zeka, IoT, büyük veri analizleri, bulut bilişim) ve sistemlerin nasıl geliştirileceğine dair planlar hakkında sorular bulunmaktadır.

* Sorumlu Yazar: Ayfer Kaynarca

E-posta:

9. ****Veri Paylaşımı ve Entegrasyon****: Ulusal Coğrafi Veri Paylaşım Matrisinin kullanımı, veri paylaşım yöntemleri ve Coğrafi/Mekansal Açık Veri oluşturma gibi veri paylaşımıyla ilgili bilgiler toplanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı kapsamında oluşturulmuş olan anket ile yerel yönetimlerin CBS/KBS kullanımını, karşılaştıkları zorlukları, sağladıkları faydaları ve gelecekteki planları değerlendirilerek sistemlerin geliştirilmesi, iyileştirilmesi ve daha etkin kullanımına yönelik önemli bir rehber oluşturması hedeflenmiştir.

Bu süreçte, büyükşehir belediyeleri, il belediyeleri, ilçe belediyeleri, il özel idareleri ve İSKİ gibi su ve kanalizasyon idarelerinin KBS ve CBS kullanımları hakkında veriler toplanmıştır. Veri toplama sürecinde, KBS'nin yönetim yapısı, veri kalitesi, kullanıcı deneyimi, bütçe kısıtlamaları ve teknik yeterlilik gibi faktörler dikkate alınmıştır. Toplanan veriler, çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir.

Bulgular ve Yorumlar

Kent Bilgi Sistemlerinin kullanımında Türkiye genelinde belirgin bir heterojenlik gözlemlenmiştir. Özellikle büyükşehirlerde KBS uygulamaları genellikle diğer şehirlerden ileri düzeydedir. Ancak daha küçük yerleşim birimlerinde, bu sistemlerin çoğunlukla yalnızca planlama ve imar işlemleriyle sınırlı kaldığı, diğer alanlarda ise yetersiz kaldığı görülmektedir. Anket sonuçları, başarılı KBS uygulamalarının yüksek veri kalitesi, kurumlar arası veri paylaşımı, kullanıcı dostu arayüzler ve sistemlerin akıllı şehir uygulamalarıyla entegrasyonu gibi faktörlere bağlı olduğunu ortaya koymaktadır. Öte yandan, bütçe kısıtlamaları, teknik destek eksiklikleri, standartlaşmamış veri yapıları ve yöneticilerin ilgisizliği gibi unsurlar, sistemlerin etkin kullanımını kısıtlayan önemli engeller arasında yer almaktadır.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, Türkiye'deki Kent Bilgi Sistemlerinin etkin kullanımını sağlamak için çeşitli öneriler sunmaktadır. Öncelikli olarak, yerel yönetimlerde CBS/KBS eğitimlerinin yaygınlaştırılması, sistemlerin daha fazla birimle entegre edilmesi ve veri kalitesinin artırılması önem arz etmektedir. Kullanıcı dostu arayüzlerin geliştirilmesi ve özellikle mücavir alanlardaki veri güncellemelerinin hızlandırılması, kullanıcı deneyimini iyileştirecek önemli adımlardandır. Gelecekte, IoT ve yapay zeka gibi yenilikçi teknolojilerin KBS'ye entegrasyonu, akıllı şehir uygulamalarını güçlendirerek, kent yönetiminde daha etkili çözümler sunma potansiyeline sahiptir. Bu çalışmanın mesleki, teknik, bilimsel ve akademik ortamda sunulması ile Coğrafi/ Kent Bilgi Sistemlerinin güçlendirilmesi, etkinleştirilmesi yolunda çözüm yöntemlerinin tartışılabilmesi ile çalışmanın bir adım daha ileriye taşınması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler:

Kent Bilgi Sistemleri, Açık Kaynak Kod, Mekânsal Veri Yönetimi, Akıllı Şehir, CBS Uygulamaları, Mekansal Analiz

Havalimanlarında Cbs Uygulamaları, Mekansal Planlama Ve Dijital Dönüşüm Üretimi

Selindanur Karadeniz^{1*}, Gizem Baybaş Dağlı^{2*}, Ulaş Şahin^{3*}, Mehmet Kocamanoglu^{4*}, Demet Ercan Sağlam^{5*}

¹UTEK Harita Mühendislik, Harita Mühendisi, 06800, Ankara.

²DHMI, İnşaat ve Emlak Dairesi Başkanlığı, Şehir Bölge Plancısı MSC, 06560, Ankara.

³DHMI, İşletme Dairesi Başkanlığı, Harita Mühendisi MSC, 06560, Ankara

⁴UTEK Harita Mühendislik, Harita Mühendisi, 06800, Ankara.

⁵Geomatics Group, CBS Uzmanı, 06800, Ankara.

Genişletilmiş Özet

Bu projede, mekansal veri toplama, işleme, 3B modelleme, 360 görüntüleme, dijital dönüşüm ve CBS tabanlı veritabanı yönetimi için komplike bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistem, DHMI tarafından yönetilen, İNNOVA Bilişim ve UTEK Harita ortaklığı ile geliştirilmiş veri yönetimi ve erişilebilirliği, gelişmiş karar alma yetenekleri, artan verimlilik ve üretkenlik sağlaması amacıyla yapılmıştır.

Amaç

Proje, 54 havalimanında, veri toplama, işleme, 3B modelleme ve mevcut sistemlerle entegrasyonu kapsayan kapsamlı bir coğrafi bilgi dijital platformu geliştirmeyi amaçlamıştır. Platformun önemi, veri yönetimi, analizi, görselleştirmesi ve raporlaması için araçlar sağlayan masaüstü, web ve mobil uygulamalardan oluşturularak, verinin en verimli şekilde kullanılması ve yönetilmesi, havalimanlarındaki yapısal unsurların kontrolü, gözlemlenmesi ve dijital ikiziyle beraber dijital dönüşümün oluşturulması ile gerçekleşmesi muhtemel olan sorunların öngörülmesi, gelecek planlaması, karar alma mekanizmalarının oluşturulması, verimlilik ve üretkenliğin artırılması ve maliyetlerin azaltılması amaçlanmıştır.

Çalışma Grubu

GIS, yazılım geliştirme, veri işleme ve 3B modelleme dahil olmak üzere ilgili alanlarda uzmanlığa sahip özel bir proje ekibi oluşturulmuştur. Projeyi denetlemek ve önemli kararlar almak için bir Proje Yönlendirme Komitesi kurulmuştur. Görevleri, zaman çizelgelerini ve kaynakları ana hatlarıyla belirten ayrıntılı bir proje planı geliştirilmiştir. Düzenli ilerleme raporları sağlanacak ve ilerlemeyi izlemek ve sorunları ele almak için proje durum toplantıları düzenlenerek, sorunların anlık olarak çözüme kavuşturulması sağlanmıştır.

Çalışma Yöntemi

Proje kapsamında açık alanda ve kapalı alanlarda, dijital ikiz oluşturulması ve Coğrafi Bilgi Sistemine altlık olacak şekilde fotogrametri, lazer tarama ve 360 panoramik görüntüler alınmıştır. Oluşturulan verilerin doğrulama analizlerinin ardından işlenmesi ve entegrasyonu sağlanmış, tüm bu veriler ile beraber Coğrafi Bilgi Sistemi amaçlı veritabanı sistemleri oluşturulması amacı güdülmüştür.

Açık alanlarda Hava Fotogrametrisi ile belirli bindirme ve zemin örnekleme mesafesi (GSD) gereksinimleri belirlenerek yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafları elde edilmiştir. Bu işlemler için, sağladıkları daha hassas veri nedeniyle tam kare (full frame) İHA ürünleri tercih edilmiştir. Fotogrametrik uçuşlar için gerekli sıklıklarda Yer Kontrol Noktaları sahaya tesis edilmiş, 3 boyutlu koordinat verileri, öngörülen hassasiyetlerde üretilmiştir. Fotogrametrik uçuşların, havalimanı pist kısmında 2 boyutlu %80-%80 bindirme uçuşlar gerçekleştirilmiş, bina ve objelerin olduğu kısımlarda ise 3 boyut amaçlı oblik uçuşlarla %80-%80 bindirme uçuşlar gerçekleştirilmiştir. Alan araştırması amacıyla ayrıntılı nokta bulutu verilerini yakalamak için mobil ve elde taşınabilir LiDAR sistemleri kullanılmıştır. Ayrıca açık alanlarda fotogrametri ile LiDAR verilerinin başarı ile entegrasyonu sağlanmıştır. Kapalı alanlarda sağlıklı verilerin toplanabilmesi için belirtilen aralık, doğruluk ve çözünürlük gereksinimleri ile ayrıntılı kapalı alan ortamlarını yakalamak için mobil nokta bulutu tarayıcıları kullanılmıştır. Kat planları, mevcut kat planları, iç mekan tarama verilerine göre entegre edilmiş ve mimari olarak LOD sistemine göre istenilen hassasiyette boyutlandırılarak güncellenmiştir.

Toplanan veriler yardımıyla, dijital yüzey modelleri (DSM), dijital arazi modelleri (DTM), ortofotolar ve 3B modeller dahil olmak üzere birçok veri üretilmiştir. Doğruluk ve tutarlılığı sağlamak için veri kalite kontrol prosedürleri uygulanmış, tutarsız verilerin tekrar ölçümü sağlanmıştır. Çeşitli kaynaklardan gelen mevcut veriler, CAD çizimleri, hava görüntüleri ve coğrafi veritabanları dahil olmak üzere platforma entegre edilmiştir. Tüm saha verileri tek bir koordinat düzlemine indirgenerek çoklu disiplinlere dayalı ortak veriler haline getirilmiştir. Entegrasyon yöntemleri, web servisleri ve veritabanı ilişkilerini içerecek şekilde planlanarak, proje kapsamında uygulanmıştır.

* Sorumlu Yazar: Tel: (0312) 238 22 55 Faks: (0312) 238 22 85

E-posta: slndnr.krdnz@gmail.com (Selindanur Karadeniz), gizem.baybas@dhmi.gov.tr (Gizem Baybaş Dağlı), ulas.sahin@dhmi.gov.tr (Ulaş Şahin), mkokamanoglu@gpsturk.net (Mehmet Kocamanoglu), harita@gpsturk.net (Demet Ercan Sağlam)

Tüm verileri depolamak ve yönetmek için ilişkisel bir veritabanı kullanılmıştır. Veri katmanları ve öznitelik tabloları arasındaki yapıyı ve ilişkileri tanımlamak için coğrafi bir veri modeli geliştirilerek Shapefile, KML ve GeoJSON dahil olmak üzere uluslararası açık kaynaklı formatlara öncelik verilerek standartlaştırılmıştır. Bu tip veri modeli altyapılarını kullanarak globalleşen verilerin çoklu yazılımlar yardımıyla çözülebilir bir veritabanı oluşturulmasında yardımcı olmuştur. Veri dönüştürme prosedürleri yerleşik standartları ve algoritmaları takip edilmiştir.

Farklı veri katmanlarının görünürlüğünü ve görünümünü kontrol etmek için hiyerarşik bir katman yönetim sistemi oluşturularak kullanıcı dostu ve kolay yönetilebilir bir sistem oluşturulmuştur. Sonuçları dışa aktarma seçenekleriyle hem mekansal hem de öznitelik verilerinde gelişmiş sorgulama ve filtreleme yetenekleri, katmanlar içine entegre edilmiştir. Mekansal özelliklere bağlı öznitelik verilerinin tablo görünümü, verilerin sıralanmasına, filtrelenmesine ve seçilmesine olanak tanıyacak şekilde oluşturulmuştur. Mekansal özellikleri ve ilişkili nitelikleri oluşturma, düzenleme ve güncelleme araçları ile veritabanının güncel kalmasına olanak sağlanmıştır.

Bulgular ve Yorumlar

Amaçlanan kapsamda, daha önce ülkemizde bu tip büyük bir projenin oluşturulmaması nedeniyle öngörülemez sorunların gözlemlenmesine sebep olmuştur. Saha veri üretimlerinde, fotogrametri, lidar ve 360 görüntülenme gibi farklı ölçüm yöntemleriyle elde edilen verilerin aynı koordinat düzlemine getirilmesi, entegrasyonu ve farklı platformlarda sunumu hem mühendislik hem de donanımsal olarak zorlayıcı olmuştur. Problemlerin kaynağı, işin planlanan şekilde yapılsa dahi öngörülemez teknik nedenlerden ötürü (iç mekanlardaki insan ve yansıtıcı yoğunluğu, karmaşık yapıların varlığı, dış mekanlarda fotogrametri ve lazer taramanın tutarlılıkla birbirine entegre edilebilmesi vb.) gelmektedir. Tekrarlanan ölçümler, algoritmik üretimlerle entegrasyonun yeniden gözden geçirilmesi ile sorunlar ortadan kaldırılmıştır.

Yazılımsal olarak örnek teşkil edilebilecek spesifik bir yazılımın olmamasından kaynaklı istekler sağlanana kadar tekrarlı yazılım değişimleri gerçekleştirilmiştir. Bu durum projenin öngörülen sürelerde oluşturulmamasına sebep olmuştur.

Projenin faydası gözlemlendiğinde, diğer kurumlar ve ülkemiz açısından önemli bir örnek proje olmuştur. Çoklu mühendislik disiplinleri ve yazılımsal konular göz önüne alındığında yapılan bu çalışmanın önsezisel olarak süreç ve uygulama yönünden artı ve eksileri net bir şekilde gözlemlenmiş olup, diğer tüm kurumlar açısından da önemi yüksek bir öncü çalışma olmuştur.

Sonuç

Proje üç platform geliştirilmiştir;

- Masaüstü Yazılımı: Karmaşık coğrafi görevleri ele alabilen ve web uygulaması ve mekansal veritabanı ile sorunsuz bir şekilde entegre olabilen açık kaynaklı bir GIS yazılımı kullanılmıştır.
- Web Yazılımı: Modern tarayıcılar aracılığıyla erişilebilen, veri görselleştirme, analiz ve yönetimi için kullanıcı dostu bir arayüz sunan bir web uygulaması üretilmiştir.
- Mobil Uygulama: Kullanıcıların sahada verilere erişmesine ve bunları güncellemesine olanak tanıyan yerel Android ve iOS uygulamaları veya hibrit bir çözüm sunulması amaçlanmıştır.

Bu projenin başarılı bir şekilde uygulanması, gelişmiş karar alma için verimli veri yönetimi, analizi ve görselleştirmeyi mümkün kılan sağlam ve kapsamlı bir coğrafi dijital bilgi platformunun ve mekansal web servislerinin oluşumu ile sonuçlanmış, çok kriterli kararlar alınmasının ve mekansal planlamaların yapılabilirliğinin önünü açan, bir dijital dönüşüm projesi olmuştur. Bu dönüşüm projesinde üretilmesi planlanan alanların karmaşıklığı, çoklu disiplinlerin bir arada entegre olarak yönetilebilmesi, projenin amacına yönelik dijital dönüşümün gerçekleşmesi yönünde büyük tecrübeler elde edilmesine olanak sağlamıştır. Projenin, CBS altyapısında, dijital dönüşüm yönünde gerçekleştirilen yönetimsel ve uygulamaları önemli bir öngörü ve gelecek planlamasının önünü açmıştır.

Anahtar Kelimeler

Mekânsal Web Servisleri, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, Dijital İkiz, Fotogrametri, Lidar, Mekânsal Planlama, Dijital Dönüşüm, Coğrafi Bilgi Sistemleri

Akıllı Kentlerde Akıllı Yaşam ve Akıllı İnsan Bileşenlerinin Ölçülmesi

Sezin Çıdam*, Nesibe Necla Uluğtekin

¹*İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul.*

²*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Coğrafi Bilgi Teknolojileri Yüksek Lisans Programı, 34469, İstanbul.*

Genişletilmiş Özet

Sanayi devrimi sonrasında tüm dünyada nüfus hızla artmış, bu artış kentsel ve kırsal tüm yerleşmeleri etkilemiştir. Bu dönemde kırdan kente göç hızlanmış, kentte yaşayan nüfus büyük bir ivmeyle büyümüştür. 1950’li yıllarda dünya nüfusunun sadece %30’unun kentlerde yaşadığı bilinirken 2000’li yıllardan itibaren ise bu oranın %50’yi bulduğu söylenmektedir. Bu hızlı artış kentsel alanların kontrolsüz ve plansız olarak yaygınlaşmasına sebep olmuş, bunun sonucu olarak da pek çok kentsel problem ortaya çıkmıştır. Bu problemler konvansiyonel yöntemlerle çözülememiş, bu sorunların çözümünde yeni teknolojilerinin kullanılması fikirleri doğmuştur. Bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan gelişmeler kentsel problemler ekseninde değerlendirilmiş, “Akıllı Kent” kavramı böylelikle ortaya çıkmıştır. Literatüre 1990’lı yılların sonunda giren “Akıllı Kent” kavramı, bu tarihten sonra gittikçe yaygınlaşmıştır. Ancak ülkemizde bu süreç biraz gecikmiş, “Akıllı Kent” kavramının resmi kaynaklara girmesi 2014 yılında onuncu kalkınma planı ile olmuştur. Bu tarihten itibaren ülkemizde de kentsel mekânı ilgilendiren tüm stratejilerde kendine yer bulmuştur. Çoğu araştırmacıya göre 21. Yüzyılın şehirleri planlanırken “Akıllı Kent” kavramı görmezden gelinemez bir noktaya ulaşmıştır. Dünya çapındaki yaygın kullanıma rağmen akıllı kentlerin tanımı için bir fikir birliğine varılamamış, çeşitli kurum ve kuruluşlar kendi perspektiflerinden akıllı kentleri tanımlama gayreti içine girmişlerdir. Ancak günümüzde akıllı kent kavramı çeşitli kesimlerce geliş güzel telaffuz edilmiş, asıl anlamı anlaşılamamıştır. Felsefesi ve matematiği itibarıyla karmaşık bir kavram olan akıllı kentin temel kavramsal çerçevesi Boyd Cohen ve Rudolf Giffinger tarafından çizilmiştir. Bu araştırmacılar bir akıllı kent çemberi geliştirerek akıllı kentin bileşenlerini tanımlamış; bu tanımlama geniş çevrelerce kabul edilmiştir. Bu çembere göre akıllı kent; akıllı yaşam, akıllı çevre, akıllı ulaşım, akıllı insan, akıllı ekonomi, akıllı yönetim gibi birbirinden farklı disiplinleri içeren altı bileşenden oluşmaktadır. Bu sebeple çok disiplinli bir şekilde incelenmesi, tüm bileşenleri ve alt bileşenleri ile ele alınması gerekmektedir. Ancak akıllı kent kavramı günümüzde ileri teknolojilerin kullanıldığı büyük kamu yatırımları ile bir tutulmuş olup belediyelerin coğrafi bilgi sistemi uygulamaları ile özdeşleştirilmiştir. Bu süreçte de akıllı yaşam ve akıllı insan kavramları ihmal edilmiştir. Oysa akıllı kent için gerekli olan teknolojilerin yanı sıra bu teknolojileri günlük hayatına adapte edebilecek, akıllı kent yaşamına kolayca uyum sağlayabilecek, yaşam kalitesi ve refah düzeyi yüksek bir toplum da olmazsa olmazdır. Akıllı kentin gerektirdiği inovasyonu devam ettirecek, akıllı kentin gelişimini etkileyerek ilerleten unsur akıllı insandır. Akıllı insan bileşeni akıllı yaşam bileşeninin başarılı olduğu kentlerde gelişebilir. Bu sebeple akıllı yaşam ve akıllı insan bileşenleri akıllı kentin temelini oluşturmakta olup bu bileşenler olmadan akıllı bir kentten bahsedilemez. Bu kapsamda araştırmada akıllı kentin akıllı yaşam ve akıllı insan bileşenleri ele alınmış, akıllı yaşam ve akıllı insan bileşenlerinin nasıl tanımlandığı, kapsamı, nasıl ve hangi parametrelere göre ölçülmesi gerektiği araştırılmıştır. Araştırma sırasında literatürde akıllı kentleri ölçen, sıralayan, karşılaştıran endeks, standart ve benzeri göstergelerden oluşan ölçekler olduğu görülmüş, bu ölçekler incelenmiştir. Bu ölçeklerden Akıllı Kent Konseyi’nin yayınladığı “Akıllı Kent Endeksi Ana Göstergeleri”, Navarra Üniversitesi’nin yayınladığı “Devinim Halindeki Şehirler Endeksi”; Viyana Teknoloji Üniversitesi, Ljubljana Üniversitesi ve Delft Teknoloji Üniversitesi’nin ortak olarak yayınladığı “Avrupa’da Orta ve Büyük Ölçekli Kentlerin Sıralaması” göstergeleri ve Uluslararası Standart Organizasyonu (ISO)’nun yayınladığı “Toplulukların Sürdürülebilir Kalkınması Şehir Hizmetleri Standardı ve Yaşam Kalitesi Göstergeleri” ölçekleri kullanılarak bir çalışma yapılmış, bu ölçeklerde yer alan göstergeler bir havuzda derlenerek akıllı yaşam ve akıllı insan bileşenleri için yeni bir gösterge seti oluşturulmuştur. Bu gösterge setinde Akıllı Yaşam; Kültürel Tesisler, Sağlık Koşulları, Güvenlik, Konut Kalitesi, Eğitim Tesisleri, Turistik Çekicilik, Sosyal Bağlılık ve Refah alt bileşenleri çevresinde değerlendirilirken; Akıllı İnsan ise, Yeterlilik Seviyesi, Yaşam Boyu Öğrenme, Sosyal ve Etnik Çoğulculuk, Esneklik, Yaratıcılık, Açık Görüşlülük, Katılım alt bileşenleri çevresinde değerlendirilmiş, akıllı insan için otuz (30), akıllı yaşam için ise altmış dokuz (69) olmak üzere toplam doksan dokuz (99) gösterge elde edilmiştir. Her bir gösterge için çeşitli kentlere ait veriler araştırılmıştır. Bu çeşitli kentlerin seçimi için yine araştırılan endeks, standart ve gösterge setlerine başvurulmuş; bu ölçekler ile yapılan araştırmaların yayınlanan sonuç listeleri incelenmiştir. Bu ölçeklerle hazırlanan listelerde en çok ilk ona giren kentler olan Kopenhag, Oslo, Zürih, Cenevre, Londra, Singapur araştırma için belirlenmiştir. Türkiye’den ise çeşitli akıllı kent sıralamalarına en çok giren kent olan İstanbul seçilmiştir. Seçilen bu yedi (7) kent için her bir gösterge özelinde veriler araştırılmıştır. İstanbul için veriler çoğunlukla TUIK’ten, Avrupa kentleri için veriler çoğunlukla OECD’den elde edilmiş olup, Singapur için veriler kentin/ülkenin açık veri portalından elde edilmiştir. Ancak İstanbul için değerlendirme ve karşılaştırma için gerekli, yeterli ve güncel mekânsal verilere tam olarak ulaşılamamıştır. Elde edilen veriler ise karşılaştırmaya uygun bulunmamıştır. Bunun en önemli sebebi verilerin daha çok ülke ölçeğinde toplanması, işlenmesi ve paylaşılmasıdır. Bu veriler ile kent veya daha küçük yerleşim birimleri için bir değerlendirme yapmak mümkün

* Sorumlu Yazar: Tel: Faks:

E-posta: sezincidam@gmail.com (Sezin Çıdam), ulugtek@itu.edu.tr (Nesibe Necla Uluğtekin)

olmamaktadır. Elde edilen veriler değerlendirilecek olursa; İstanbul kapsamında gösterge setindeki doksan dokuz (99) göstergenin kırkdördü (44) için veriye ulaşılamamış; onaltı (16) gösterge için ise sadece Türkiye ölçeğindeki veriye ulaşılabilmektedir. Bileşenler özelinde değerlendirilecek olursa; “Akıllı İnsan” bileşeni için hazırlanan gösterge seti otuz (30) göstergeden oluşmaktadır. Bunların onbiri (11) için veriye ulaşılamamış, üç (3) gösterge için ise sadece Türkiye ölçeğinde veriye ulaşılabilmektedir. Akıllı insan bileşeni kapsamında toplam ondokuz (19) gösterge için kent ve/veya ülke ölçeğindeki veriye ulaşılmıştır. Kopenhag, Oslo, Zürih, Cenevre, Londra, Singapur kentlerine baktığımızda ise otuz (30) göstergeden sadece oniki (12) gösterge için bu kentlerin en az biri için kent ve/veya ülke ölçeğinde veri elde edilmiştir. “Akıllı Yaşam” bileşeni için hazırlanan gösterge seti ise altmışdokuz (69) göstergeden oluşmaktadır. Bunların otuzu (30) için veriye ulaşılamamış, onüç (13) gösterge için ise sadece Türkiye ölçeğinde veriye ulaşılabilmektedir. Akıllı yaşam bileşeni kapsamında toplam ondokuz (19) gösterge için kent ve/veya ülke verisine ulaşılmıştır. Kopenhag, Oslo, Zürih, Cenevre, Londra, Singapur kentlerine baktığımızda ise altmışdokuz (69) göstergeden sadece otuziki (32) gösterge için karşılaştırılan kentlerin en az biri için kent ve/veya ülke ölçeğinde veri elde edilmiştir. Bu sonuçlar kentler için doğru bir değerlendirme, ölçme ve karşılaştırma yapılamadığını göstermektedir. Çalışmada sağlıklı bir değerlendirme ve karşılaştırmaya imkân sağlanması için hangi gösterge için hangi ölçekte veri elde edilmesi gerektiği tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca göstergelerin yeterliliği ve güncelliği de tartışılmış; eklenmesi, çıkarılması gereken göstergeler irdelenmiştir. Sonuç olarak bir kentin ne kadar akıllı olduğunun hangi göstergelerle belirleneceği ve bu göstergeler için hangi ölçekte verinin kullanılması gerektiğinin tespiti yapılarak kentlerin ne kadar akıllı olduğunun akıllı insan ve akıllı yaşam özelinde ölçülmesi, kentlerin sıralanması ve karşılaştırılması için bir altlık oluşturulmaya çalışılmış, böylelikle kentlerin akıllı kent olma yolundaki eksikliklerinin tespit edilerek akıllı kentlerin oluşturulmasına katkı sağlanması hedeflenmiştir. Bu tür bir hedefin başarıya ulaşabilmesi için şüphesiz ki elde edilecek veriler ve değerlendirilmesi de çok önemlidir, bu kapsamda açık veri politikalarının geliştirilmesi gerekmektedir. Böylelikle oluşturulan gösterge setleri ile kentlerin ne kadar akıllı olduğunu ölçmek, sıralamak, karşılaştırmak mümkün olabilecektir.

Anahtar Kelimeler

Akıllı Kent, Akıllı Kent Bileşenleri, Akıllı Yaşam, Akıllı İnsan, Akıllı Kent Endeksleri

Kültürel Mirasın İzlenmesinde Yapay Zekânın Kullanımı

Tolga Bakırman^{1,*}

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul.

Genişletilmiş Özet

Kültürel miras, bir toplumun mimarisini, sosyal yapısını, gelişimini ve yaşam tarzını yansıtır. Afetlere, iklim değişikliğine, turizme ve insan eylemlerine karşı hassas olduklarından, kültürel anıtların korunması ve sürdürülebilir yönetimi için hasarların tespiti ve izlenmesi hayati önem taşımaktadır. Tarihi ve doğal mirasın gelecek nesillere aktarılması ve dünya mirasının korunması için tarihi ve doğal mirasın sürdürülebilir izlenmesi ve yeni teknolojilerle hasarların tespitine yönelik sistemlerin geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

Kapadokya Bölgesi sadece ülkemiz açısından değil aynı zamanda dünya ölçeğinde eşi bulunmayan doğal ve tarihi mirasa sahiptir. Kapadokya Bölgesi'ndeki yaklaşık 100 km² doğal oluşum parkı ve 6 farklı tarihi yapı kompleksi 1985 yılında Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO) tarafından Dünya Miras Listesi'ne alınmış, böylece bölgenin binlerce yıllık doğal, tarihi ve kültürel değerine üstün evrensel değer de eklenmiştir. Dünyada olduğu gibi bölgede de olumsuz etkisini gösteren küresel ısınmanın yanında, bölgede insan kaynaklı kaya oymacılık faaliyetleri nedeniyle milyonlarca tona ulaşan volkanik atığın oluşması ve değerlendirilmemesi bir dünya miras alanı olan Kapadokya'daki doğal ve tarihi eserlerin sürdürülebilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, kültürel ve doğal mirasın korunması amacıyla bölgedeki hasarların tespiti ve sürdürülebilir izlenmesi önem kazanmaktadır.

Bu çalışma, Kapadokya pilot bölgesinde kültürel mirasın izlenmesi ve belgelenmesi için derin öğrenme tabanlı mimarilerin etkin bir şekilde kullanım potansiyelini tartışmaktadır. Projenin motivasyonu, iklim değişikliği ve doğal afetlerin olumsuz etkilerine karşı kültürel mirasın sürdürülebilirliğini sağlamak ve bu mirası gelecek nesillere aktarmaktır. Bu kapsamda, düşük maliyetli insansız hava araçları ve gelişmiş kamera sistemleri kullanılarak, kültürel miras yapılarına ait verilerin toplanması gerçekleştirilmiştir.

Proje, kültürel mirasın korunmasına yönelik yenilikçi ve sürdürülebilir çözümler geliştirmeyi amaçlayarak derin öğrenme yöntemlerini kullanarak görüntü ve 3B nokta bulutu tabanlı veri setleri üretmiştir. Proje kapsamında, YTU-CHNet2D ve YTU-CHNet3D adındaki iki ana mimari, farklı derin öğrenme yöntemleriyle karşılaştırılmış, eğitim süreçlerinde elde edilen doğruluk metrikleri ve sonuçların detaylı analizi ile dikkat çekici bulgular ortaya konmuştur. Elde edilen sonuçlar, YTU-CHNet2D ve YTU-CHNet3D mimarilerinin, özellikle kültürel yapılar üzerinde çeşitli aydınlatma koşulları ve donanım kapasiteleri göz önüne alındığında, etkin bir şekilde kullanılabilirliğini göstermektedir. Eğitim aşamasında kullanılan veri setleri, kültürel miras yapılarının dokümantasyonunu sağlamak amacıyla optimize edilmiştir. Bu süreçte, görüntü için DexiNed, RCF ve LDC, 3B nokta bulutu için PointNet++ ve PointNeXt gibi mimariler de dahil edilerek, bu mimarilerin performansları kıyaslanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. YTU-CHNet2D'nin daha az parametreye sahip olması, modelin daha hızlı ve daha verimli çalışmasını sağlamaktadır. YTU-CHNet2D'nin kenar geometrisinin kompaktlığına uyum sağlama yeteneği, tarihi yapıların kenarlarını etkili bir şekilde tespit etmesini mümkün kılmaktadır. Eğitim sırasında kullanılan görüntü verisinin netliği ve kalitesi, modelin doğruluğunu doğrudan etkilemektedir. Bununla birlikte, YTU-CHNet3D mimarisinin, daha yüksek parametre sayısına sahip olması sayesinde daha derin bir ağ yapısı sunarak daha yüksek doğruluk değerleri elde etmesi önemli bir bulgu olmuştur.

Farklı yıllarda aynı bölgede elde edilen orto görüntülerin YTU-CHNet2D çıktıları, yapısal benzerliklerin değerlendirilmesi için SSIM metriği ile analiz edilerek, kültürel miras yapılarına dair önemli bilgiler sunulmuştur. Benzer şekilde farklı yıllarda oluşturulan 3B nokta bulutlarının YTU-CHNet3D çıktıları da karşılaştırılarak değişimler analiz edilmiştir. Zamansal karşılaştırmalar, bitki örtüsü, örümcek ağı ve diğer doğal oluşumların etkilerini gözler önüne sermektedir. Bu oluşumlar, yapıların doğru bir şekilde izlenmesini engelleyerek, aydınlatma koşullarının ve gölge etkilerinin eğitim ve test süreçlerini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Bununla birlikte, bu proje kapsamında oluşturulan özgün veri setleri, hem ulusal hem de uluslararası düzeyde literatüre önemli bir katkı sağlamaktadır. Geliştirilen YTU-CHNet2D ve YTU-CHNet3D mimarileri, kültürel mirasın sürdürülebilir izlenmesi ve korunması için umut verici sonuçlar elde etmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışma, geleneksel dijital dokümantasyon yöntemlerine göre daha etkili ve verimli çözümler sunduğunu göstermektedir. Proje, kültürel miras yapılarının konturlarını ve çatlak detaylarını yakalamak amacıyla etiketli bir veri kümesi oluşturularak, tarihi yapıların otomatik olarak incelenmesini mümkün kılmaktadır. Elde edilen verilerin, doğal ve antropojenik faktörlerin olumsuz etkilerini azaltmak için kullanılacak doğru, verimli ve ölçeklenebilir yönetim sistemleri geliştirmek adına önemli bir temel oluşturduğu değerlendirilmektedir. Proje sonucunda, kültürel mirasın korunması için geleneksel veya yenilikçi yöntemler kullanılsa da derin öğrenme yöntemlerinin potansiyeli gözlemlenmiştir. Geliştirilen derin öğrenme mimarilerinin sadece proje alanı için değil ülkemiz ve dünyadaki tarihi mirasın sürdürülebilir hasar tespiti ve izlenmesi için kullanılabilmesi öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler

Kültürel Miras, Derin Öğrenme, Mekânsal Veri Elde Etme Yöntemleri, Dijital Dönüşüm, Hasar Tespiti

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 1001 programı kapsamında 122Y017 numaralı proje ile desteklenmiştir.

* Sorumlu Yazar: Tel: (0212) 383 52 84 Faks: (0212) 323 51 02

E-posta: bakirman@yildiz.edu.tr (Tolga Bakırman)

Farklı Veri Kaynaklarının Entegrasyonu ile Gordion (Yassihöyük) ve Yakın Çevresinin Üç Boyutlu Modellenmesi

Emre Özcan¹, Rabia Uçar², Selindanur Karadeniz³, Büşra Ulukuş⁴, Hasan Aday⁴, Abdullah Kayı⁵, Mehmet Doğruluk^{6*}

¹Polatlı Belediyesi, Plan ve Proje Müdürlüğü, 06900, Ankara.

²Atay Mühendislik, 06800, Ankara.

³Geomatics Group, 06810, Ankara.

⁴Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ankara Şubesi, 06420, Ankara.

⁵Harita Genel Komutanlığı, 06270, Ankara.

⁶Hacettepe Üniversitesi, Başkent OSB Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 06909, Ankara.

Genişletilmiş Özet

2023 yılında UNESCO Dünya Mirası Listesi'ne alınan Gordion, antik dünyanın en önemli yerleşim yerlerinden biridir. Türkiye sınırları içinde, Ankara'nın yaklaşık 90 km güneybatısında bulunan Gordion, geniş bir alana yayılan pek çok anıt mezara (mezar höyüğü/tümülüs) ve sayısız arkeolojik kalıntıya ev sahipliği yapar. Bölgenin en bilinen tümülüsü olan MM (Midas Höyüğü), dünyada hâlâ ayakta olan en eski ahşap mezar odasını barındırır. Günümüzde 50 m'den daha yüksek olan bu tümülüs koruma altındadır. Ancak, bölgedeki yaşam devam ettikçe kentleşme, tarım ve sulama gibi insan faaliyetleri ile erozyon gibi doğal süreçler, tümülüslerin fiziksel yapısına zarar vermektedir (Lorentzen, 2019). Ayrıca, birçok tümülüs geçmişte defalarca yağmacıların hedefi olmuş ve hasar görmüştür (Rose, 2023). Günümüze kadar Gordion bölgesinin korunmasına yönelik bir çok çalışma yürütülmüş olmasına karşın tümülüslerin büyük bir bölümü halen savunmasızdır (Erder et al., 2013; Marsh & Kealhofer, 2014; Miller, 2019). 2023 yılından bu yana UNESCO, Kültür ve Turizm Bakanlığı, Ankara Büyükşehir Belediyesi ve Polatlı Belediyesi eş güdümünde koruma amaçlı imar planı revizyonu çalışmaları hız kazanmıştır. Ancak, bu çalışmaların etkinliği için güncel, somut ve güvenilir mekânsal bilgilere duyulan ihtiyaç giderek artmaktadır.

Gordion bölgesinin korunması ve gelecek nesillere aktarılması için bölgenin ve tümülüslerin nesne tabanlı bir yaklaşımla, yüksek doğrulukta ve güvenilir ölçütlerle üç boyutlu (3B) modellenmesi ve bölgedeki zamansal değişimlerin izlenmesi gerekmektedir (Doğruluk & Yanalak, 2021). Ayrıca, 3B modelin arkeolojik bulgular ile entegrasyonu ve zamansal değişimlerin analizi için mühendislik, mimarlık, şehir planlama ve arkeoloji disiplinleri başta olmak üzere çok disiplinli bir çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Üretilen 3B modeller dijital ikiz üretiminin başlangıç seviyesini tanımlayabilir. Dijital ikizler, arkeolojik yapıların korunması, izlenmesi ve restorasyonu için güçlü bir araçtır. Bu teknoloji, fiziksel bir yapının ya da alanın dijital kopyasını oluşturarak yapının tüm detaylarıyla sanal ortamda modellenmesine olanak tanır, böylece korunma ve bakım süreçleri daha etkin hale gelir (Tan et al., 2022). Ayrıca, arkeolojik dijital ikizler, işlevlerine ve detay seviyelerine göre alt gruplara ayrılabilir. Örneğin, toplanan mekânsal veriler kullanılarak bir nesnenin statik bir 3B modeli oluşturulabilir. Daha gelişmiş dijital ikizler ise, fiziksel nesnelerin gerçek zamanlı tepkilerini yansıtabilmek için sensör tabanlı izleme sistemleri ve Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojilerinin entegrasyonunu gerektirir. Bu tür dijital ikizler, fiziksel nesnelerin zamana bağlı değişimlerini dinamik olarak izleme, hatta karar-destek sistemleriyle süreçleri optimize etme olanağı sunar (Dang et al., 2023; Marra et al., 2021).

Günümüzde arkeolojik objelerin/alanların 3B modellerinin üretimi için ihtiyaç duyulan mekânsal veriler dijital kameralar (geniş görüş açılı, 360° vb.), LiDAR (Light Detection and Ranging) ve yersel radar (GPR-Ground Penetrating Radar) gibi pasif ve aktif sistemler kullanılarak elde edilmektedir. Genellikle küçük ölçekli arkeolojik projelere yönelik (dış mekân, iç mekân ya da yeraltı) modeller üretmek için yersel veri toplama yaklaşımları kullanılmaktadır. Orta ve büyük ölçekteki arkeolojik projeler için veri toplamada ise genellikle hava platformları (örneğin insansız hava aracı-İHA) ve yersel yaklaşımlar birlikte kullanılmaktadır (Lucchi, 2023; Luther et al., 2023). Sonuç olarak farklı kaynaklardan toplanan veriler uygun değerlendirme yaklaşımları ile işlenerek birbirleri ile entegre 3B modeller üretilir.

Bu çalışmada, farklı disiplinlerden gönüllü paydaşların desteğiyle başlatılan “Gordion Dijital İkiz Üretimi” Projesi'nin ilk sonuçları ele alınmaktadır. Çalışma alanı, Gordion (Yassihöyük) ve Yakın Çevresi Alan Yönetim Planı'nda “Dünya Miras Alanı” olarak tanımlanan alanı kapsayacak şekilde belirlenmiştir. Yaklaşık 2000 hektar büyüklüğündeki bu alanda, yer kontrol noktası (YKN) tesisi ve ölçümünü içeren saha çalışmaları gerçekleştirilmiş ve homojen dağılımlı 25 YKN tesis edilmiştir. YKN'lerin konum bileşenleri Ağ-RTK (Real Time Kinematic-RTK) ölçü yöntemine göre ölçülmüştür. YKN'lerin çalışma alanlarındaki konumlarına uygun olacak şekilde fotogrametrik hava fotoğrafı çekimi için uçuş planlaması yapılmıştır. Hava fotoğrafı çekiminde DJI M350 RTK profesyonel İHA ve Phaseone 100 megapiksel metrik kamera kombinasyonu kullanılmıştır (Tamimi & Toth, 2024). Yaklaşık 140 dakika süren uçuş sonucunda 0.039 m/piksel nominal yer örnekleme aralığı değerinde, %80 ileri ve %60 yan bindirme oranlarına sahip 1782 İHA fotoğrafı elde edilmiştir. Fotogrametrik görüntü işleme (DJI Terra ve PIX4Dmatic yazılımları ile) sonucunda çalışma alanı için yoğun nokta bulutu, sayısal yüzey modeli, ortomozaik ve 3B katı (mesh) model üretilmiştir. Diğer taraftan, Gordion bölgesinde yer alan ve arkeolojik bulguların sergilendiği Müze (içi ve yakın çevresi) ile MM Tümülüsü'ünün iç mekânı için LiDAR verileri toplanmıştır. Bu kapsamda, detaylı ve hassas tarama yapabilen hibrit lazer tarama sistemi FARO Orbis

* Sorumlu Yazar: Tel: (0312) 502 04 69 Faks: (0312) 501 99 94

E-posta: mehmet.dogruluk@hacettepe.edu.tr (Mehmet Doğruluk)

kullanılmıştır (Štroner et al., 2025). Toplamda 1.1 hektar büyüklüğündeki tarama alanı için açık alanda homojen dağıtılmış 12 YKN tesis edilmiş ve bu noktaların konum bileşenleri Ağ-RTK yöntemi ile belirlenmiştir. Mobil LiDAR tarama işlemi 12,10 ve 8 dakikalık 3 ayrı oturumda tamamlanmıştır. LiDAR verilerin işlenmesi FARO Connect yazılımı ile tamamlanmış ve üç oturumda toplanan veriler birleştirilerek yoğun nokta bulutu elde edilmiştir. Son olarak Müze ve MM Tümülsü'nün sanal turunu oluşturmak için 360° panoramik görüntü alımı gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada, 6 adet balıkgözü lens ile 8K çözünürlüklü görüntü yakalayabilen ve dahili GNSS (Global Navigation Satellite Systems) alıcısı bulunan Insta360 Pro 2 kamera kullanılmış ve toplamda 31 adet panoramik görüntü alınmıştır (Lee et al., 2022). Görüntü alımının ardından 3DVista profesyonel sanal tur yazılımı ile panoramik fotoğraflar birleştirilmiş ve akış bağlantıları kurulmuştur. Ayrıca müzede yer alan eserlere ait bilgilendirme metinleri toplanarak sanal turun içine entegre edilmiştir. Sonuç olarak, panoramik görüntü alımı ve mobil lazer tarama verileri İHA görüntülerinden üretilen 3B model birleştirilerek çok katmanlı bir model oluşturulmuş ve ayrıca bu modelin web ortamında sunumu gerçekleştirilmiştir. Bulgularımız, arkeolojik alanların dijitalleştirilmesi, kayıt altına alınması ve paylaşılmasında, farklı veri kaynaklarının entegrasyonu ile çok katmanlı 3B modellerin üretilmesinin önemini vurgulamaktadır. Bu modeller, arkeolojik alanların ve içerdiği objelerin bütüncül bir yaklaşımla dijitalleştirilmesine ve incelenmesine olanak tanır. Bu çalışmanın gelecekteki hedefleri, Gordion ve çevresi için, önceki mekânsal verilerin entegrasyonu ile 3B değişim analizlerinin uygulanması ve bu değişimleri de içeren 3B CBS altyapısının oluşturulması ile dinamik dijital ikiz üretimine odaklanmaktadır. Bu sayede, bölgenin ve tümölüslerin korunması, izlenmesi ve gelecek nesillere aktarılmasına önemli katkılar sağlanabilir.

Anahtar Kelimeler

Kültürel Miras, Sanal Gerçeklik, 3B Mekânsal Veri Görselleştirilmesi, Dijital İkiz

Teşekkür

Yazarlar çalışmanın organizasyonunu üstlenen Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ankara Şubesi' ne ve Polatlı Belediyesi' ne teşekkür eder. Ayrıca yazarlar çalışmaya teknik destek ve veri sağlayan, Atay Mühendislik'e, Geomatics Group'a, Bolu Mühendislik'e, Yücel Harita Mühendislik'e ve Çubuk Harita Mühendislik'e teşekkür eder. Son olarak yazarlar projenin ilerlemesinde, olgunlaşmasında ve veri toplamada katkı sağlayan; Nusret Kaya' ya, Özgür Yanıt Kaya' ya, Kadim Koç'a, Alper Kağan Kurt'a, F. Doğan Tekin'e, Hakan Güngör'e, Hakan Yıldız'a, Gökhan Hepyörük'e, Betül Arslan Süslü'ye, Ayça Güler Cengiz'e, Enes Meydanal'a, Esra Altınoluk'a, İbrahim Yavşan'a, Ahsen Çetin'e, Hasan Bora Yavuz'a, Cansu İrem Kuyucu'ya, Sezai Mert'e, Ozan Turhan'a, Ataberk Ayanlar'a, Burak Öztürk'e, Nedim Berkay Tuğ'a, Eda Çetin Uluğ'a, Mehmet Mustafa Çelebi'ye ve Mervan Özgönül'e teşekkürlerini sunar.

Kaynaklar

- Dang, X., Liu, W., Hong, Q., Wang, Y., & Chen, X. (2023). Digital twin applications on cultural world heritage sites in China: A state-of-the-art overview. *Journal of Cultural Heritage*, 64, 228-243. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.culher.2023.10.005>
- Doğruluk, M., & Yanalak, M. (2021). Object-based modelling and accuracy assessment of Gordion tumuli using very high-resolution stereo satellite images. *International Journal of Remote Sensing*, 42(19), 7239-7269. <https://doi.org/10.1080/01431161.2021.1954258>
- Erder, E. H., Gürsan-Salzmänn, A. e., & Miller, N. F. (2013). A conservation management plan for Gordion and its environs. *Conservation and management of archaeological sites*, 15(3-4), 329-347.
- Lee, H., Um, G.-M., Lim, S. Y., Seo, J., & Gwak, M. (2022). Real-time multi-GPU-based 8KVR stitching and streaming on 5G MEC/Cloud environments. *ETRI Journal*, 44(1), 62-72. <https://doi.org/https://doi.org/10.4218/etrij.2021-0210>
- Lorentzen, B. (2019). Agricultural Sustainability and Environmental Change at Ancient Gordion by John M. Marston. *Bulletin of the American Schools of Oriental Research*, 382, 319-321. <https://doi.org/10.1086/705166>
- Lucchi, E. (2023). Digital twins for the automation of the heritage construction sector. *Automation in Construction*, 156, 105073. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105073>
- Luther, W., Baloian, N., Biella, D., & Sacher, D. (2023). Digital Twins and Enabling Technologies in Museums and Cultural Heritage: An Overview. *Sensors*, 23(3), 1583. <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/3/1583>
- Marra, A., Gerbino, S., Greco, A., & Fabbrocino, G. (2021). Combining Integrated Informative System and Historical Digital Twin for Maintenance and Preservation of Artistic Assets. *Sensors*, 21(17), 5956. <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/17/5956>
- Marsh, B., & Kealhofer, L. (2014). Scales of impact: Settlement history and landscape change in the Gordion Region, central Anatolia. *The Holocene*, 24(6), 689-701.
- Miller, N. F. (2019). Historic landscape and site preservation at Gordion, Turkey: An archaeobotanist's perspective. *Vegetation History and Archaeobotany*, 28, 357-364.

- Rose, C. B. (2023). *Gordion Season Report 2023*.
https://www.penn.museum/documents/gordion/fieldreports/GN_2023_EN.pdf?_gl=1*1e5y779*_gcl_au*MTEwODMxMjg0My4xNzI5NDEwNDQw*_ga*MjA3MjQwNDY1NC4xNzI5NDEwNDQw*_ga_7X72YNLEPT*MTcyOTQxMDQ0MC4xLjEuMTcyOTQxMDQ2MC40MC4wLjA.
- Štroner, M., Urban, R., Křemen, T., Braun, J., Michal, O., & Jiříkovský, T. (2025). Scanning the underground: Comparison of the accuracies of SLAM and static laser scanners in a mine tunnel. *Measurement*, 242, 115875.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.measurement.2024.115875>
- Tamimi, R., & Toth, C. (2024). Accuracy Assessment of UAV LiDAR Compared to Traditional Total Station for Geospatial Data Collection in Land Surveying Contexts. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-2-2024, 421-426.
<https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-2-2024-421-2024>
- Tan, J., Leng, J., Zeng, X., Feng, D., & Yu, P. (2022). Digital Twin for Xiegong's Architectural Archaeological Research: A Case Study of Xuanluo Hall, Sichuan, China. *Buildings*, 12(7), 1053. <https://www.mdpi.com/2075-5309/12/7/1053>

Ankyra'dan Ankara'ya: Çok Katmanlı Kentin Kolektif Hafızasının Mekânsal İzlerini CBS Ortamında Çözümlemek ve Değerlendirmek

Zeynep Buket Üstün^{1,*}, Ayşe Güeliz Bilgin Altınöz²

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, 06800, Ankara

²Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 06800, Ankara

Geniştirilmiş Özet

Eski dönemlerden beri sürekli yerleşim yeri olmaları nedeniyle tarihi süreklilik içinde farklı dönemlerin ve kültürlerin mekânsal izlerini bir arada barındıran kentleri 'çok katmanlı kentler' olarak tanımlamak mümkündür. Tarihsel süreklilik içinde her bir dönemin daha önceki dönemlerle ilişkili olarak şekillenen mekânsal yapısı, kentin tarihsel, kültürel ve fiziksel derinliğine ve zenginliğine katkıda bulunur (Bilgin Altınöz, 2021). Çok katmanlı kentlerin bugünkü yapısı farklı dönemlerin fiziki varlıkları kadar kentlerinin onlara yüklediği anlamlarla birlikte kolektif hafızanın mekânsal izlerini barındırır. Kentin farklı katmanlarının mekânsal izleri kimi zaman daha sonraki dönemlerde de bazı değişikliklerle birlikte fiziksel, işlevsel ve anlamsal olarak varlıklarını devam ettirebilseler de, kimi zaman fiziki olarak var olmalarına rağmen güncel kentle bağlarını ve kentli için anlamlarını yitirerek unutulurlar. Hem kentsel mekânda, hem de kentlinin bilincindeki yerleri ve anlamları yitirdikçe, tarihsel katmanlaşmanın izleri zamanla tamamen yok olur; bu da kentin çok katmanlı yapısının zamanla kaybedilmesine neden olur. Oysa ki, çok katmanlı kentlerin tarihsel, kültürel ve fiziksel derinliğini ve zenginliğinin en önemli göstergesidir. Zanchetti ve Jokilehto'nun (1997) vurguladığı gibi, bir kentin sahip olduğu en önemli değerlerden biri, çeşitlilik/özgünlük bütünlüğü içinde farklı dönemler arasında bir süreklilik çizgisi oluşturabilme kapasitesinde yatar. Bu nedenle, çok katmanlı kentlerde tarihsel katmanlaşmanın ve kolektif hafızanın mekânsal izlerini ortaya çıkarmak, mümkün olduğunca bilinir ve anlaşılır kılmak ve günümüz kenti ve kentlisiyle bütünleşmesini sağlamak büyük önem taşır.

Çok katmanlı kentlerde tarihsel sürekliliğin ve kolektif hafızanın mekânsal izlerinin unutulmaması için öncelikle bu izleri ortaya çıkarmak, çözümlemek, değerlendirmek, daha sonra da kentte görünür ve bilinir kılınarak kentin yaşamıyla bütünleşmesi ve anlam kazanması için kararlar geliştirmek gerekir. Bu noktada tarihsel ve güncel yazılı ve görsel kaynaklardan kentin farklı dönemlerinin fiziki yapısına dair farklı bilim alanlarının çalışmalarından arkeoloji tarih sanat tarihi mimarlık planlama gibi farklı bilim alanlarının çalışmalarından elde edilen verilerle birlikte mevcut kentteki gözlem ve belgelerle bu verileri mekânsal ulaştırılması yapılandırılması kullanılabilir bilgiye dönüşmesi çok büyük önem taşır. Çok katmanlı kentin tarihsel katmanlaşmasına ilişkin kapsamlı, doğru ve kullanılabilir bilgi, kentin çok katmanlı karakterini sürdürebilmek için koruma karar alma sürecini desteklemelidir. Bu da çeşitli kaynaklardan gelen karmaşık ve büyük miktarda verinin işlenmesini gerektirmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), çok katmanlı kentlerin çok boyutlu dinamik doğasına uygun bir ortam sunmakta ve kentin farklı katmanlarına ilişkin olarak farklı araştırmalardan ve kaynaklardan gelen karmaşık ve büyük miktardaki mekânsal verilerin öz nitelikleriyle birlikte ele alınmasına ve değerlendirilmesine imkân sağlamaktadır (Bilgin Altınöz 2003).

İlk çağlardan itibaren sürekli yerleşime maruz kalan Anadolu'daki kentlerin büyük çoğunluğu, tarihsel gelişim süreçleri içinde farklı katmanlar olarak farklı dönemlerin fiziksel izlerini taşımakta, bu nedenle de çok katmanlı kentler olarak adlandırılmaktadır. Çok katmanlı kentlerde, çeşitlilik ve özgünlük yoluyla kent kimliğine katkıda bulunan şey, farklı katmanların birlikteliği ve birbirleriyle olan ilişkileridir. Ne var ki, günümüzde, çok katmanlı Anadolu kentlerinin çoğu, çok katmanlı karakterlerini kaybetme ve tek boyutlu alanlara dönüşme tehlikesiyle karşı karşıyadır. Bunun birçok nedeninin yanı sıra en önemli nedenlerinden biri, kentin tarihsel katmanlaşmasına yönelik mekânsal verilerin bir araya getirilerek kullanılabilir bilgiye dönüşmemiş; mekânsal karar verme süreçlerinde yer alamamış, buna paralel olarak kentin tarihsel katmanlaşmasına yönelik bilincin oluşamamış olmasıdır.

Türkiye'nin başkenti Ankara, çok katmanlı kent özelliği taşır. Tarih boyunca jeopolitik konumu nedeniyle Anadolu'daki önemli yolların kesişiminde yer alan Ankara sürekli olarak yerleşim yeri olma özelliğini korumuş; farklı kültürlerle ev sahipliği yapmıştır (Aydın vd., 2005). Ancak günümüz Ankara'sı incelendiğinde tarihi ve fiziki derinlik algılanamamaktadır. Planlama çalışmalarında Ankara için koruma alanları parça parça tanımlanmıştır. Kentsel mekânda tarihsel süreklilik aslında çok boyutlu bir konu iken, tarihsel dönemler sadece parçalı olarak algılanmakta ve bütünlükleri ön planda tutulmamaktadır. Bu nedenle başkent derinliğini kaybetmekte ve kentliler Ankara'yı hiçbir zaman çok katmanlı bir kent olarak algılamamaktadır. Kent bütünüyle anlaşılmadığında ve değerlendirilmediğinde bu tarihsel süreklilik tehdit altına girmekte ve giderek yok olma riski taşımaktadır. Bu nedenle hem merkezi ve yerel karar vericilerinin hem de vatandaşların bu önemin farkında olmalarını sağlamak için tarihsel katmanlaşmanın izlerinin bilinir kılınması gereklidir. Bu doğrultuda bu çalışmanın amacı, çok katmanlı kentlerde kentin çeşitli bölgelerinde bulunan farklı tarihsel dönemlere ait bileşenlerin bilinir hale gelmesi, hem dikey hem de yatay düzlemde mevcut kentsel bağlamla ilişkisinin anlaşılması ve değerlendirilmesidir. Bu doğrultuda öncelikle kentin tarihsel katmanlarının anlaşılmasına ihtiyaç vardır.

Ankyra'dan Ankara'ya çok katmanlı kentin tarihsel sürekliliği içinde var olmuş farklı dönemlerinin mekânsal izlerine dair arkeoloji, tarih, sanat tarihi, mimarlık, planlama gibi farklı disiplinler tarafından araştırma ve çalışmalar yürütülmüştür. Ancak, bütün bu araştırma ve çalışmaların sonucunda üretilmiş veriler, çoğu kez birbirleriyle

* Sorumlu Yazar: Tel: (0535) 721 81 56

E-posta: zustun@metu.edu.tr (Zeynep Buket Üstün), bilginc@metu.edu.tr (Ayşe Güeliz Bilgin Altınöz)

ilişkilendirilmemiş olarak, farklı kaynaklarda yer almaktadır. Bu noktadaki en büyük eksiklik, Ankara'nın farklı dönemlerine dair verileri bir araya getirilip yapılandırılmasını, mekânsal olarak ilişkilendirilmesini, çözümlenmesini ve değerlendirilmesini sağlayacak bir mekânsal bilgi yönetim sisteminin olmamasıdır. Bu durum da, Ankara kentinin çok katmanlı özelliğinin bilinmesini ve görünmesi engellemektedir. Dolayısıyla, Ankara'nın tüm tarihi dönemleri (Tarih öncesi dönem, Antik, Geç Antik, Türk-İslam, Cumhuriyet) ile ilgili çok boyutlu ve karmaşık bilgiyi mekânsal olarak bir araya getirmek çok önemlidir. Bu sayede, kentin bilmediği veya fark etmediği çok katmanlılık mekânsallaştırarak bilinir hale getirilmiş ve kentin çok katmanlılığı kolektif bilinçte yer edinebilmiş olacaktır. Bu kapsamda, tarihsel katmanlaşmaya dair var olan veriyi yapılandırıp kullanılabilir mekânsal bilgiye dönüştürerek, başka kentliler ve karar vericiler olmak üzere, farklı paydaşların anlayabileceği ve erişebileceği bir CBS ortamı oluşturulmuş; bunun aynı zamanda koruma ve planlama sürecine yönelik bir karar destek sistemi olarak katkı sağlaması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, çok katmanlı bir kent olan Ankara'nın farklı dönemlerine ait verilerin bir araya getirilmesi, yapılandırılması, analiz edilmesi ve değerlendirilmesi için CBS tabanlı bir mekânsal bilgi yönetim sistemi oluşturulmuştur. Bu doğrultuda, farklı disiplinlerin günümüze dek oluşturmuş olduğu arkeolojik ve tarihsel veriler bir araya getirilerek Ankara'nın görünmeyen tarihsel derinliği görünür ve bilinir hale getirilmiş; bunun aracılığı ile de tarihsel katmanların kent ve kentli ile bütünleşmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Dolayısı ile uzamsal zekâ aracılığı ile bilgiden bilince, bilinçten de korumaya giden bir çerçeve çizilmiştir. Tarihi katmanlaşmayı ve çok katmanlı alanları tam olarak anlayabilmek için her bir dönemin mekânsal bileşenleri öz nitelik verileriyle birlikte katmanlar halinde oluşturulmuş; bunların bir araya gelmesiyle kentin plano-volümetrik planı elde edilmiştir (Bilgin 1996; Bilgin Altınöz 2002).

Tarihi katmanları CBS ortamında oluştururken, çeşitli araştırmalarda üretilen farklı haritalar coğrafi olarak referanslandırılmış ve dönemin bileşenlerini içeren mekânsal veri tabanı üretilmiştir. Kentin her tarihsel dönemi için CBS'de sayısallaştırılan bileşenler dönemi en iyi yansıtan ana yapılar, kentin ana ulaşım – dolaşım sistemi, ana açık – kamusal alanları, kentin sınırları (yerleşimin yayıldığı/sınırlandığı alan) olarak belirlenmiştir. “Plan-volümetrik” haritaların hazırlanması ve yapılarla ilişkin karmaşık bilgilerin depolanması ve görselleştirilmesine olanak sağlayan CBS ortamında tarihsel dönem bileşenleri için birçok öznitelik verisi işlenmiştir. Yapılar ve dönemsel kimlik alanları için adı, kategorisi, işlevi, dönemi, günümüzdeki varlık durumu, bilginin kaynağı, fiziksel ve işlevsel süreklilik düzeyleri, fiziksel, işlevsel, görsel, bilgisel bütünleşme düzeyleri öznitelik tablosuna işlenmiştir. Ana eksenler için adı, işlevi, dönemi, hiyerarşisi, günümüzdeki varlık durumu ve bilginin kaynağı öznitelik tablosuna işlenirken, ana açık alanlar için de adı, türü, dönemi, kategorisi, işlevi, günümüzdeki varlık durumu ve bilginin kaynağı işlenmiştir. Bütün tarihi dönemlerin bu bileşenleri mevcut kent ile üst üste çakıştırıldığında ve bütünleşme düzeyleri veri tabanına işlendiğinde, tarihsel süreklilik alanları, sürekliliğin bozulduğu alanlar, çok katmanlı kültürel miras alanları, kentin her dönemini en iyi yansıtan kimlik alanları ve bunların mevcut kent ile bütünleşme düzeyleri ortaya çıkarılmıştır.

Bu çalışmanın sonucunda Ankya'dan Ankara'ya çok katmanlı kentin tarihsel süreklilik içinde var olmuş farklı katmanlarına ilişkin verileri bir araya getiren, yapılandıran, ayrı ayrı çözümleyen, birbirleriyle ve günümüz kentiyle ilişkilerini değerlendiren bir mekânsal bilgi yönetim sistemi oluşturulmuştur. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, Ankara'nın kültürel miras alanlarının günümüz kenti ile bütünleşme durumu incelendiğinde, sonuçlar bu tarihsel derinliğin kent ve kentli ile yeterli düzeyde bütünleşemediği, dolayısı ile de kolektif bilinçte yer edemediğini göstermiştir. Mevcut durum göz önünde bulundurulduğunda, tarihsel katmanlaşmaya ilişkin mekânsal bilginin eksikliği nedeniyle kentin ve kentlilerin bu çok katmanlı karakterin farkındalığından yoksun olduğu ortaya çıkmıştır. Fiziksel olarak kültürel miras alanlarının erişilebilirliği ve işlevsellikleri, günümüz kentiyle bütünleşmesi için çok önemlidir. Fakat, çoğu kültürel miras alanının erişimindeki kısıtlar veya işlevlerin kentin yalnızca kısıtlı bir bölümünü kapsamaması gibi sebeplerle kent ve kentinin büyük bir bölümünden kopmuş durumda oldukları saptanmıştır. Ayrıca, kültürel miras alanlarının görünürlüğü ve algılanabilirlikleri de görsel bütünleşme açısından önem taşımaktadır. Görünürlüğü engelleyen unsurların varlığı, miras alanlarının algılanmaması, görünememesi ve giderek kentsel dokudan izole bir biçimde kalarak korunamamalarına da sebep olmaktadır. Farklı tarihsel dönemlerin kimlik alanlarının büyük bir bölümü bütünleşme açısından yukarıda belirtilen problemleri yaşamakta ve bu da kültürel mirasın sürdürülebilirliğine tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle, bu çalışma kapsamında CBS ortamında oluşturulmuş olan Ankara tarihi mekânsal veri seti ve bütünleşme dereceleri, kültürel mirası koruma konusundaki karar vericiler için önemli bir mekânsal karar destek sistemi olma potansiyeline sahip olup, mekânsal planlar için bir girdi sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler

Mekânsal Karar Destek Sistemleri, Mekânsal Planlama, Mekânsal Bilgi, Kültürel Miras, Bütünleşme, Ankara

Kaynaklar

Aydın, S., Emiroğlu, K., Türkoğlu, Ö. & Özsoy, E. D. (2005). Küçük Asya'nın bin yüzü: Ankara. Dost Kitabevi Yayınları. Ankara.

- Bilgin A. G. (1996). Urban archaeology: As the basis for the studies on the future of the town case study: Bergama. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Architecture- Restoration, Middle East Technical University, Ankara.
- Bilgin Altınöz, A. G. (2002). Assessment of historical stratification in multilayered towns as a support for conservation decision-making process; A geographic information systems (GIS) based approach case study: Bergama. Unpublished PhD Dissertation, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Architecture- Restoration, Middle East Technical University, Ankara.
- Bilgin Altınöz, A. G. (2003). 'Utilizing GIS for the Assessment of Historical Stratification in Bergama (Pergamon) as a Support for Conservation Decision-Making Process', in M. O. Altan (ed.), Proceedings of the XIXth International Symposium, CIPA 2003: New Perspectives to Save the Cultural Heritage, Antalya (Turkey), 30 September-04 October 2003, *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences Volume XXXIV, Part 5/C15*, İstanbul: CIPA - The ICOMOS/ISPRS Committee for Documentation of Cultural Heritage, 650-655.
- Bilgin Altınöz, A. G. (2021). Çok katmanlı kentteki tarihsel katmanlaşmayı çözümlemek: kent arkeolojisi. In A. U. Peker & N. Ş. Güçhan (Eds), *Topluma adanmış bir yaşam... Prof. Dr. Ömür Bakirer armağanı* (1st ed., pp. 107-123). ODTÜ Basım İşliği.
- Üstün, Z. B. (2024). Assessing the Integrity of the Historic Layers of a Multi-layered Settlement to the Current Urban Context: The Case of Ankara. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Architecture- Conservation of Cultural Heritage, Middle East Technical University, Ankara.
- Zancheti, S. M. & Jokilehto, J. (1997). Values and urban conservation planning: Some reflections on principles and definitions. *Journal of Architectural Conservation*, 3(1), 37-51. <https://doi.org/10.1080/13556207.1997.10785179>

Mekân | İnsan | Hafıza: Bozcaada'nın Kültürel Mirasının CBS Aracılığı ile Bütünleşik Korunması

A. Gökhan, B.I. Akti, B. Kocadağ, E. Kabakuşak, E. E. Aldemir, S.Z. İmran, G. Okumuş, S. C. Ekici Üner, Ö. Özçakır, A.G. Bilgin Altınöz*

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Kültürel Mirası Koruma Lisansüstü Programı, 06800, Ankara.

Genişletilmiş Özet

Bozcaada, eski adıyla Tenedos, tarih boyunca Türk ve Rum nüfusun bir arada yaşamış olduğu büyük bir yerleşik adadır. Her ne kadar çeşitli nedenlere bağlı olarak 1960'lardan itibaren adanın Rum nüfusu giderek azalmış ve günümüzde çok az sayıda adalı Rumlar kalmış olsa da yerleşimin dokusunda, mimarisinde ve geleneklerinde her iki kültürün de izleri hala görülmektedir. Tarih boyunca bağcılık, şarapçılık, balıkçılık gibi yerel üretime bağlı bir ekonomisi ve yaşantısı olan Bozcaada, kendine özgü doğasıyla, yerleşim dokusuyla, mimarisıyla ve sosyo-kültürel yapısıyla 2000'li yıllarda kitlesel turizm için bir çekim noktası haline gelmiş; bunun sonucunda yerel üretim giderek azalırken turizm başlıca gelir kaynağı olarak görülmeye başlanmıştır. Bunun sonucu olarak Ada'nın mimari, ekonomik, sosyal ve demografik yapısı da değişmeye başlamıştır. Bölgenin yerel halkının yaşantısı ile burada artan kitlesel turizm aktiviteleri arasındaki uyumsuzluk Adalıların günlük yaşantısında değişime sebep olmuş; tarihi kent dokusunda çeşitli sorunlara yol açmıştır. Bu değişim sürecinde yerel halk Adayı terk etmiş; Adanın mimari karakterini oluşturan birçok tarihi yapı yıkılmış ve tarihi yapıları taklit ederek inşa edilen yeni yapıların çok fazla artmasıyla birlikte Adanın tarihi kent merkezi özgünlüğünü ve gerçekliğini yitirmeye başlamıştır. Bundan dolayı, geçmişten günümüze Bozcaada'yı doğru anlamak ve geleceğe yönelik sürdürülebilir koruma kararları geliştirebilmek için farklı ölçeklerde adanın doğal, fiziksel ve sosyal bağlamlarını, bu bağlamlar arasındaki ilişkiyi ve bu bağlamların adanın kültürel yapısı ile nasıl bütünleştiğini incelemek gerekir.

Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kültürel Mirası Koruma Yüksek Lisans Programı kapsamında Kentsel Korumada Planlama ve Tasarım Stüdyosu tarafından Bozcaada'nın tarihi ve kültürel değerlerinin korunması ve sürdürülmesi için şehir planlama, mimarlık ve tarih gibi farklı bilim dallarından uzmanların katkısıyla disiplinler arası bir çalışma yürütülmüştür. Yürütülen çalışmada, yerleşim fiziki ve mekânsal özelliklerinin, tarihsel verilerin ve adanın sosyo-kültürel yapısının bir arada saptanması ve değerlendirilmesi önemsenmiştir. Bu doğrultuda, yerel halkın sürece katılması önceliklendirilmiş; katılımcı koruma yaklaşımının benimsendiği projede uzmanlık ve yerel bilginin iş birliği sağlanmıştır. Farklı veri türlerinin tek bir veritabanında bir araya getirilmesi ve bu verilerin derinlemesine analiz edilebilmesi için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılmıştır.

Proje; saha çalışması öncesi, sırası ve sonrası olmak üzere üç aşamadan oluşmuştur. Saha çalışması öncesinde Bozcaada ile ilgili literatür taraması ve arşiv araştırması yapılmıştır. Ada ile ilgili yazılı ve görsel kaynaklara ulaşılmış, Adanın konumu ve ulaşım ağıyla birlikte yerin doğal, tarihsel, güncel ve gelecek bağlamları irdelenmiştir. Saha çalışması süresince çok disiplinli bir yaklaşımla fiziksel dokunun çözülmesine katkıda bulunulmuş, ada bütünü ve yerleşim alanı ölçeklerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Tarihi konut dokusu, yapım tekniği ve malzeme kullanımı, yapısal durum, sokak elemanları, döşeme karakteri, yaya-arac dolaşımı ve buluşma noktaları, sokağa bakan cephelerin karakteri gibi açık/kapalı alan özelliklerinin detaylı kaydı tutulmuş ve bu veriler CBS üzerinden işlenmiştir.

Açık ve kapalı alanların özellikleri ile birlikte Bozcaada'nın sosyal yapısını anlamaya yönelik çalışmalar da yapılmıştır. İnsan-mekân-doğa ilişkisi, üretim, Adalıların özel anlam atfettiği mekânlar, ritüeller, değerler, sorunlar, geleceğe dair görüşler ile ilgili veri toplamak amacıyla yerel halkla derinlemesine görüşmeler yapılmış; yerel halk, uzmanlar ve yöneticilerle odak grup çalışmaları yürütülmüştür. Odak grup görüşmelerinde katılımcıların yaşları dikkate alınarak adaya dair deneyimleri tartışılırken bireysel röportajlarda özel olarak kişilerin ada ile bağlantıları irdelenmiştir. Bahsedilen bilgi aktarımını kolaylaştırmak amacıyla, bireysel röportajlar için çeşitli anket formları hazırlanmıştır. Anket soruları öncelikli olarak kişinin adada ikamet etmesi veya ticari faaliyetlerde bulunması ile birlikte röportaj yapılan kişinin farklı etnik kökenlerden olup olmadığına göre belirlenmiştir. Bu görüşmeler yerel halkın adayı nasıl tanımladığı ve adadaki temel sorunların neler olduğu konusunda veriler sunmuştur. Ayrıca Bozcaada halkının hem adanın tarihi ve kültürel değerlerine bakış açısı hem de turizmin ada üzerindeki etkilerine yönelik düşünceleri detaylı bir şekilde toplanmıştır. Saha çalışması sonrasında ise elde edilen veriler CBS aracılığıyla haritalanmış ve CBS Bozcaada'nın dokusunu koruyan ve tehdit eden unsurların detaylı bir şekilde tespit edilmesine ve mevcut sorunların görülmesine katkı sağlamıştır. Böylece, projede temel araç olarak kullanılan CBS adanın hem fiziksel hem de sosyal olarak çok boyutluluğunun anlaşılmasında kilit rol oynamıştır. Bozcaada'nın geleneksel dokusu giderek artan turizm baskısı altında değişime uğrarken, halkın bu süreçteki deneyimleri, CBS verileri ile desteklenerek kapsamlı bir değerlendirme yapılmış; ada ile ilgili kararlar geliştirilmiştir.

CBS, Bozcaada'nın anlaşılmasına, değerlendirilmesine ve geleceği için karar geliştirilmesine olanak sağlarken veri tabanındaki mevcut veriler üzerine yeni bilgilerin eklenmesi de mümkündür. Böylece, veri tabanı düzenli kullanılarak geniş bir zaman dilimini kapsayan, oldukça detaylı bir kaydın elde edilebilmesi ve gelecek kuşaklara aktarılması mümkün hale gelmiştir. Elde edilen bu detaylı kaydın gelecek nesillere ulaşması, projenin sonuç ürünlerinin yerel halk ve yerel otorite birimleri ile paylaşılması ile sağlanmıştır. Proje sonuç ürünlerinin açık erişimde olması bu bilgi paylaşımını kolaylaştırmaktadır. Bilgi paylaşımıyla adanın doğal, fiziksel, sosyal gibi farklı

* Sorumlu Yazar: Tel: (0532) 2447009

E-posta: bilginaltinnoz@gmail.com

bağlamlarda ortaya çıkarılan değerleri yerele aktarılmıştır. Değerlerin aktarımı ile halk arasında adaya dair farkındalığı arttırmak hedeflenmektedir.

Sonuç olarak, kültürel mirası koruma prensipleri dahilindeki bellek aktarımı yazılı, görsel ve sözel olarak CBS veri tabanı ile sağlanabilmekte; devam eden bir süreç olan bilgi edinimi ve paylaşımı CBS ile desteklenmektedir. Ayrıca yaşayan bir arşiv olarak tanımlanan çalışmada yerelin katkıda bulunması elzemdir. Yerel halk ve yerel yöneticilerle iş birliği içinde, Bozcaada'nın doğal, sosyal ve fiziksel bileşenlerine dair veriler CBS ortamında bir araya getirilerek ilişkisel olarak değerlendirilmiş; bütüncül ve kamu yararını gözetten bir koruma yaklaşımın önerilmesi mümkün olmuştur. Ortaklıkla sürdürülen bu çalışmanın sonuçları ada halkıyla paylaşılmış ve bu sayede Bozcaada'nın çok boyutlu kültürel mirasına yönelik farkındalık yaratılmasına ve kolektif bilincin güçlendirilmesine katkıda bulunulmaya çalışılmıştır. Sunulan projenin çok disiplinli doğası gereği gelecekte yapılacak çalışmalarda farklı disiplinlerin de sürece dahil olmasının çeşitliliği arttıracak ve iş birliğini güçlendireceği öngörülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Mekânsal Bilgi/Bilişim, Mekânsal Planlama, Mekânsal Büyük Verinin Görselleştirilmesi, Mekânsal Biliş, Kültürel Miras, Yaşayan Arşiv, Mekânsal Analiz

Kaynaklar

GÖKHAN A., AKIN A., AKTİ B.I., AY B., KOCADAĞ B., KABAKUŞAK E., ALDEMİR E. E., YİĞİT O., BYRNES M., İMRAN S.Z., OKUMUŞ G., EKİCİ ÜNER S. C., ÖZÇAKIR Ö., BİLGİN ALTINÖZ A.G. (2024). *Bozcaada: Conservation, Management & Sustainable Development of a Heritage Place* (Yayınlanmamış Lisansüstü Stüdyo Projesi ve Raporu (321 sayfa)), ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık EABD Kültürel Mirası Koruma Lisansüstü Programı, CONS 507 Planning and Design in Urban Conservation, 2023 - 2024 Güz Dönemi, Ankara.

Kapalı Alan Navigasyon Sistemlerinde İnovatif Pozisyonlama ve Rotalama Yöntemleri: iNavi örneği

Ceren Özcan Tatar^{1,2*}, Ozan Kıvanç², Mehmet Küçükpehlivan², Yalçın Özdemir²

¹Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri A.B.D., Eskişehir, Türkiye

²Başarsoft Bilgi Teknolojileri A.Ş., 06520, Ankara, Türkiye.

Genişletilmiş Özet

Bu çalışmanın amacı, kapalı alan navigasyon sistemlerinde kullanıcı deneyimini iyileştirmek ve konum belirleme doğruluğunu artırmak için Historical-RBF algoritmasını geliştirmektir. Kapalı alan navigasyonu, özellikle karmaşık ve dinamik ortamlarda, kullanıcıların doğru yönlendirme almasını ve hedeflerine ulaşmasını sağlamak için kritik öneme sahiptir. Geleneksel konumlandırma sistemleri, genellikle GPS gibi dış mekan sistemlerine bağımlı olduğundan, kapalı alanlarda bu sistemlerin etkinliği büyük ölçüde azalır. Bu bağlamda, iNavi, kullanıcıların iç mekanlarda 1 metre hassasiyetle konumlarını belirlemelerine olanak tanıyan yenilikçi bir mobil uygulama olarak tanımlanmaktadır. Uygulama, kullanıcıların hedeflerine ulaşmalarını kolaylaştırmak için çeşitli teknolojileri bir araya getirerek, navigasyon süreçlerini daha kullanıcı dostu hale getirmeyi amaçlamaktadır.

Çalışmada, manyetik alan örüntüleri, Wi-Fi ve BLE (Bluetooth Low Energy) sinyalleri gibi çeşitli veri kaynakları entegre edilerek, kapalı alanlarda hassas ve etkili pozisyonlama sağlanması hedeflenmiştir. Bu tür bir yaklaşım, kullanıcıların iç mekanlarda doğru yönlendirme alabilmeleri için gerekli olan konum belirleme sistemlerinin etkinliğini artırmaktadır. Uygulama, kullanıcı dostu arayüzü ve etkileşimli özellikleri ile dikkat çekmektedir. Kullanıcılar, uygulama aracılığıyla belirledikleri hedeflere ulaşmak için sesli ve yazılı yönlendirmeler alarak yönlendirilmekte ve bu sayede navigasyon deneyimleri artırılmaktadır. Ayrıca, uygulama, kullanıcıların konum bilgilerini görüntülemelerine ve farklı yapıların verilerine erişmelerine olanak tanımaktadır. iNavi, kullanıcıların yönlendirilmesi sırasında sunduğu çeşitli özellikleri ile, hem genel kullanıcılar hem de engelli bireyler için özel çözümler sunarak, kapalı alan navigasyonu alanında önemli bir adım atmaktadır.

iNavi'nin en önemli avantajlarından biri, Historical-RBF algoritmasının sunduğu yenilikçi yaklaşımıdır. Bu algoritma, geçmiş pozisyonlama sonuçlarını dikkate alarak mevcut konum bilgilerini optimize etmekte ve anlık sinyal bozulmalarından daha az etkilenecek daha güvenilir sonuçlar elde edilmesine yardımcı olmaktadır. Historical-RBF algoritması, kapalı alanlarda sıklıkla karşılaşılan sinyal parazitleri ve çoklu yol etkileri gibi zorlukları minimize etme potansiyeline sahiptir. Bu özellik, kullanıcıların daha doğru ve istikrarlı bir navigasyon deneyimi yaşamalarını sağlamaktadır. Uygulamanın sunduğu 3D görselleştirme ve modelleme özellikleri, kullanıcıların mekanları daha iyi anlamalarına yardımcı olurken, konum bazlı bildirim ve kullanıcı aksiyonlarının tespiti gibi etkileşimli özellikler, kullanıcı deneyimini zenginleştirmektedir.

Uygulamanın sunduğu offline çalışma yeteneği, internet bağlantısının olmadığı durumlarda dahi kullanıcıların yönlendirilmesine olanak tanımaktadır. Bu özellik, özellikle büyük binalar ve kampüslerde, kullanıcıların navigasyon süreçlerini kolaylaştıracak ve erişilebilirliği artıracaktır. Ayrıca, kiosk ekranlarından mobil cihazlara QR kod ile konum ve rota paylaşımı gibi pratik özellikler, kullanıcıların navigasyon süreçlerini daha da kolaylaştırmaktadır. Uygulama, sadece genel kullanıcılar için değil, aynı zamanda engelli bireyler için de özel olarak tasarlanmış özellikler sunarak, kapalı alan navigasyonu alanında önemli bir adım atmaktadır.

Literatürde, kapalı alan navigasyonunun zorlukları ve mevcut sistemlerin sınırlamaları sıklıkla vurgulanmaktadır. Örneğin, Alarifi ve arkadaşları (2016), kapalı alan konumlandırmasının doğruluğu ve hassasiyetinin kritik öneme sahip olduğunu belirtmektedir. Bu bağlamda, iNavi'nin geliştirdiği çözümler, bu zorlukları aşmaya yönelik önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir. Gang ve Pyun (2019), hibrit konumlandırma teknolojilerinin doğruluğu ve güvenilirliği artırma potansiyelini tartışırken, iNavi'nin sunduğu hibrit pozisyonlama yaklaşımının bu hedeflere ulaşmada önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Ayrıca, Nayagam ve arkadaşlarının (2023) çalışmaları, gelişmiş algoritmaların kapalı alan navigasyonunda etkinliğini ortaya koymakta ve iNavi'nin kullandığı Historical-RBF algoritmasının benzer bir potansiyele sahip olduğunu desteklemektedir.

Kullanıcıların iç mekanlarda doğru yönlendirme alabilmeleri için gerekli olan konum belirleme sistemleri, genellikle karmaşık yapıların ve dinamik ortamların etkisi altında çalışmaktadır. Bu nedenle, iNavi'nin sunduğu hibrit pozisyonlama teknolojileri, farklı veri kaynaklarını bir araya getirerek, kullanıcıların konumlarını daha doğru bir şekilde belirlemelerine olanak tanımaktadır. Bu tür bir yaklaşım, kapalı alan navigasyon sistemlerinin etkinliğini artırmakta ve kullanıcıların ihtiyaçlarına daha iyi yanıt vermektedir. Uygulamanın sunduğu çoklu dil desteği ve otomatik kat tespiti gibi özellikler, farklı kullanıcı gruplarının ihtiyaçlarını karşılamakta ve uygulamanın erişilebilirliğini artırmaktadır.

iNavi, kullanıcıların kapalı alanlarda navigasyon süreçlerini daha etkin bir şekilde yönetmelerine olanak tanıırken, aynı zamanda kullanıcı deneyimini de geliştirmektedir. Kullanıcıların uygulama aracılığıyla belirledikleri hedeflere ulaşmaları için sesli ve yazılı yönlendirmeler sunulması, kullanıcıların navigasyon süreçlerini daha akıcı hale getirmektedir. Ayrıca, uygulama, kullanıcıların konum bilgilerini görüntülemelerine ve farklı yapıların verilerine erişmelerine olanak

* Sorumlu Yazar: Tel: (312) 473 70 80 Faks: (312) 473 91 80

E-posta: ceren_ozcan@ogr.eskisehir.edu.tr, ceren.ozcan@basarsoft.com.tr (Ceren Özcan Tatar), ozan.kivanc@basarsoft.com.tr (Ozan Kıvanç), mehmet.kucukpehlivan@basarsoft.com.tr (Mehmet Küçükpehlivan), yozdemir@basarsoft.com.tr (Yalçın Özdemir).

tanımlanmaktadır. Bu bağlamda, iNavi'nin sunduğu çeşitli özellikler, hem genel kullanıcılar hem de engelli bireyler için önemli bir katkı sağlamaktadır.

iNavi, kapalı alan navigasyonunda sunduğu kapsamlı ve yenilikçi özellikler ile önemli bir rekabet avantajı elde etmektedir. Uygulamanın hibrit pozisyonlama yetenekleri, kullanıcıların doğru ve güvenilir bir navigasyon deneyimi yaşamasını sağlarken, Historical-RBF algoritmasının sağladığı avantajlar, pozisyonlama doğruluğunu artırmakta ve kullanıcı deneyimini iyileştirmektedir. Kullanıcı dostu tasarımı ve çoklu özellikleri, geniş bir kullanıcı kitlesine hitap etmektedir. iNavi, kapalı alan navigasyon sistemleri alanında, akademik ve pratik uygulamalara değerli katkılar sunarak, gelecekteki gelişmelere yön verecek bir platform olarak öne çıkmaktadır.

Bu bağlamda, kapalı alan navigasyon sistemlerinin sürekli gelişim ve yenilikçilik anlayışı ile daha etkili ve kullanıcı dostu çözümler sunması mümkün olacaktır. iNavi'nin sağladığı bu yenilikçi çözümler, kapalı alan navigasyon sistemlerinin gelecekteki gelişmelerine ışık tutmakta ve bu alandaki ihtiyaçları karşılamak için önemli bir temel oluşturmaktadır. Kullanıcıların deneyimlerini iyileştirmek ve konum belirleme doğruluğunu artırmak için yapılan bu çalışmalar, kapalı alan navigasyon sistemlerinin daha geniş bir kullanıcı kitlesine ulaşmasını sağlayacak ve sektördeki rekabet gücünü artıracaktır.

Ayrıca, iNavi'nin sunduğu engellilere özel rotalama çözümleri, erişilebilirlik açısından önemli bir katkı sağlamaktadır. Uygulama, kullanıcılara sesli yönlendirmeler sunarak, engelli bireylerin kapalı alanlarda daha bağımsız bir şekilde hareket etmelerine olanak tanımaktadır. Bu özellik, kapalı alan navigasyonu alanında önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir. Kullanıcıların ihtiyaçlarına göre özelleştirilmiş rotalama çözümleri ve öneriler sunmak, iNavi'nin kullanıcı etkileşimini artırabilir. Kullanıcı geri bildirimleri ile sürekli iyileştirme sağlanması, uygulamanın kullanıcı deneyimini daha da geliştirebilir.

iNavi, kapalı alan navigasyon sistemleri alanında sunduğu yenilikçi çözümlerle dikkat çekmektedir. Uygulama, kullanıcıların iç mekanlarda 1 metre hassasiyetle konumlarını belirlemelerine ve hedeflerine ulaşmalarına olanak tanıyan hibrit pozisyonlama teknolojilerini bir arada kullanmaktadır. BLE, Wi-Fi ve manyetik alan verilerini entegre eden iNavi, kullanıcı dostu arayüzü sayesinde kolay bir navigasyon deneyimi sunmaktadır. Ayrıca, offline çalışma yeteneği, çoklu dil desteği ve otomatik kat tespiti gibi özellikler, iNavi'yi diğer rakiplerinden ayıran önemli unsurlardır.

Kapalı alan navigasyon teknolojilerindeki ilerlemelere rağmen, yaygın benimseme ve standardizasyon sağlama konusunda zorluklar devam etmektedir. Brena ve arkadaşlarının vurguladığı gibi, şu anda kapalı alan konumlandırma sistemleri için evrensel olarak kabul edilen bir standart yoktur, bu da bu teknolojilerin farklı ortamlarda geliştirilmesini ve uygulanmasını karmaşık hale getirmektedir. Araştırmacılar ve geliştiriciler için yüksek doğruluğu korurken donanım gereksinimlerini en aza indiren maliyet etkin çözümlere olan ihtiyaç da önemli bir husustur.

iNavi, kapalı alan navigasyon sistemleri alanında sunduğu yenilikçi çözümlerle dikkat çekmektedir. Uygulama, kullanıcıların iç mekanlarda 1 metre hassasiyetle konumlarını belirlemelerine ve hedeflerine ulaşmalarına olanak tanıyan hibrit pozisyonlama teknolojilerini bir arada kullanmaktadır. Uygulama, kullanıcıların hedeflerine ulaşmalarını kolaylaştırmak için çeşitli teknolojileri bir araya getirerek, navigasyon süreçlerini daha kullanıcı dostu hale getirmeyi amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler

Kapalı Alan Navigasyon, Kapalı Alan Konum Belirleme, Historical-RBF Algoritması, Konum Temelli Hizmetler (LBS), Pozisyonlama

4D Web Uygulaması ile Sensör Verilerinin Görüntülenmesi

Emre Tunca^{1*}, Recai Alper Emek²

¹ Netcad Yazılım A.Ş., Projeler Müdürlüğü, Proje Yöneticisi, 34730, İstanbul.

²Netcad Yazılım A.Ş., Teknoloji Çözümleri Müdürlüğü, Teknoloji Çözümleri Yöneticisi, 34730, İstanbul

Geniştirilmiş Özet

Bu çalışmada mekânsal veriler görselleştirilerek web ortamına aktarılmakta ve geleneksel, yarı akıllı sensörler akıllandırılmaktadır. Geleneksel sensörlerde veriler kullanıcılar tarafından iletilmektedir. Veri aktarımında bir aracının olması zaman ve maliyeti olumsuz etkilemektedir. Sisteme verilerin dolaylı olarak girişi veri güvenilirliği anlamında şüphe taşımaktadır. Web uygulamasında verilerin görüntülenmesi, yaşanacak herhangi bir problemin hızlı ve doğrudan müdahalesini sağlar. Web uygulaması; standartlaşmış programların aksine, ihtiyaca göre düzenlenebilmekte ve kuruma özgü bir yapı sunabilmektedir.

4D web uygulaması, alandaki sadece geleneksel sensörlerin akıllandırılmasının yanı sıra; yarı akıllı sensörleri de akıllandırıp sensörler ile mekân arasında konumsal ilişki kurulmasını sağlamaktadır. Geleneksel sensörlerin web ortamında akıllandırılması yeni maliyetlerin önüne geçmektedir. Hizmet verilecek mekâna daha pratik ve maliyeti düşük bir çözüm sunmaktadır. Konumsal ilişkinin kurulması da coğrafi bilgi sistemlerinin gücünü kullanabilmeye olanak sağlamaktadır. Web uygulaması geçmiş ve güncel veriyi bir arada sunar. Verilerin bir arada görüntülenmesi karşılaştırma yapmayı sağlamaktadır. Örn. İş merkezindeki ofislerin sıcaklık değerleri ya da bir ofisin sıcaklığı, nemi vb.

Proje; iş merkezinin ofislerindeki sensörlerden gelen verileri gerçek zamanlı olarak işler ve görselleştirilmesi üzerine odaklanır. İş merkezinde toplam 51 adet ofis bulunmaktadır. Her ofiste nem, ışık, hareket, CO2 (Karbon dioksit) ve sıcaklık sensörleri yer alır. Sensörler farklı frekanslarda veri üretirken belleklerinde CSV (Comma Separated Values) formatında değerler tutmaktadır. Proje; CSV formatındaki değerlerin veri mühendisliği ile düzenlenerek okunabilir hale getirilmesi ve web uygulamasına aktararak görüntülenmesidir. Sensörlerden gelen verilerin anlık takip edilmesi, verilerin işlenebilir hale getirilmesi ve mekânın görsel çıktısının alınarak verilerin yorumlanması çalışmanın amacıdır.

Projenin kapsamında çıktı ürünün üretilmesi için multidisipliner mühendislik yaklaşımları kullanıldı. Web uygulamasına sensör verileri; harita mühendisliği, yazılım ve veri mühendisliği disiplinleri ile aktararak görüntülendi. Web uygulamasına aktararak görüntülenmesi harita mühendisliği, yazılım mühendisliği ve veri mühendisliği disiplinleri ile yürütüldü. Harita mühendisliği; üç boyutlu modelin oluşturulmasında analitik geometri modelleme temellerini kullandı. Web tabanlı ortamın hayata geçirilmesinde yazılım mühendisliğinden yararlanırken veri mühendisliği ise geleneksel sensör verilerinin işlenebilir hale getirilmesi ve görselleştirilmesine katkı sağladı. Modellemenin geliştirilmesi için mimari disiplinden, mobil platforma taşınabilmesi için yazılım geliştirme biriminden, modellemenin fiziki yapıya aktarımı ve farklı sensör verilerinin keşfedilmesi adına makine mühendisliğinden yararlanılabilir.

Projenin ilk aşamasında; sensörlerden gelen veriler Python ortamında bir araya getirildi. Sensörlerin aynı frekansta veri üretmemesi nedeniyle, sensörlerden elde edilen verilerin dakika bazlı ortalamaları alınarak verinin hafifletilmesi ve sensörlerin frekanslarının eşitlenmesi sağlandı. Hazırlanan veriler, Parquet formatında dosyaya yazdırıldı. Parquet formatı, büyük veri setleri için optimize edilmiş bir format olup hem depolama verimliliği hem de okuma performansı açısından avantaj sağlar. Verilerin Parquet formatında kaydedilmesi okuma performansını artırmak amacıyla kullanıldı. Veri seti; “room_id, time, co2, humidity, pir, temp, light” kolonlarını içeren bir tablo olarak düzenlendi.

Sensörlerden gelen verilerin canlı ortamda akışını sağlamak için bir data generator uygulaması kullanıldı. Bu uygulama, Parquet uzantılı dosyayı dakika bazlı okuyarak Kafka'da ilgili topic'e veri göndermektedir. Kafka, büyük veri akışlarını yönetmek için güçlü bir platformdur ve bu aşama, projenin gerçek zamanlı veri işleme ihtiyacını karşılamaktadır.

Bu aşamada, veri akışının güvenilirliği ve sürekliliği sağlamak için çeşitli optimizasyonlar gerçekleştirildi. Veri boyutu küçültüldü. Veri okuma performansının iyileştirildiği bir formatta yazıldı. Farklı frekanslardaki sensör verilerinin boyutu küçültüldü ve aynı frekansa getirilerek dakika bazlı ele alındı.

Kafka'da iletilen veriler, Spark kullanılarak bir Python uygulaması tarafından alınarak Elasticsearch ortamına yazıldı. Elasticsearch, büyük veri setlerini hızlı bir şekilde aramak ve analiz etmek için etkili bir NoSQL(Not Only Structured Query Language) veri tabanı ve arama motorudur. Bu adım, verilerin hızlı bir şekilde depolanması ve analizi için kritik öneme sahiptir. Bu aşamada, verilerin indekslenmesi süreci, sorgulama performansını artırmak için optimize edildi.

Elasticsearch'un sunduğu arama yetenekleri, kullanıcıların büyük veri setlerinde hızlı ve etkili bir şekilde bilgi bulmasını kolaylaştırmaktadır. Verilerin Elasticsearch ortamına yazılması, verilerin sorgulanabilir ve analiz

edilebilir hale gelmesini sağlamaktadır. Ayrıca Elasticsearch rest API'si ile farklı platformlar ile entegrasyon hızlı şekilde sağlanabilmektedir.

Elasticsearch ortamına gelen veriler, Kibana ile hazırlanan dashboardlar aracılığıyla görselleştirildi. Kibana, Elasticsearch ile bütünleşmiş çalışan bir veri görselleştirme aracıdır ve kullanıcıların veri setlerini dinamik bir şekilde analiz etmelerine olanak tanır. Canlı veri akışı sayesinde, Kibana ortamında sergilenen dashboardlar anlık verilere tepki verebilmekte ve kullanıcıların bu verileri dinamik bir şekilde görüntülemelerine olanak tanımaktadır. Ofislerin 3D olarak web ortamında görselleştirilmesi yapıldı. **Three.js** kütüphanesi kullanılarak oluşturulan arayüzde, 3D olarak bina ve ofisler görüntülenmektedir. Geliştirilen bu ortamda uygulama, odalara ait sensör verilerini Elasticsearch API'lerini(Application Programming Interface) kullanarak kullanıcı arayüzüne getirmektedir. Seçilen sensör bilgisine göre 3D arayüzde tematik olarak verilere ulaşılabilir. Kullanıcılar ilgili ofisi seçebilir ve tüm sensör değerlerini elde edebilir. Sensör verilerinden Elasticsearch veri tabanına sürekli olarak veri akışı gerçekleştiğinden ve uygulama API üzerinden her seferinde güncel verileri aldığından kullanıcılar her zaman güncel veriye ulaşabilmektedir. Ekrandaki zaman çubuğu ile seçtiği dakikanın verilerini anlık olarak görüntüleyebilir. Bu aşama, projenin 4D olarak tanımlanmasını sağlamaktadır.

Çalışma; verileri web ortamında sunmakta ve yetkililerin verileri düzenlemesine izin vermektedir. Toplum ve karar vericilerin ilerleyen zamanlarda mobil uygulamadan yararlanması öngörülmektedir. Bilgi paylaşımının içeriği ve yetkisi ihtiyaç duyulan alana göre özelleştirilebilir.

Çalışmada; geleneksel sensör verilerinin akıllandırılarak web ortamına aktarılabilmesi ve büyük veri ile çalışılabilmesi bulundu. Verilerin web ortamında görüntülenmesi analiz açısından hız ve kolaylık sağlayarak maliyetleri düşürmektedir. Geleneksel sensör verilerinin web uygulamasında dört boyutlu bir şekilde görüntülenebileceği elde edildi. Aynı anda birden fazla veri ile farklı mekanların karşılaştırılmasına ve aynı mekânın çeşitli kategorilerinin birlikte değerlendirilmesine imkân tanındı.

Proje, sensör verilerinin gerçek zamanlı olarak işlenmesi ve görselleştirilmesine odaklanan yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Kullanıcıların anlık verilere erişim sağlamasını ve bunları görselleştirerek daha iyi analiz etmelerini mümkün kılmaktadır. Ayrıca, 4D web uygulaması ile interaktif bir kullanıcı deneyimi sunulmakta ve verilerin daha etkili bir şekilde analiz edilmesine yardımcı olmaktadır.

Proje, veri mühendisliği ve 4D görselleştirme arasındaki bağı göstermektedir. Çalışma, gelecekte benzer projelerde referans alınabilecek bir model oluşturmakta ve akıllı bina uygulamaları için bir temel oluşturmaktadır. 4D web uygulaması ile sensör verilerinin görüntülenmesi; kullanıcılara zaman ve mekân bağlamında zengin bir veri deneyimi sunarak analitik süreçlerini kolaylaştırmaktadır. Proje coğrafi bilgi sistemleri alanında olduğundan farklı karar destek süreçlerine entegre bir şekilde kaynak sağlayabilmektedir.

Görselleştirme sürecinde, kullanıcıların ihtiyaçlarına göre özelleştirilebilen çeşitli grafikler ve tablolar mevcuttur. Bu grafikler, sensör verilerinin zaman içindeki değişimini izlemek ve anlamlandırmak için kritik öneme sahiptir. Dashboardlarda kullanıcı dostu bir arayüz sağlanmaktadır. Kullanıcıların verilere erişimi kolaylaştırılmakta ve hızlandırılmaktadır.

Sistem, sensörlerden elde edilen verilerin analiz edilememesi ve görselleştirilememesi gibi sorunlarla karşı karşıyadır. Fakat uygulama, veri kaybını önlemek için hata kontrol mekanizmaları içerdiğinden verilerin doğru bir şekilde aktarılmasını sağlamaktadır. Ayrıca, sistemin esnekliği ve ölçeklenebilirliği, gelecekte ek sensörlerin entegrasyonunu kolaylaştırmaktadır.

Uygulama büyük veri olarak kabul edilen ve bir milyondan fazla satır içeren veri setinin işlenmesini kolaylaştırmaktadır. Veri setinin büyük olması, geleneksel dosya okuma ve veri tabanı yöntemlerinin bu verilerle başa çıkmasını zorlaştırmaktadır. Ancak verilerin işlenmesi, büyük veri analizinin bir parçasıdır ve bu proje, büyük verinin nasıl yönetileceği ve analiz edileceği konularında yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Sensörlerin akıllı olmaması, veri mühendisliğinin önemini artırmaktadır. İşlenebilir hale getirilen bu veriler, daha sonra çeşitli analizler ve görselleştirmeler için kullanılacaktır.

Anahtar Kelimeler

Zamansal Mekânsal Analiz, NoSQL Veri tabanları ve Mekânsal Veri ,3B Mekânsal Veri Görselleştirilmesi, Çoklu Sensörlü Sistemler, Yapı Bilgi Modellemesi (BIM)

Yapı Bilgi Modelinin Görselleştirilmesi: Mekansal Gösterge Paneli

Koray Aksu *, A. Arif Aşıroğlu , A. Furkan Terzi , Ayşenur Koçyiğit, Hande Demirel

İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul.

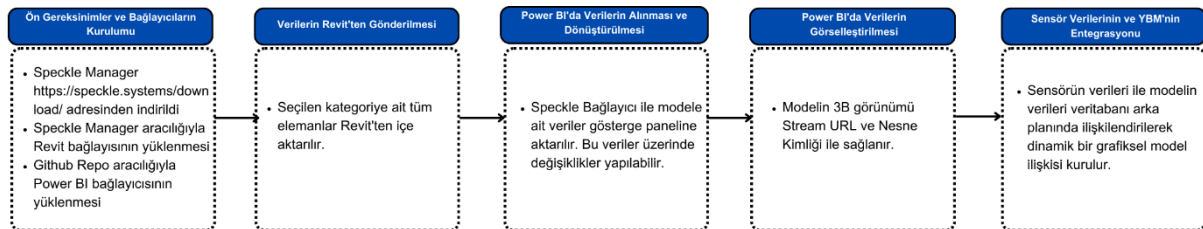
Geniştirilmiş Özet

İş zekası (BI) araçları, binalar hakkındaki performans ölçütlerinin üretilmesi, analiz edilmesi ve sunulması amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır. Gösterge panelleri en çok kullanılan iş zekası araçlarından biridir ve eyleme geçirilebilecek bilgiler sunacak şekilde tasarlanmaktadır. Karar vericilerin bina hakkındaki bilgileri hızlı bir şekilde görselleştirmesine ve binalar hakkında kararlar alabilmesine olanak sağlayan gösterge panelleri sayesinde binaların yönetilmesi kolaylaştırılmakta ve binalarda meydana gelebilecek risklere karşı etkin önlemler alınabilmektedir. Ayrıca, gösterge panelleri ile büyük veri sağlayan ve gerçek zamanlı sensörlerden elde edilen bilgileri işleyebilen karmaşık sistemler entegre edilebilmektedir. Yapı Bilgi Modelleri (YBM) olarak adlandırılan ve binaların üç boyutlu (3B) sanal parametrik modellerini detaylı bir şekilde içeren modeller de karar vericiler tarafından sıklıkla kullanılan önemli araçlardan bir tanesidir. Bu modellerde 3B geometrik veriler ile birlikte gerçek zamanlı veri elde edilmesini sağlayan sensörler bulunmaktadır ancak YBM ile iş zekası araçlarının entegrasyonu çok sık uygulanmamaktadır. Sonuç olarak, iş zekası araçlarıyla 3B bina bilgileri ve sensör verilerinin bir gösterge panelinde birleştirilmesinin potansiyel faydaları henüz tam anlamıyla anlaşılamamaktadır.

Veri modellemesini ve sorgulamaların görselleştirilmesini sağlayan gösterge panelleri, karar vericiler için kritik bir araç işlevi görmektedir. Veriye dayalı bir karar destek sistemi olarak gösterge panellerinin önemi, veri hacmi ve karmaşıklığı ile doğru orantılı olarak artmaktadır (Yigitbasioglu & Velcu, 2012). Gösterge panelleri sağladığı kapsamlı analizler ve görselleştirmeler sayesinde karar vericiler için vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir. Bu paneller farklı kaynaktan ve türden meydana gelen veriler ile çok çeşitli paydaşların katılımı nedeniyle büyük bir potansiyele sahiptir. Son zamanlarda, hastane, havaalanı ve alışveriş merkezi gibi karmaşık ve büyük yapılarda kullanılmaya başlanan ve bina yönetimini bilgi temelli destekleme kapasitesiyle öne çıkan YBM'ler de karar vericiler tarafından sıklıkla gündeme alınmaktadır. YBM, bir bina ile ilgili fiziksel ve işlevsel bilgilerin tanımlanmasına, temsil edilmesine ve depolanmasına destek sağlamakta olup bu modeller sayesinde yüksek doğrulukta ve anlamsal bilgiye dayalı analizler yapılabilmekte ve kararlar alınmaktadır. Bir binanın sanal ortamda dinamik bir modeli olan YBM'ler, binanın geometrisi, malzemeleri ve taşıyıcı temel yapısal bileşenleri gibi birçok farklı türde bilgileri kullanıcılara sunmaktadır. Bu modeller sayesinde bina ve inşaat işlerinin karmaşıklığı azaltılabilirken, binalara dair fiziksel ve işlevsel bilgilerin anlaşılabilirliği artırılabilir. Bu nedenle, karmaşık binaların inşasının planlaması, izlenmesi ve yönetilmesi için 3B YBM'lere dayalı, kullanıcı dostu ve amaca uygun araçlara ihtiyaç duyulmaktadır (Moreno vd., 2022). Son zamanlarda, karar vericiler için bu tür araçların yaygınlaştırılması amacı ile açık kaynaklı ortamlar da kullanıma sunulmuştur.

Bu çalışma kapsamında, YBM, sensörler ve bina yönetimine dair bilgilerin tek bir gösterge paneli üzerinde sorunsuz bir şekilde entegre edilmesinin sağlanması amacıyla açık kaynak kodlu veri platformlarından yararlanılması amaçlanmıştır. Bu entegrasyon ile birlikte bina yönetim süreçlerini daha verimli hale getirerek, merkezi bir platform üzerinden etkin izleme, analiz ve karar alma süreçlerini kolaylaştırılması hedeflenmiştir.

Çalışma kapsamında İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) İnşaat Fakültesi'nin 2006 yılına ait iki boyutlu (2B) kat planlarından üretilen YBM kullanılmıştır. YBM'de bulunan eksikliklerin giderilmesi amacıyla çalışma alanında lazer tarama ve fotogrametrik ölçmeler yapılarak makine öğrenmesi algoritmaları kullanılmıştır. Gösterge paneli üretilmesi için Şekil 1'de görülen beş adımlı yaklaşım uygulanmıştır. Çalışma kapsamında Speckle olarak adlandırılan ve geliştirilme aşamasında bulunan yazılımdan faydalanılmıştır. Speckle yazılımının kullanılabilmesi için Revit 2018 yazılımı veya daha yeni versiyonlarından biri ve Microsoft Power BI yazılımının kullanılması gerekmektedir.



Şekil 1. Gösterge paneli için beş adımlı yaklaşım.

Geliştirilen yöntemde sensör bilgileri kullanılmış, ayrıca bina tabanlı gösterge panellerinde en çok talep edilen ve kullanılan algoritmalarından biri olan en kısa yol algoritması çalıştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar IFC formatında kaydedilerek Power BI ortamına aktarılmış ve sonuçlar etkin bir biçimde görselleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler

* Sorumlu Yazar: Tel: (0212) 285 38 27

E-posta: aksuko@itu.edu.tr (Koray Aksu), asiroglu19@itu.edu.tr (A. Arif Aşıroğlu), terzia18@itu.edu.tr (A. Furkan Terzi), kocyigit19@itu.edu.tr (Ayşenur Koçyiğit), hande.demirel@itu.edu.tr (Hande Demirel)

CBS Uygulamaları, En Kısa Yol Algoritması, Gösterge Paneli, Karar Verme, Mekânsal Bilgi, Sensörler, Yapı Bilgi Modellemesi (BİM)

Teşekkür

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir. (Yapı Bilgi Modeli Tabanlı Yangın Tahliye Simülasyonu, Proje No. 121Y099).

Kaynaklar

Yigitbasioglu, O., M., Velcu, O., 2012, A review of dashboards in performance management: Implications for design and research, International Journal of Accounting Information Systems, Volume 13, Issue 1, ISSN 1467-0895, 41-59.

Moreno, J.V., Machete, R., Falcão, A.P., Gonçalves, A.B., Bento, R., 2022, Dynamic Data Feeding into YBM for Facility Management: A Prototype Application to a University Building. Buildings 12, 645. <https://doi.org/10.3390/buildings12050645>

Doğal Dil İşleme (NLP) Teknikleri ile Veri Zenginleştirme ve Değer Tahmin Modelinin Geliştirilmesi

Nilay Tellioglu¹, Süleyman Şişman¹, Arif Çağdaş Aydınoglu^{1,2*}

¹Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 41400, Kocaeli.

²Gebze Teknik Üniversitesi, Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü, 41400, Kocaeli.

Genişletilmiş Özet

Taşınmazlar, hem ülkemizde hem de dünya genelinde, özel mülkiyetin korunması ve kamu alanlarının yönetimi açısından kritik bir rol oynamaktadır. Taşınmazlar uzun vadeli bir yatırım aracı olarak güven vermesi ve teminat olarak kullanılabilmesi, bu varlık sınıfını daha da cazip hale getirmekle birlikte yerel yönetimler için de oldukça önemli bir varlıktır. Akıllı şehirlerde taşınmazlara ilişkin verilerin etkin bir şekilde yönetimi de sürdürülebilir kalkınma ve gelişiminin sağlanmasında oldukça önem arz etmektedir. Akıllı ve sürdürülebilir şehirler kapsamında ele alınan yatırım kararlarının alınması, taşınmaz stratejilerinin oluşturulması, arsa ve arazi düzenlemesi, vergilendirme ve ipotek işlemleri gibi birçok uygulama için doğru ve güvenilir taşınmaz değerlendirme veri altlıklarına ihtiyaç duyulmaktadır (Bovkır ve Aydınoglu, 2018; Demetriou, 2016; Güneş ve Yıldız, 2015, 2016). Bu kapsamda taşınmazların fiziksel özelliklerinin yanı sıra, bulunduğu bölgenin durumu ve çevresel özelliklerinin de beraber değerlendirilebilmesi; mekâna dayalı bilgilerin toplanıp işlenmesiyle, bu verilerin analiz edilip anlamlandırıldığı dinamik bir süreç olan mekânsal zekâ tekniklerinin entegrasyonu stratejik bir önem taşımaktadır. (Li vd., 2013). Bu kapsamda sektörün ihtiyaçları doğrultusunda Farklı kaynaklardan gelen çok sayıda taşınmaz verilerinin daha düşük maliyetle, eş zamanlı ve objektif olarak değerlendirilebildiği bilimsel temellere dayanan makine öğrenmesi teknikleri önem kazanmıştır (Şişman ve Aydınoglu, 2023). Birçok taşınmaz kriterin mekânsal zeka kapsamında değerlendirilen farklı makine öğrenmesi teknikleriyle doğrudan toplu taşınmaz değerlendirme modelleri oluşturulabilmektedir Toplu taşınmaz değerlendirme üzerinde yapılan çalışmalarda Çoklu Doğrusal Regresyon (ÇDR) (Şişman ve Aydınoglu, 2022 ; Güneş ve Yıldız, 2015 ; Yalpir vd., 2021), Destek Vektör Makineleri (DVM) (Bulut Nas, 2011; Wang vd., 2014), Yapay Sinir Ağları (YSA) (Yalpir, 2018 ; Yilmazer ve Kocaman, 2021) Karar Ağaçları (Reyes-Bueno vd., 2018), Rastgele Orman (Aydınoglu vd., 2021; Şişman, 2021) gibi bir çok makine öğrenmesi teknikleri sıklıkla kullanılmıştır. Literatürde yapılan birçok çalışmada doğrudan makine öğrenme tekniklerinin modelleme performansı üzerine odaklanılmıştır. Ancak önerilen ve incelenen modeller çoğunlukla farklı kaynaklardan gelen taşınmazların fiziksel ve mekânsal özelliklerine dayanmakta olup metinsel incelemeler ve açıklamalar dahil edilmemiştir. Son zamanlarda yine mekânsal zekâ kapsamında değerlendirilen Doğal Dil İşleme (NLP) teknikleri toplu taşınmaz değerlendirme faaliyetlerinde yenilikçi kullanımıyla dikkat çekmiştir. Taşınmazlara ait açıklamalar taşınmaz hakkında ekstra bilgi kaynağı sunmaktadır. (Gentzkow vd., 201). Bu alanda yapılan az sayıdaki çalışmalar (Goodwin vd., 2014; Liu vd., 2020; Nowak vd., 2019; Nowak ve Smith, 2017) taşınmazlar ile metinsel açıklamaları arasında ilişki kumaya odaklanmıştır. metin tabanlı büyük veri kaynaklarının analizi sayesinde, emlak ilanları, sosyal medya paylaşımları ve haberlerden piyasa eğilimleri ve talepler hakkında değerli bilgiler sağlanmaktadır (Baur vd., 2023). Taşınmaz değerlendirme süreçlerinde mekânsal zekâ, NLP ve makine öğrenmesi gibi modern teknolojilerin entegrasyonu, verimliliği ve doğruluğu artırmada önemli bir rol oynamaktadır. Mekânsal zekâ, büyük veri setlerinin sistematik olarak işlenmesi ve analiz edilmesi yoluyla, taşınmaz değerlendirme kriterlerini daha hızlı ve hassas bir biçimde belirleme imkânı sunar. Bu bağlamda, doğal dil işleme teknikleri, taşınmaz ilanlarındaki metin verilerini analiz ederek, mülklerin fiziksel özellikleri, mahalle dinamikleri ve çevresel faktörler gibi kritik unsurları daha iyi anlamaya yardımcı olur. Örneğin, mülk tanımları ve mahalle özellikleri, NLP kullanılarak işlenip modelleme sürecine entegre edilmekte; bu da değer tahminlerinde kullanılabilecek zengin ve anlamlı veriler elde edilmesini sağlamaktadır (Zhang vd., 2023). Bu süreçlerin bir parçası olarak, mekânsal zekâ, konuma dayalı bilgilerin toplanıp işlenmesi yoluyla taşınmaz değerlemesinin kapsamını genişletmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile birleştirilen mekânsal zekâ uygulamaları, çevresel faktörlerin yanı sıra ulaşım ve altyapı gibi unsurları da göz önünde bulundurarak, taşınmaz değerlerini daha derinlemesine analiz etme olanağı sunar. Bu analizler, taşınmazın bulunduğu çevredeki dinamikleri anlamayı kolaylaştırır ve böylece daha bilinçli kararlar alınmasına katkıda bulunur. Mekânsal zeka, yerel pazar koşulları, sosyal etkileşimler ve ekonomik verilerle bütünleşerek, taşınmaz değerlemesinde daha stratejik bir yaklaşım geliştirilmesine olanak tanır.

Bu çalışma kapsamında Taşınmaz değerlendirme süreçlerinde belirlenen kriterler, kapsamlı bir literatür çalışması ile tespit edilmiştir. Bu çerçevede, Mahalli Özellikler, Ulaşım Özellikleri, Kent Fonksiyonları, Çevresel Özellikler, Dış-İç Mekan Özellikleri ve Bina Özellikleri ana kriter gruplarında en az 51 taşınmaz değerlendirme kriteri tanımlanmıştır. İstanbul ve Kocaeli’de beş ilçeyi temsil eden veri veri setleri, kamu ve özel sektör veri tabanlarından elde edilerek CBS Ortamında coğrafi analiz teknikleri kullanılarak toplamda 70 adet coğrafi veri altlığı elde edilmiştir; bu veriler, bölgesel dinamiklerin ve yerel özelliklerin daha iyi anlaşılmasına olanak tanımaktadır. Taşınmaz toplu değerlemesi için bina, iç-dış mekan özellikleri verisi ve modelde kullanılacak eğitim verilerinin temini amacıyla örnek emlak platformlarında web kazıma teknikleri uygulanmıştır. İstanbul’un Tuzla ve Pendik ilçeleri ile Kocaeli ilinin Gebze, Çayirova ve Darica ilçelerinde taşınmaz piyasasını temsil eden 1700 adet satılık konut tipinde piyasa örneklemeleri Heps Emlak web sitesi üzerinden temin edilmiştir. Python Selenium kütüphanesi ile web scraping kodu hazırlanarak örneklem temin süreci otomatize

* Sorumlu Yazar: Tel: (0262) 605 20 61

E-posta: aydinoglu@gtu.edu.tr (Arif Çağdaş Aydınoglu), n.tellioglu2019@gtu.edu.tr (Nilay Tellioglu), ssisman@gtu.edu.tr (Süleyman Şişman)

duruma getirilmiştir. Veriler Pandas kütüphanesi yardımıyla Excel dosyasına kaydedilerek makine öğrenmesi algoritmaları için kullanıma hazır hale getirilmiştir. Analiz sonuçları taşınmaz değerine temsil eden piyasa örneklemeleri ile ilişkilendirilmiştir. İlanların açıklama bölümleri, ev fiyatlarını belirlemede önemli bilgiler içermektedir. Bu bilgileri çıkarmak için NLP teknikleri kullanılarak değer tahmin modellerinde kullanılabilecek sözel değişken sayısı artırılarak veri seti zenginleştirilmiştir. Ayrıca ilanlardaki sözel değişkenlere Ngram analizleri yapılarak taşınmaz değerlemedeki piyasa dinamikleri belirlenmiştir. Bu kapsamda mevcut platformda var olan tablosal verilerden 10 kriter ve ilan açıklamalarında yer alan metinden doğal dil işleme teknikleri kullanılarak Ngram analizleri gerçekleştirilerek 69 adet kriter eklenmiştir. Böylelikle CBS ortamında gerçekleştirilen coğrafi analizler ile üretilen veri setleri, doğal dil işleme ile zenginleştirilerek kriterleri temsil eden zenginleştirilmiş veri setleri coğrafi veri tabanı ortamında bütünleştirilmiştir. Makine öğrenmesi teknikleri kapsamında, literatürde başarı ile test edilmiş Rasgele Orman tekniği kullanılarak taşınmaz toplu değerlendirme uygulaması geliştirilmiştir. NLP ile zenginleştirilmiş veri setleri %70 eğitim ve %30 test oranlarında ayrılmıştır. Makine öğrenmesi tekniklerinden Random Forest algoritması eğitim veri seti ile kullanılarak değer tahmin modeli geliştirilmiştir. Modelin performansı test veri seti üzerinden hem MAE, MAPE, RMSE gibi makine öğrenmesi ölçütleri hem de COD ve PRD gibi uluslararası değerlendirme ölçütleri ile ölçülmüştür. Bu süreçler, taşınmaz değerlendirme kriterlerinin sistematik bir şekilde belirlenmesini, analitik süreçlerin güçlendirilmesini ve sonuç olarak daha doğru değer tahminlerinin yapılmasını sağlamaktadır.

Sonuç olarak, taşınmaz değerlendirme süreçlerinin optimizasyonunda mekânsal zeka, doğal dil işleme ve makine öğrenmesi gibi modern teknolojilerin entegrasyonunun önemi ve bu teknolojilerin sağladığı veri analizi ve modelleme imkânları, taşınmaz sektöründe daha stratejik ve bilimsel bir yaklaşım geliştirilmesine yardımcı olmakta; bu da hem yatırımcılar hem de alıcılar için daha bilinçli kararlar alınmasını sağlamaktadır. Taşınmaz değerlemesi alanında yapılan bu tür çalışmalara duyulan ihtiyaç, gelecekte bu alandaki teknolojik gelişmelerin ve yenilikçi uygulamaların artarak devam edeceğinin bir göstergesidir.

Anahtar Kelimeler

Doğal Dil İşleme, Mekânsal Zekâ, Makine Öğrenmesi, Rastgele Orman, Toplu Taşınmaz Değerlemesi, Veri Madenciliği.

Kaynaklar

- Aydinoğlu, A. Ç., Bovkır, R., Çölkesen, İ. (2021). Implementing a mass valuation application on interoperable land valuation data model designed as an extension of the national GDI. *Survey review*, 53(379), 349-365.
- Baur, K., Rosenfelder, M., Lutz, B. (2023). Automated real estate valuation with machine learning models using property descriptions. *Expert Systems with Applications*, 213, 119147.
- Bovkır, R., Aydınoğlu, A. Ç. (2018). Providing land value information from geographic data infrastructure by using fuzzy logic analysis approach. *Land use policy*, 78, 46-60.
- Bulut Nas, B. (2011). YSA ve DVM yöntemleri ile taşınmaz değerlendirme için bir yaklaşım geliştirme (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- Demetriou, D. (2016). The assessment of land valuation in land consolidation schemes: The need for a new land valuation framework. *Land Use Policy*, 54, 487-498.
- Gentzkow, M., Kelly, B., Taddy, M. (2019). Text as data. *Journal of Economic Literature*, 57(3), 535-574.
- Goodwin, K., Waller, B., Weeks, H. S. (2014). The impact of broker vernacular in residential real estate. *Journal of Housing Research*, 23(2), 143-161.
- Güneş, T., Yıldız, U. (2015). Mass valuation techniques used in land registry and cadastre modernization project of Republic of Turkey. FIG working week: From the Wisdom of the Ages to the Challenges of the Modern World.
- Güneş, T., Yıldız, Ü. (2016). Property valuation and taxation for improving local governance in Turkey. *Land tenure journal*, 15(2), 141-160.
- Li, D., Shan, J., Shao, Z., Zhou, X., Yao, Y. (2013). Geomatics for smart cities-concept, key techniques, and applications. *Geo-spatial Information Science*, 16(1), 13-24.
- Liu, C. H., Nowak, A. D., Smith, P. S. (2020). Asymmetric or incomplete information about asset values? The Review of Financial Studies, 33(7), 2898-2936.
- Nowak, A. D., Smith, P. S. (2017). Textual analysis in real estate. *Journal of Applied Econometrics*, 32(4), 896-918.

- Nowak, A. D., Price, B. S., Smith, P. S. (2019). Real estate dictionaries across space and time. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 1–25.
- Reyes-Bueno, F., García-Samaniego, J. M., Sánchez-Rodríguez, A. (2018). Large-scale simultaneous market segment definition and mass appraisal using decision tree learning for fiscal purposes. *Land Use Policy*, 79, 116-122.
- Sisman, S., Aydinoglu, A.C. (2022). Improving performance of mass real estate valuation through application of the dataset optimization and Spatially Constrained Multivariate Clustering Analysis. *Land Use Policy*, 119, 106167. doi:10.1016
- Şişman, S. (2021). CBS Tabanlı Makine Öğrenme Teknikleri ile Toplu Taşınmaz Değerlemesi (Yüksek Lisans Tezi)., Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye.
- Şişman, S., Aydınoğlu, A. Ç. (2023). Toplu Taşınmaz Değerlemesi için Coğrafi Verinin İşlenmesi ve Rastgele Orman Makine Öğrenmesi Tekniğiyle Tahmin Modelinin Geliştirilmesi. *Harita Dergisi*, 169, 13-27.
- Wang, X., Wen, J., Zhang, Y., Wang, Y. (2014). Real estate price forecasting based on SVM optimized by PSO. *Optik*, 125(3), 1439-1443. doi:10.1016
- Yalpir, Ş. (2018). Enhancement of parcel valuation with adaptive artificial neural network modeling. *Artificial intelligence review*, 49(3), 393-405. doi:10.1007
- Yalpir, Ş., Şişman, S., Akar, A. U., Ünel, F. B. (2021). Feature selection applications and model validation for mass real estate valuation systems. *Land use policy*, 108, 105539.
- Yilmazer, S., Kocaman, S. (2021). On the Prediction Performances of SVM and ANN Methods for Mass Appraisal Assessment: A Case Study from Ankara (Turkey). FIG e-Working Week 2021, Smart Surveyors for Land and Water Management - Challenges in a New RealityVirtual, 21–25 June 2021.
- Zhang, H., Li, Y., Branco, P. (2023). Describe the house and I will tell you the price: House price prediction with textual description data. *Natural Language Engineering*, 1-35.,

Sentinel-2 Uydu Görüntülerinde Derin Öğrenme ile Süper Çözünürlük

Hilal Adıyaman^{1,*}, Bülent Bayram¹, Tolga Bakırman¹, Nebiye Musaoğlu²

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul.

²İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul

Genişletilmiş Özet

Optik uydu görüntüleri, tarım alanlarının ve ormanların izlenmesinden şehir planlaması ve afet yönetimine kadar geniş bir yelpazede bilgi sağlayan önemli bir coğrafi veri kaynağıdır. Avrupa Uzay Ajansı (ESA) 'nın Copernicus programı kapsamında 2015 yılında uzaya fırlatılan Sentinel-2A, optik yer gözlem uydusu 2017'de Sentinel 2B ve 2024'te de Sentinel 2C uydularının uzaya fırlatılması ile seri uydu olarak açık erişimli veri sağlamaya devam etmektedir. Sentinel-2 uyduları, 290 km'lik geniş tarama alanı ve 13 spektral bant ile her beş günde bir veri toplama yeteneğine sahiptir. Elektromanyetik spektrumun mavi, yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi bölgelerinde 10m mekansal çözünürlükte, diğer bantlarda ise 20m ve 60m mekansal çözünürlükte görüntü sağlayan Sentinel -2 uyduları ile yeryüzü hakkında birçok bilgiyi çıkarmak mümkündür (ESA, 2022). Ancak, 10m'lik mekansal çözünürlük dahi yeryüzü hakkında detaylı bilgi çıkarma konusunda ihtiyaçları her durumda karşılayamamaktadır. Sentinel-2 uydularındaki multispektral sensörlere özgü kısıtlamalar ve mevcut durumun yenilenmesinin maliyetli olması nedeniyle, kullanıcı müdahalesi ile mekansal ve spektral çözünürlüklerin geliştirilmesi ön plana çıkmaktadır. Özellikle uzaktan algılama görüntülerinde, düşük çözünürlüklü (LR) görüntüleri yüksek çözünürlüklü (HR) görüntüleri kullanarak yeniden yapılandırma görevi aktif bir çalışma alanıdır ve derin öğrenme teknikleri ile tek görüntü süper çözünürlüğünde (Single Image Super Resolution, SISR) önemli gelişmeler yaşanmıştır (Wang ve ark., 2023).

Bu çalışma, Sentinel-2 uydu görüntülerinin mekansal çözünürlüğünü 10 metreden 2,5 metreye iyileştirmeyi amaçlamaktadır. SPOT-6 uydusu ile Sentinel-2 uydu sensörünün merkez dalga boylarının yakınlığı göz önünde bulundurularak bu iki görüntü çifti kullanılarak Çekişmeli Üretken Ağlar (GAN) ile bir çözüm sunmak hedeflenmiştir.

Klasik görüntü süper çözünürlüğü algoritmaları çoğunlukla interpolasyon, kenar iyileştirme ve geleneksel dalgacık dönüşüm yöntemlerine dayanmaktadır (Keys, 1981; Yang ve ark., 2015). Derin öğrenme tabanlı yaklaşımlar, geleneksel algoritmalara göre doku tahmininde daha güçlü sonuçlar ortaya koymaktadır (Galar ve ark., 2019; Kapilaratne ve ark., 2023). Derin öğrenmenin getirdiği yeniliklerle güçlenen GAN'lar, özellikle bilgisayarla görme ve görüntü işleme alanlarındaki hızlı gelişimiyle akademik çalışmalarda ve endüstriyel uygulamalarda ön plana çıkmıştır (Yokoya, 2024). GAN'lar temelde bir oyun teorisi yaklaşımına dayanır; bu yapıda iki ağ, yani üretici ve ayırt edici ağ, birbirleriyle rekabet eder. GAN tabanlı SISR uygulamasında amaç, bir üretici ağı LR girdilerden HR görüntüleri üretmek üzere eğitmektir. Aynı zamanda ayırt edici bir ağ, gerçek HR görüntüleri ile üretici tarafından oluşturulan sahte görüntüler arasında ayrım yapmayı öğrenir. Bu süreç, üreticinin daha iyi tahminler yapabilmesi için geri bildirim almasını sağlar. Bu karşılıklı iyileşme, ayırt edici ağın gerçek ve sahte görüntüler arasında ayrım yapamayacağı bir dengeye ulaşana kadar devam eder (Creswell ve ark., 2018).

Süper çözünürlük (SR) amacıyla geliştirilen GAN modelleri, eğitim için kullanılan görüntülerdeki bozulma türünün tanınıp tanınmamasına göre iki sınıfa ayrılmaktadır. Eğer model, girdi görüntülerindeki bozulma türünü biliyorsa "kör olmayan", bilmiyorsa "kör olan" SR modelleri olarak sınıflandırılabilir (Valesia ve Magli, 2024). SRGAN, ESRGAN ve ESRGAN+ gibi modeller genellikle kör olmayan SR modelleri arasında, Real-ESRGAN ve BSRGAN gibi modeller ise kör olan SR modelleri arasında yer almaktadır. Kör olmayan ilk gruptaki modeller genellikle görüntülerdeki bilinen bükümbük bozulmalar ile eğitilir, kör olan ikinci gruptaki modeller ise görüntüdeki bozulmaların türünü bilmeden, bu bozulmaları gidermek için tasarlanmış karmaşık algoritmalarla eğitilir. Bu modeller özellikle farklı bozulma türlerini öğrenmek için veri setlerini kullanarak kendilerini uyarırlar (Donike, 2022). Ledig ve ark. (2017), SR için bir çekişmeli üretken ağ (SRGAN)'ı önermiş, derin artık ağ ve Görsel Geometri Ağının (VGG) yüksek seviyeli özellik haritalarını kullanarak foto-gerçekçi görüntüler oluşturmayı başarmış, ancak görüntülerde hala bazı yapaylıklar gözlemlenmiştir. Wang ve ark. (2018), bu sorunu çözmek için Gelişmiş Süper Çözünürlüklü Üretken Çekişmeli Ağ (ESRGAN)'ı önermiş, üretici katmanına Residual-in-Residual Dense Block (RRDB) eklemiş, veri gruplarının normalizasyonu işlemini çıkarmış ve relativistic GAN ile eğitimi optimize etmiştir. Bu model, daha gerçekçi ve doğal görseller üretmek görsel kalite açısından önemli bir gelişme sağlamıştır. ESRGAN ile üretilen görüntülerdeki dokuların gerçekçiliğini artırmak amacıyla 2020 yılında ESRGAN+ modeli geliştirilmiştir (Rakotonirina ve Rasoanaivo, 2022). Bu model, ESRGAN' ın RRDB mimarisindeki her iki katman arasında bir residual bloğu eklerken, aynı zamanda sonuçları iyileştirmek için rastgele Gauss gürültüsü de uygulamaktadır. Daha yakın zamanlarda araştırmacılar, tek bir bozulmayı değil birden fazla bozulmayı dikkate alarak görüntüyü daha iyi oluşturmak için kör olan SR modelleri önermişlerdir. Wang ve ark. (2021), gerçek dünya SR problemlerinde daha başarılı sonuçlar elde etmek için REAL-ESRGAN modelini önermiştir. Yazarlar, yalnızca sentetik verilerle eğitim yaparak daha karmaşık bozulma modeli geliştirmiş ve ayırtıcı ağın kapasitesini arttırmak için spektral normalizasyonlu U-Net kullanmışlardır. Zhang ve ark. (2021) tarafından Kör Süper Çözünürlük Çekişmeli

* Sorumlu Yazar: Tel: (0539) 882 78 55

E-posta: hilal.adiyaman@std.yildiz.edu.tr (Hilal Adıyaman), bayram@yildiz.edu.tr (Bülent Bayram), bakirman@yildiz.edu.tr (Tolga Bakırman), musaoglune@itu.edu.tr (Nebiye Musaoğlu)

Üretken Ağ (BSRGAN), bulanıklık, yeniden örnekleme ve gürültü problemlerini karıştırma stratejisiyle çözerek modelin genelleme kapasitesini artırıp görüntülerde daha doğru tahminler yapmak üzere sunulmuştur.

GAN tabanlı SISR teknikleri ile Sentinel-2 uydu görüntülerinin mekansal çözünürlüğünü 4 kat artırmak için kullanılan veri setleri, yöntemler ve elde edilen deneysel sonuçlar aşağıda açıklanmaktadır. Deneysel ön çalışmalar için İstanbul'u kapsayan yakın tarihli bir adet Sentinel-2 ve bir adet SPOT-6 uydu görüntüsü seçilerek veri seti hazırlanmıştır. 1,5 m keskinleştirilmiş (Pansharpened) SPOT-6 uydu görüntüsü İTÜ-Uydu Haberleşme ve Uzaktan Algılama UYG-AR Merkezi (İTÜ-UHUZAM)'nden kırmızı, yeşil, mavi ve yakın kızılötesi olmak üzere 4 spektral bantta temin edilmiştir. Veri seti, model eğitiminde kullanılmadan önce bir dizi görüntü ön işleme adımı uygulanmıştır. Sentinel-2 uydu görüntüsü ile 4 katlık bir çözünürlük iyileştirmesi hedeflenmesi ve SPOT-6 görüntüsünün 1,5 m mekansal çözünürlüğe nedeniyle öncelikle SPOT 6 görüntüsü bikübit alt örnekleme yöntemiyle 2,5 metreye yeniden örneklenmiştir. İkinci olarak Sentinel-2 L2A ve alt örneklenen SPOT-6 uydu görüntülerinin radyometrik çözünürlükleri 12 bitten 8 bite dönüştürülmüştür. Daha sonra da bilgisayarların donanım özellikleri ve derin öğrenme algoritmalarının işlevselliği açısından ilgili Sentinel-2 uydu görüntüsü 100x100 piksel boyutlarında (LR), ilgili SPOT-6 uydu görüntüsü de 400x400 piksel boyutlarında (HR) bölünmüştür. Bu bölme işleminde, görüntülerin coğrafi referansı GDAL kütüphanesi kullanılarak korunmuştur. Görüntü ön işleminin son adımında, veri kümesinden içerisinde yüksek miktarda su ve orman alanı bulunduran bölünmüş uydu görüntülerini çıkarmak için her bir probleme özel eşik değeri uygulanmış, aynı zamanda görüntülerin dönüklüğünden dolayı çerçeve kenarlarında oluşan verisiz alanları içeren görüntüler de veri kümesinden çıkarılmıştır. Ön işlemlerden geçen veri kümesinde 1152 adet HR-LR görüntü çifti bulunmaktadır. Veri kümesi, %80 eğitim, %10 test ve %10 doğrulama verisi olacak şekilde üç gruba ayrılmıştır. Eğitim, test ve doğrulama veri seti sırasıyla 921, 117, 114 adet HR-LR görüntü çifti içermektedir.

SISR amaçlı gerçekleştirilen bu çalışmada, yöntemlerin zamansal gelişimini de gözlemlemek amacıyla başlangıç noktası olarak GAN tabanlı en yeni ve en eski açık kaynak kodlu BSRGAN ve SRGAN modelleri tercih edilmiştir. Özellikle BSRGAN modelinin uygulama için seçilmesinin bir diğer nedeni kör olan SISR modellerinden olmasıdır. Orijinal BSRGAN, yapısında önerdiği yeni bozulma modeli tarafından üretilen sentetik HR-LR eşleştirilmiş görüntülerle eğitilmiştir. Ancak bu çalışmada, BSRGAN'ın bozulma modeli ile sentetik bir şekilde görüntüler üretilmemiş; HR-LR görüntü çiftleri orijinal olarak model eğitime doğrudan sağlanmıştır. Çünkü, iki farklı uydu sensöründen elde edilen görüntüler halihazırda karmaşık ve doğal bozulmalar içermektedir. Dolayısıyla, sentetik bozulma eklemeye gerek duyulmamış, sensörler arasındaki yapısal farklılıkların oluşturduğu bozulmalar üzerinden model eğitimi gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşımla, modelin gerçek dünya verilerinde daha iyi genelleme yapabilme durumu incelenmek istenmiştir. Bu iki GAN modeli orijinalde 3 bantlı olarak tasarlanmıştır ancak çalışma kapsamında modeller 4 bantlı çalışabilecek konuma getirilmiş ve her iki modelde 350 epok boyunca eğitilmiştir. Eğitimler tamamlandıktan sonra modeller test edilerek süper çözünürlüklü Sentinel-2 uydu görüntüleri (S2-SR) oluşturulmuştur. Üretilen görüntülerin kalitesi Tepe-Sinyal Gürültü Oranı (PSNR) ve Yapısal Benzerlik İndeksi (SSIM) metrikleri ile ölçülmüştür (Zhou ve ark., 2004).

SRGAN modelinin test sonuçlarına göre ortalama PSNR değeri 28.3912 dB, ortalama SSIM değeri 0.7086 olarak hesaplanırken, BSRGAN modelinde ise bu değerler sırasıyla 27.7961 dB ve 0.6454'tür. Değerlendirme metriklerinde SRGAN daha yüksek skorlar alırken BSRGAN'ın ürettiği görüntülerin gözle görülür şekilde daha gerçekçi ve ayrıntılı olduğu görülmüştür. Algısal ve metrik açıdan yaşanan ters orantı durumunun nedenlerinden biri olarak, BSRGAN modelinin eğitim sırasında karmaşık bozulmalarla başa çıkmaya çalışırken piksel seviyesindeki hataların göz ardı edilebilme ihtimali söylenebilir. SRGAN ile üretilen S2-SR görüntülerinde çözünürlüğün Sentinel-2 uydu görüntülerine göre 4 kat arttığı ancak görüntü genelinde yumuşatma ve pürüzsüzleştirmenin hâkim olduğu gözlemlenmiştir. Örneğin, binalar ve ana yollar Sentinel-2 uydu görüntüsünde ayırt edilemez iken üretilen S2-SR görüntüsünde ayırt edilebilmektedir ama görüntü genelde bulanıktır ve daha fazla detay bilgi almak mümkün değildir. BSRGAN ile üretilen S2-SR görüntüleri incelendiğinde, SRGAN'a kıyasla yüksek çözünürlüklü görüntü eşlerine çok daha yakın olduğu, binaların ve kıyıların net bir şekilde iyileştiği, ana ve ara yolların orman yollarıyla birlikte rahatlıkla ayırt edebildiği gözlemlenmiştir.

Genel anlamda iki modelin de algısal kalitesinin ve metrik değerlerinin geliştirilmeye ihtiyacı vardır. Modellerde daha ince ayarlarla dirençli eğitimler yapılmalı ayrıca veri seti içerik ve kalite bakımından geliştirilmelidir. Ancak, Sentinel-2 uydu görüntülerinin çözünürlüğünün SPOT-6 uydu görüntüleri ile artırılması konusunda gerçekleştirilen ön çalışmalarda başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu bulgular, hem SR uygulamalarının potansiyelini ortaya koymakta hem de gelecekteki çalışmalar için önemli bir zemin hazırlamaktadır.

Anahtar Kelimeler

Yapay Zeka, Açık Veri, Derin Öğrenme, Süper Çözünürlük, Sentinel-2

Kaynaklar

Creswell, A., White, T., Dumoulin, V., Arulkumaran, K., Sengupta, B., & Bharath, A. A. (2018). Generative adversarial networks: An overview. *IEEE signal processing magazine*, 35(1), 53-65.

Donike, S. (2022). Deep Super-Resolution of Sentinel-2 Time Series. (M.Sc. Thesis). Paris-Lodron Universität at Salzburg.

ESA (2022). Spatial Resolutions- Sentinel-2 MSI- User Guides

Galar, M., Sesma, R., Ayala, C., & Aranda, C. (2019). Super-resolution for Sentinel-2 images. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 95-102.

Kapilaratne, R. G. C. J., & Kakuta, S. (2023). Towards High Resolution Feature Mapping with SENTINEL-2 Images. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 10, 137-144.

Keys, R. (1981). Cubic convolution interpolation for digital image processing. *IEEE transactions on acoustics, speech, and signal processing*, 29(6), 1153-1160.

Ledig, C., Theis, L., Huszár, F., Caballero, J., Cunningham, A., Acosta, A., ... & Shi, W. (2017). Photo-realistic single image super-resolution using a generative adversarial network. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 4681-4690).

Rakotonirina, N. C., & Rasoanaivo, A. (2020, May). ESRGAN+: Further improving enhanced super-resolution generative adversarial network. In *ICASSP 2020-2020 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)* (pp. 3637-3641). IEEE.

Valsesia, D., & Magli, E. (2024). Deep Learning Methods for Satellite Image Super-Resolution. In *Signal and Image Processing for Remote Sensing* (pp. 228-238). CRC Press.

Wang, P., Bayram, B., & Sertel, E. (2022). A comprehensive review on deep learning based remote sensing image super-resolution methods. *Earth-Science Reviews*, 232, 104110.

Wang, X., Xie, L., Dong, C., & Shan, Y. (2021). Real-esrgan: Training real-world blind super-resolution with pure synthetic data. In *Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision* (pp. 1905-1914).

Wang, X., Yu, K., Wu, S., Gu, J., Liu, Y., Dong, C., ... & Change Loy, C. (2018). Esrgan: Enhanced super-resolution generative adversarial networks. In *Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV) workshops* (pp. 0-0).

Yang, X., Zhang, Y., Zhou, D., & Yang, R. (2015). An improved iterative back projection algorithm based on ringing artifacts suppression. *Neurocomputing*, 162, 171-179.

Yokoya, N. (2024). Deep learning for super-resolution in remote sensing. In *Advances in Machine Learning and Image Analysis for GeoAI* (pp. 5-26). Elsevier.

Zhang, K., Liang, J., Van Gool, L., & Timofte, R. (2021). Designing a practical degradation model for deep blind image super-resolution. In *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision* (pp. 4791-4800).

Zhou W., Bovik, A. C., Sheikh, H. R., Simoncelli, E. P., 2004. Image quality assessment: from error visibility to structural similarity. *IEEE Transactions on Image Processing*, 13(4), 600-612.

3 Boyutlu Kadastro Uygulamalarında Veri Kalitesinin Arttırılması İçin Üçüncü Parti Yazılımların Yeri ve Önemi

Ahmet Sercan Demirel, Mertcan Sayiner, Umut Yegül*

Netcad Yazım A.Ş., Bilkent Cyberpark, 06970, Ankara.

Geniştirilmiş Özet

Ülkemizde bina ve bağımsız bölümlerin geometrisinin 3 boyutlu dijital ortamda yönetilmesi amacıyla 2020 yılında “3B Şehir Modellerinin üretimi ve 3B Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesi” Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından başlatılmıştır. TKGM 3B Şehir Modelleri Yönetim Bilgi Sistemleri kurulması kapsamında üç boyutlu verilerin üretiminin takibi, doğrulama ve barındırılması, entegrasyonu, sunumu, paylaşımı ve süreklilik modellerinin oluşturulmasına başlanmıştır.

Projenin yaygın olarak devreye alınması ile özellikle verilerin üretilmesi aşamasında Yüklenici firmaların kat mülkiyetine geçiş öncesinde 3B kadastro projelerini sayısallaştırarak oluşturması bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu kapsamda verilerin doğru ve kolay üretilmesinin sistemin tüm bileşenlerini derinden etkileyeceği bellidir.

Farklı ortamlarda yapılan çizim çalışmalarının GML ortamında nihayete kavuşan bu aşamasında birçok yerli yazılım üreticisinin kullanıcılarına dönüştürücü çözümler sunabildiği gözlenmiştir. Verilerin nitelikli ve ileride ihtiyaçlar doğrultusunda geliştirilebilir şekilde hazırlanmasını kontrol eden bileşenlerin analiz edilmesi ve ortaya konması amaçlanmıştır. Bu bileşenin örnek başka ülkeler bazında gerek istatistik ve gerekse yöntem olarak analiz edilmesi ve bilgilendirici bir özetin ortaya konabilmesi için çalışma yapılmıştır.

Benzer uygulamanın yürürlükte olduğu Arjantin, Queensland (Avusturalya), Victoria Eyaleti (Avusturalya), Avusturya, Bulgaristan, Quebec Eyaleti (Kanada), Çin, Kosta Rika, Hırvatistan, Çekya, Hollanda, Polonya, İsveç ve Yunanistan örneklerinde veri kalitesi için özellikle üçüncü parti yazılımların etkileşimi ve iş gücü özellikleri incelendi.

Hollanda örneğinde; ülkenin nüfus ve ekonomik verileri ortaya konulmuştur. İşleyiş farklılıkları ve kapsam konusunda yaklaşım farkı olmakla birlikte, ortam, aktarım ve depolama yapı benzerlikleri konu hakkında öncü örnek olması bakımından önemlidir. Veri üretimle ilgili merkezi yaklaşım veri kalitesi konusunda belirgin bir olumlu etkiye sahiptir. “ISO 19152-1:2024; Geographic information — Land Administration Domain Model (LADM) Part 1: Generic conceptual model” gibi standartların ülke verileri için kullanılması muhakkak bir avantaj sağlamaktadır. Üçüncü parti yazılım geliştiricilerinin katılımının çok az oluşu ülkemizdeki durum açısından en temel farklılık olarak ortaya çıkmaktadır.

Arjantin’de ISO 19152-1:2024, OGC, INSPIRE ve FIG gibi temel standartların uygulandığı 3 boyutlu kadastro veri tabanı yine ülke nüfus ve şehirleşme farklılıkları gibi noktalarda temel farklar ortaya çıkmaktadır. Arjantin’de konu ile ilgili yerel yazılım üretimi olmadığı tespit edilmiştir.

Avusturalya’da 3B Kadastro projesi iki eyalette aktif durumdadır (Queensland ve Victoria). Merkezi olarak “Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping (ICSM)” kuruluşu tarafından tüm veriler denetlenir ve veri tutarlığı sağlanır. Standartların yayınlanması ve veriler ile ilgili tüm sorumluluk kurum tarafından sağlanmaktadır.

İsveç’teki kadastro sistemi Lantmäteriet (İsveç Ulusal Kadastro ve Harita Kurumu) tarafından yönetilmektedir. 3B kadastro sistemi, İsveç’in kapsamlı arazi kaydı ve mülkiyet hakkı düzenlemeleri ile uyumlu olacak şekilde geliştirilmiştir. Yine merkezi olarak tüm veri üretim ve kayıt işlemleri yapılmakta ve veri tutarlılığı sağlanmaktadır.

Kullanıcılara sunulacak olan ortamların minimum ihtiyaçlarının belirlenmesi ve verinin oluşturulduğu ortamda kontrolünün önemi tartışılmak istenmektedir. Bununla beraber ana aktörün hem yazılım üreticileri hem de sistemin paydaşları ile etkileşiminin önemi bu noktada ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde TKGM tarafından yürütülen süreç esansında günümüze kadar olan geliştirme ve değişikliklerin zaman grafikleri araştırılmıştır. Bu temel düzeyde bir bilgi olmakla birlikte sistemin güncellenmesi ile ilgili yoğunlukları ve örnek yazılım geliştiricilerin tepki süreleri ve ürünlerine yansımaları noktasındaki işleyişi analiz edilebilir hale getireceği düşünülmektedir.

Örnek bir geliştirici ortamının ve yazılımın yaşam döngüsünün parçaları ortaya konmuştur. Bu manada yapılan yazılım geliştirme çalışmalarının yöntem ve verim analizleri ortaya konulmuştur. Bu amaçla güncel bir yazılım geliştirme yönetim sistemi olan SCRUM yönteminin uygulanması ve bu durumda ortaya çıkan yazılım geliştirme iş programı süreleri ortaya konulmuştur. Bu veri üzerine yine bu çalışmada bahsedilen gerçek iş planı değişiklikleri durumunda adapte olabilen iş yönetim ve programlama yöntemlerinin akışa etkisi araştırılarak ortaya konmuştur. Ortaya çıkan manzara, mevcut yazılım geliştirme yöntemlerinin ani yapı değişikliklerine, değişikliğin derinliğinden bağımsız olarak belli bir sürede tepki verilebildiğini ortaya koymaktadır. Sürecin devam eden geliştirme çalışmaları ve iyileştirmeleri ötelemesi de genel geliştirme akışının süresi üzerinde etkin bir role sahiptir. Sürecin bileşenlerinden olan üçüncü parti yazılımların tek karşıladıkları yükün yazılımın geliştirilmesi noktasında olmadığı da bellidir. Kullanıcı destek ve yardım sistemlerinin sistemin devreye girdiği zamandan başlayarak, farklı yönleri ile incelenmesi ve bir örnek akış olarak ortaya konması gerekmektedir. Veriler örnek bir süreçte özellikle iş gücü ve memnuniyet gibi farklı katmanlarda üçüncü parti yazılımlara gelen yükü belki de ortaya koyabilecektir.

* Sorumlu Yazar: Tel: Faks:

E-posta: umut.yegul@ankara.edu.tr (Umut Yegül)

Benzer dönüşüm örneklerin incelenmesi ve üçüncü parti yazılımların rolü üzerine araştırma yapılarak Ülkemizde durumun ortaya konulması amaçlanmıştır. Ancak anlaşılması gereken odur ki 3B kadastro gibi hem mülki hem kanuni hem de idari bileşenleri olan bu denli kapsamlı ve neredeyse benzersiz bir çalışmanın, başka bir örneğinin tespit edilmesi çok zordur. Bu durumun ortaya konmasının da önemli bir bilgilendirme olduğu düşünülmektedir.

Entegre sistemlerin paydaşları ve mevcut geçiş sürecinde üçüncü parti yazılımların ve insan kaynağının karşılaştırmalı değerlendirilmesi tartışılmıştır. Bu bağlamda sürdürülebilir, ekonomik ve genişletilebilir ve yaşayan sistemlerin oluşturulmasında yazılım geliştirici kaynakların, özellikle veri kalitesi bağlamında çok önemli rol oynadığı değerlendirilmektedir. Bu nedenle yine bu çalışmada değinilen tüm ülkelerde uygulanan standartlar ve kapsamaları belirlenmeye ve örtüşen/ayrışan yönleri ile listelenerek sunulması sağlanacaktır.

Örnek veri kalitesi ve tutarlılığı standartları için yine yabancı örneklerin kullanmakta olduğu standartların listelenmesi ve kapsamalarının özetlenmesi amaçlanmıştır. Konunun özellikle veri standartları ile ilgili olarak araştırılma yapıldığında:

- ISO 19152: LADM (Land Administration Domain Model); Hollanda, İsveç, Danimarka, Singapur ve Norveç,
- INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community); Avrupa Birliği,
- OGC (Open Geospatial Consortium) Standartları; ABD, Kanada, Avustralya, Japonya,

Şeklinde farklı yapı ve standartların ortaya konulduğu ve farklı ülkelerde kullanıldığı gözlenmektedir.

Eğitilmiş veri üretim personeli ve verimli bir ortamda 3B kadastro dönüşümünün sağlanması veri tutarlığında anahtar bir rol oynamaktadır. Üçüncü parti yazılımın eğitimi süreçlerinin iş gücü bakımından veri olarak ortaya konmasına çalışılmıştır. Sadece bu noktada bile kaynak ve ihtiyaç oranları için bir kestirim yapılabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak mevcut iş gücünü ortaya konulması için hangi verilerin ve daha önemlisi tüm paydaşlar içinde yer alan üçüncü parti yazılımların incelenmesinin önemli olduğu görülmektedir. Yazılım yaşam döngüsünün oluşturduğu ek bileşenler örnek bir ile ortaya konulmaya çalışılmıştır. Veri niteliği yaşayan ve yararlı sistemler için kritik bir öneme sahiptir. Tüm standartların ele alınması ve verinin kapsamı karşılaştırmalarda ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu noktada veri kalitesi için bileşenler de ortaya çıkartılabilmektedir. Geleceğin şehirleri için kritik bir öneme sahip ve bu kapsamdaki projelerin ülke öz kaynakları ile karşılandığı bu çalışmada, kaynak değerlerin içinde önemli bir yeri olan insan gücü ve yetişmiş teknik personelin önemi ortaya çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler

Mekânsal Bilgi/Bilişim Sektöründe İş Modelleri, Mekânsal Bilgi/Bilişim Sektöründeki Uluslararası ve Ulusal Standartlar, Mekânsal Veri Altyapıları, Mekânsal Veri Kalitesi, Sanal 3B Kent Modelleri, Ulusal Mekânsal Veri Altyapısı, Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS)

Afet Risk Yönetimi ve CBS

İbrahim VAROL

BELMAP YAZILIM MÜH. DAN. HİZ. TİC. LTD. ŞTİ., Bursa.

Genişletilmiş Özet

Bu çalışma, afet öncesi risk yönetimini ele alarak CBS tabanlı mekânsal analizler ve karar destek sistemlerinin yazılım destekli bir uygulamasını sunmaktadır. Afet yönetimi, üç temel aşamadan oluşur: afet öncesi, afet anı ve afet sonrası. Bu bildiride, özellikle afet öncesi aşamaya odaklanılmakta ve alınacak aksiyonlar ile afet öncelikli alanların tespit edilmesi için dinamik bir sistem geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Münferit ve birbirinden bağımsız olarak geliştirilmiş diğer sistemler, bu tarz bütünsel ve afete yönelik sonuçlar almaya yönelik veri gruplarını kapsayıcı bir nitelikte olmadığından, uygulamayı geliştirme ihtiyacı açıkça ortaya çıkmıştır.

Geliştirilen sistem, uluslararası standartlara sahip ilişkisel ve açık kaynaklı lisans gerektirmeyen bir veri tabanı üzerine inşa edilmiştir. Bu veri tabanı, açık kaynak kodlarla son teknolojik geliştirme altyapısını kullanarak, yüksek performans ve esneklik sunan bir web tabanlı uygulama yazılımı olarak tasarlanmış ve oluşturulmuştur. Uygulama, farklı sistemler ve kaynaklardan toplanan yaklaşık 35-40 adet mekânsal ve mekânsal olmayan veri grubunu temel bileşenleri olarak içermektedir. Bu veri grupları, afet risk yönetimi için kritik öneme sahip olan bilgileri bir araya getirerek, sistemin karar verme süreçlerini desteklemektedir. Bu veri grupları sistemin ayrılmaz bir parçası niteliğinde olup, doğru sonuç alma ve tüm sorguları yapma açısından oldukça önem taşımaktadır.

Her bir veri grubunun kendi içindeki veri ölçeği, hassasiyeti ve ilişkileri, sistemin analiz süreçlerinin doğruluğunu artırmak amacıyla titizlikle göz önünde bulundurulmuştur. Bu bağlamda, veri setlerinin güncelliği ve geçerliliği, sistemin başarısı için vazgeçilmez unsurlar olarak kabul edilmektedir. Kullanıcılar, bu sistem üzerinden güncel verilere erişerek, afet risklerini daha iyi analiz edebilir ve etkili stratejiler geliştirebilirler.

Benzer içerik ve konu niteliğinde olabilecek, ülkemizde yerel yönetimlerin hazırladığı “Strateji Belgesi” çalışma raporları genellikle belirli bir süre sonra güncelliğini yitirmekte ve mevcut durumla örtüşmemektedir. Bu nedenle, dinamik olarak güncellenebilir ve erişilebilir bir sistem oluşturmak, bu uygulamanın temel amaçlarından birini oluşturmuştur. Bu sistem, yerel yönetimlerin afet risk yönetimi süreçlerini desteklemenin yanı sıra, bu verilerin sürekli olarak güncellenmesini ve kullanıcılara daha iyi hizmet vermesini sağlamayı hedeflemektedir.

Ayrıca, sistemin kullanıcı dostu arayüzü ve etkileşimli grafiksel gösterimleri, karar vericilerin ve uygulama kullanıcılarının verileri daha anlamlı bir şekilde değerlendirmelerine olanak tanımaktadır. Bu, sadece verilerin saklanması değil, aynı zamanda bu verilerin anlamlandırılması ve stratejik karar alma süreçlerine entegre edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Sistemin kolay erişilebilir, kolay kullanılabilir ve hızlı süreç üretebilir yapıda olmasının yanı sıra, dinamik olarak değişen ve güncellenebilir sistemlerden entegrasyonlarla veri çekmesi de her daim güncel olmasını ve yaşayan bir sisteme dönüşmesini sağlamıştır.

Sistem, afet yönetimi süreçlerinin etkinliğini artırmak için tasarlanmış, dinamik ve sürdürülebilir bir çözüm sunmaktadır. Yerel yönetimlerin ve diğer paydaşların ihtiyaçlarına yanıt verebilecek bir yapı ile, afet risk yönetiminin daha proaktif ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesine katkıda bulunmayı hedeflemektedir.

Yazılım geliştirme ve veri tabanı uzmanlığının yanı sıra, jeodezi, jeofizik ve jeoloji mühendislik disiplinlerinin ürettiği kullandığı veri grupları sistemin temel altlığını oluşturmaktadır. En alt ölçekte yer alan yapı verisinden, en üst ölçekte yer alan fay hatları ve il sınırları arasında farklı katmanlarda yer alan veri grupları birbiriyle ilişkilendirilmiş, yüksek performanslı sorgulanıp analiz edilebilir bir altyapıya ve uygulama yazılımına (<https://www.belmap.com.tr/deprem-afet-analiz-programi-yazilimi>) dönüştürülmüştür. Tüm veri grupları için afet risk yönetimini belirleyen veri sorgulama kriterleri belirlenmiş, bunların çapraz sorgularla CBS ve rapor sonuçlarına dönüştürülmesine yönelik gerekli uygulama araçları ve modülleri geliştirilmiştir. CBS tabanlı görsel sonuçların, karar vericiler ve uygulama kullanıcıları tarafından anlamlı değerlendirilip analiz edilebilmesi için hem üst ölçekte hem de alt ölçekte gösterim ve sonuç çıktı ekran modellemesi tasarlanmış, doğrulukları kontrol edilerek uygulama yazılımında kodlanmıştır.

Mülkiyet, yapı, numarataj, plan vb. jeodezik veriler, taşkın alanlar, afete maruz alanlar, yerleşim yeri uygunluk haritaları, jeolojik zemin tipleri, VS30 değer haritaları, fay hatları vb. jeolojik ve jeofiziksel mikro bölgeleme verileri, aynı zamanda ruhsat durumu, yapı yaşı, kat bilgisi, bağımsız bölüm verileri, iş yeri ve ticarethaneler, nüfus vb. gibi idari ve tespit bilgileri uygulama yazılımında bir arada değerlendirilmiş, sorgulanmış, analiz edilmiş ve oldukça anlamlı ve bugüne kadar yapılmış yönetsel ve şehircilik zafiyetlerini de ortaya koyan ilginç sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar, şehirlerde bugüne dek olan yapılaşma ve gelişme yönünün tayininde kullanılan yöntemlerin, ne kadar bilimsellikten uzak olduğu gerçeğini açıkça ortaya koyar bir nitelik taşımaktadır.

Afet riski öncelikli bölgelerin yani riskli alanların doğru bir şekilde belirlenmesi ve çöküntü alanlarının tespiti, afet öncesi süreçte afet yönetiminin temel bileşenlerinden biridir. Bu süreç, üst ölçekli planların ve şehirlerin gelişim yönlerinin tespit edilmesi, çadır kentler ve geçici barınma alanlarının konumlarının belirlenmesi, ilk yardım ve kurtarma konteynerlerinin planlanması gibi kritik kararların alınmasına olanak tanımaktadır. Bu bağlamda, sistemin sunduğu veriler, karar vericilere

somut ve uygulamaya yönelik sonuçlar sağlamaktadır. Böylece, afet öncesi hazırlıklar, risklerin minimize edilmesi, detay çalışma yapılacak bölgelerin, kentsel dönüşüm ve rezerv alanların tespiti ve kaynakların etkili kullanımı açısından önemli bir temel oluşturulmaktadır.

Afet yönetiminin ikinci aşaması, afet anıdır. Bu aşamada, afetin büyüklüğü, şiddeti, potansiyel can kaybı ve yıkım gibi sonuçların önceden simüle edilmesi, ilgili matematiksel modellemelerin yapılması ve gereken aksiyonların alınması kritik bir öneme sahiptir. Geliştirilen sistem, bu simülasyonları gerçekleştirebilmek için karar vericilere olay anında nasıl bir müdahale stratejisi geliştirmeleri gerektiği konusunda altlık teşkil etmektedir. Bu yönüyle, sistemin veri grupları, afet anındaki yönetim sürecini daha etkili hale getirmekte, dolayısıyla can ve mal kaybını azaltma potansiyeli taşımaktadır.

Afet yönetiminin son aşaması ise afet sonrasıdır. Bu aşamada, acil müdahale süreçleri, kurtarma faaliyetleri, bölgesel nüfus yoğunluklarının belirlenmesi, açık olabilecek ulaşım güzergahlarının tespiti ve farklı şehirlerden gelecek kurtarma ekiplerinin güzergâh ve lojistik planlaması gibi konular ön plana çıkmaktadır. Geliştirilen CBS tabanlı sistem, bu konularda modelleme ve simülasyon yapan sistem ve afet uygulamalarına entegre olabilme ve altlık sağlayabilme özelliğine sahiptir. Bu özellik, afet sonrası müdahale süreçlerinde daha iyi bir koordinasyon sağlamak ve kaynakların etkili bir şekilde dağıtılmasına yardımcı olmak için büyük bir avantaj sunmaktadır.

Bu sistem, şu an için afet öncesi çalışmalar ve yönlendirmeler için geliştirilmiş olsa da aynı zamanda afet yönetiminin diğer iki aşamasına da altlık veri ve sistem altyapısını sunma kapasitesine sahiptir. Bu sayede, sistemin işlevselliği artırılmakta ve afet yönetimi sürecinin her aşamasında etkin bir rol oynaması sağlanmaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma, afet risk yönetiminin etkili bir şekilde yürütülmesi için kapsamlı bir CBS tabanlı sistem sunmaktadır. Bu sistemin sürekli olarak güncellenebilir yapısı, dinamik bir ortamda hizmet verebilme kapasitesini artırmaktadır. Gelecek çalışmalar, sistemin uygulanabilirliğini artırmaya, yerel yönetimlerle iş birliğini teşvik etmeye ve kullanıcı geri bildirimlerini dikkate alarak sistemin işlevselliğini sürekli geliştirmeye odaklanmalıdır. Ayrıca, sistemin uluslararası standartlara uygun olarak geliştirilmesi, global afet yönetimi uygulamaları ile entegrasyonunu kolaylaştırarak, ulusal ve uluslararası düzeyde daha etkili bir afet yönetimi sürecine katkıda bulunacaktır.

Anahtar Kelimeler

CBS Uygulamaları, Afet Yönetimi, Birlikte Çalışabilirlik, Mekânsal Bilgi, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Afet Risk Yönetimi: İstanbul'un Kentsel Dönüşüm Sürecinde Afet Öncelikli Müdahale Alanlarının Tespiti

Ali Tunç

İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Dairesi Başkanlığı, Kentsel Dönüşüm Müdürlüğü, 34146, İstanbul.

Genişletilmiş Özet

İstanbul, doğal afetlerin sıkça yaşandığı bir coğrafyada yer alması nedeniyle, afetlere karşı dirençli bir kent olma ihtiyacıyla karşı karşıyadır. Özellikle deprem riski, şehrin en önemli ve acil çözüm bekleyen sorunlarından biridir. Marmara Denizi'ni çevreleyen Kuzey Anadolu Fay Hattı, İstanbul için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. 1999 Marmara Depremi, bu tehdidin ne kadar ciddi olduğunu göstermiş ve şehirdeki riskli yapıların varlığı, kentsel dönüşüm çalışmalarının gerekliliğini ortaya koymuştur.

Bu bağlamda, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı tarafından yürütülen İstanbul Kentsel Dönüşüm Strateji Belgesi güncelleme çalışmaları kapsamında, şehrin afet öncelikli müdahale alanlarını tespit etmek, riskli yapı stokunu analiz etmek ve afetlere karşı dayanıklılığını artıracak stratejiler geliştirmek amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın temel motivasyonu, İstanbul'da kentsel dönüşüm süreçlerinin hızlandırılması ve afetlere karşı daha güvenli, dirençli bir kent yaratma hedefidir. Özellikle deprem, sel, heyelan ve tsunami gibi tehlikelere karşı şehrin risk haritaları oluşturulmuş ve bu risklere yönelik öncelikli müdahale alanları belirlenmiştir. Bu çalışma kapsamında bir yandan 6306 sayılı yasa kapsamının şehirdeki yansımaları değerlendirilmekte, diğer yandan da kentin geleceğine yön verecek, bilimsel veriye dayalı öncelikli müdahale alanları belirlenip il bütünü kentsel dönüşüm strateji belgesinin güncellenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın ana amacı, İstanbul ilinin karşılaşması en olası ve karşılaştığında en fazla hasar, kayıp ve zarar bırakabilecek tehlikelerini belirlemektir. Bunu takiben belirlenen tehlikelerin etki alanlarını, büyüklük ve şiddetlerini ortaya koyabilecek analiz ve modelleri ortaya koyup tehlikelerin mekânsal dağılımını gösterecek tehlike haritalarının oluşturulması için gereken parametre ve veriler ile ilgili standart, format ve özniteliklerini göz önüne sermektir.

Bu çalışmada, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı analiz teknikleri ve çoklu risk değerlendirme yöntemleri kullanılmıştır. İstanbul'un hem doğa kaynaklı tehlikelere hem de sosyo-ekonomik kırılganlıklara karşı ne kadar savunmasız olduğunu ortaya koymak için çeşitli veri setleri ve analiz yöntemleri bir arada kullanılmıştır. Her bir afet türü (deprem, sel, heyelan, tsunami) ayrı ayrı ele alınmış ve her biri için risk haritaları oluşturulmuştur. Bu süreçte, deprem tehlikesi için İstanbul il genelinde 'Bütünleşik Deprem Riski Haritası'nın elde edilmesi için; Bina Hasarı, Deprem Sonrası Yangın, Doğalgaz Hattı Hasarı, İshale Hattı Hasarı, Yol Kapanması ve Sanat Yapıları Hasarı kriterleri belirlenmiştir. Kriter ağırlıkları, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden AHP (Analytical Hierarchy Process) kullanılarak belirlenmiş ve Bütünleşik Deprem Riski Haritası elde edilmiştir.

Deprem Sonrası Bina Hasarları Analizi için; "İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul İli Olası Deprem Kayıp Tahminlerinin Güncellenmesi Projesi", "İstanbul'un Olası Akut Şok ve Kronik Stresler Karşısında Kentsel Dayanıklılığının Ve Baş Edebilme Gücünün Artırılmasına Yönelik Ön Araştırma Veri Toplama Ve Model Kurgulama İş'i", mevcut projede maksimum yer ivme değerleri için Yaltırak, (2015) çalışması senaryolarına göre üretilen hasar analizleri ve mevcut projede 0.2sn spektral ivme değerleri için Yaltırak, (2015) çalışması senaryolarına göre üretilen hasar analizleri kullanılmıştır. Deprem Sonrası Sanat Yapıları Hasar Analizi için; maksimum yer ivmesi birimli deprem tehlike haritaları kullanılmış, sanat yapılarının yapı sınıflarına göre deprem sonrası hasar olasılıkları hesaplanmıştır. Deprem Sonrası Yol Kapanma Riski Analizi için, Deprem sonrası bina yıkılma olasılıkları verisi kullanılarak toptan göçme olasılığı %40'tan yüksek binaların, kat adetleri dikkate alınarak bina yükseklik değerleri elde edilmiştir. Deprem sonrası enkazlardan elde edilen bina yüksekliğinin ¼'ü enkaz alan yarıçapı olacak şekilde ilgili binalara tampon analizi uygulanmış, bina enkaz alanları verisi ile yol genişlikleri verileri kesişim analizine sokularak bina enkazı nedeniyle kapanması olası yollar verisi elde edilmiştir. Deprem Sonrası Yangın Analizi için, binanın dahili doğalgaz ve elektrik dağılım sisteminin uğradığı hasar ve binada bulunan cihazların devrilmeleri göz önünde bulundurulmuştur. Modelin akışı deprem tehlikesi ve binaların deprem tehlikesi ile aldıkları hasar olasılıklarının girdisi ile başlamakta olup, PGA talep parametresine göre oluşturulan deterministik deprem tehlike haritasına göre yanıcı maddelerin devrilme olasılıklarının hesaplanması ile bunların deprem sonrası tutuşma olasılıklarının belirlenmesi ile tamamlanmıştır. Deprem Sonrası Altyapı Hatları Riski Analizi, mekânsal girdilerin kullanılarak kilometre başına tamir oranının hesaplanması ile sonuçlanır. Her parça için verilen tamir oranı, parça uzunluğu ile çarpılarak gerekli tahmine ulaşılmıştır. Yapılan analizler sonrası doğalgaz hatları ve isale hatlarına ait çizgisel vektör veriler kullanılarak deprem hasar analizleri gerçekleştirilmiştir. Tüm bu kriterler bir araya getirilerek Bütünleşik Deprem Riski Haritası elde edilmiştir.

Çalışmada İstanbul il genelinde 'Risk ve Maruziyetler Haritası'nın elde edilmesi için; Deprem Riski, Sel/Taşkın Maruziyeti, Heyelan Maruziyeti ve Tsunami Maruziyeti kriterleri belirlenmiştir. İstanbul genelinde risk ve maruziyetin en fazla olduğu bölgeler, kaçak yapılaşmanın arttığı, nüfusun yoğun olduğu, eğitim ve gelir düzeyinin düşük olduğu

* Sorumlu Yazar: Tel:

E-posta: ali.tunc@ibb.gov.tr

bölgeler olarak ortaya çıkmaktadır. Bu açıdan bakıldığında sadece risk ve maruziyetin daha fazla olduğu yerlerde kentsel dönüşüme başlamak mekânsal olarak İstanbul Avrupa yakasında kentsel dönüşümün yoğunlaşması anlamına gelmektedir. Ancak bu yöntem, tüm Marmara bölgesini etkileyecek olan bir depremde yardım için Trakya bölgesindeki şehirlere muhtaç kalınması anlamına gelecek olup o bölgedeki illerin de geçmiş deprem şiddetleri incelendiğinde depremden oldukça fazla etkilendikleri görülmektedir.

Çalışma kapsamında yapılan analizler sonucunda alansal olarak afet öncelikli müdahale alanlarının belirlenmesi gerçekleştirilmiş olup, yapı adası üzerinden bölgeleme çalışması gerçekleştirilmiştir. Hasar oranı %40'ın altında olan adalar, 2007 sonrası ruhsat oranı

%80'nin altında olan adalar, ortalama kat sayısı 3'ün altında olan adalar ve TAKS oranı 0.45'in altında olan alanlar bölgelemeye dâhil edilmemiştir. Kısıtlayıcı olarak Tarım Alanları ve Orman Alanları kullanılmış; yapı adası uzaklığı maksimum 40 metre olacak şekilde bölgeleme gerçekleştirilmiştir ve son olarak 50.000 metrekare altı bölgeler elenmiştir. Sonuçta il genelinde Afet Öncelikli Müdahale Alanları belirlenmiştir.

Bu çalışmanın bulguları doğrultusunda, İstanbul'da afet öncelikli müdahale alanlarının belirlenmesine yönelik stratejik öneriler geliştirilmiştir. Kentsel dönüşüm projelerinin hızlandırılması ve özellikle deprem riski altındaki yapıların yenilenmesi gerekmektedir. Deprem kuşağında yer alan İstanbul'da, eski ve dayanıksız yapıların güçlendirilmesi veya yeniden inşa edilmesi hayati bir önem taşımaktadır. Bu bağlamda, kentsel dönüşüm süreçlerinin hızlandırılması için vatandaşların sürece daha fazla katılımı teşvik edilmeli ve dönüşüm projelerine yönelik bilgilendirme faaliyetleri artırılmalıdır. Afet risklerinin dinamik bir yapıda olduğu göz önünde bulundurularak, bu tür risk analizlerinin periyodik olarak güncellenmesi ve geliştirilmesi gerekmektedir. İstanbul'un doğal afetlere karşı dirençli bir kent haline gelmesi için sürekli olarak güncellenen ve gelişen coğrafi bilgi sistemleri tabanlı risk analizlerine ihtiyaç vardır. Bu analizlerin sonuçları, İstanbul genelinde kentsel planlama süreçlerinde etkin bir şekilde kullanılmalıdır. Çalışma sonucunda gerçekleştirilen Deprem Sonrası Bina Hasarları Analizinin dinamik bir sistem ile entegre edilerek Bina Hasar Analizi'nin veri güncellemeleriyle güncel tutulması ile ilgili bir sistem kurulması, ruhsat verilerinin ilçe belediyeleri ile entegre bir şekilde güncel tutularak, dijital olarak tutulması ile ilgili çalışmaların yapılması, İstanbul il genelinde yapı envanter güncellemesi yapılarak, dinamik ve entegre bir veri tabanında İstanbul yapı stoğunun tüm sözel veriler ile birlikte güncel tutulması için çalışmaların başlatılması başlıca ve ivedilikle gerçekleştirilmesi gereken adımlar olarak önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler

Afet Yönetimi, Kentsel Dönüşüm, Deprem Riski, Mekânsal Verinin Görselleştirilmesi, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Derin Öğrenme ile Depremden Sonra Enkaz Kaldırma Çalışmalarının Uydu Görüntüleriyle Takibi: Hatay Örneği

Berfin Nur Karabulut^{1,*}, Mustafa Yanalak²

¹*İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Coğrafi Bilgi Teknolojileri Bölümü, 34469, İstanbul.*

²*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul.*

Genişletilmiş Özet

Depremden sonra, yıkılmış binaların tespiti ve enkaz kaldırılması takibi günümüzde hem kamu kuruluşları hem de özel sektör tarafından saha ekipleriyle gerçekleştirilmektedir. Sahada insan gücünün kullanılması yerine yüksek çözünürlüklü uzaktan algılama görüntüleri karşılaştırılarak hangi binaların enkazının kaldırıldığı tespit edilebilir. Çoğu afetten sonra elde edilen uydu görüntüleri afetin yıkıcılığını ortaya çıkarmaktadır. Örneğin Göktürk ve Sentinel uydularının Kahramanmaraş merkezli depremde hemen sonra elde ettiği uydu görüntüleriyle eski görüntülerin karşılaştırılması depremin yıkıcılığının anlaşılmasını sağlamıştır.

6 Şubat Kahramanmaraş merkezli depremlerde en çok hasar alan ilimiz Hatay'dır. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞB)'nin Hatay'da 2 Mart 2023'te yaptığı enkaz kaldırma ihalesiyle başlayan süreçle beraber hangi binaların yıkıldığı takip edilmeye başlanmıştır. Çevre Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü (ÇED)'nin döküm sahası seçmesi, YİGM aracılığıyla hasar tespitlerinin saha ekipleriyle sisteme işlenmesi, yıkım ihalesi için Kentsel Dönüşüm Müdürlüğü ve ÇŞB iştiraklerinin enkaz hacimlerini belirli alanlara göre ayırması ile enkaz kaldırma ihalesi yapılmıştır. İhale gerçekleştirildikten sonra enkaz kaldırma takibi sonucu oluşan tespitler ÇŞB'nin vermiş olduğu her binaya özgü askı kodları ile bağdaştırılarak liste olarak tutulmaktadır. Bu askı kodları Yapı İşleri Genel Müdürlüğü (YİGM)'nin depremde hemen sonra saha ekipleriyle yapmış olduğu hasar tespit verileriyle eşleştirilmiş olup hem görsel hem de liste olarak 'Afet Koordinasyon Bilgi Sistemi'nde bulunmaktadır. Bu sistemden elde edilen binalar ana veriyi oluşturmakta olup enkazlar kaldırıldıkça yıkılan binalar kurumların kendi ayakta kalan yapılar verisine altlık olarak kullanılmaktadır. Enkaz kaldırıldıktan sonra ayakta kalan yapılardan hangilerinin kaldırılacağı ortaya çıkmakta olup kurumlar için bir yol haritası niteliği taşımaktadır. Enkazların kaldırılması için öncelikle hangi alanlarda daha fazla yıkım olduğunun belirlenmesi, bu alanlara erişimin olup olmaması ve döküm sahalarına uzaklıkları çalışmalar için önem taşımaktadır [1]. Bu çalışmalarda kurumlar arası bilgi akışının sürekli olması ve beraber çalışılması, yapılan işin bir kurumdan diğerine olacak şekilde ilerlediği için önem arz etmektedir.

Depremden sonra YİGM'nin hasar tespitlerindeki belirlenen binalar yıkık, acil yıkılacak, ağır hasarlı, orta hasarlı, az hasarlı, hasarsız ve değerlendirme dışı olarak nitelendirilmiştir. İlk enkaz kaldırma ihalesinde yıkık ve acil yıkılacak binalar için hesaplamalar yapılmış olup ilerleyen günlerde diğer binalar için çalışmalar devam etmiştir. Yıkık ve acil yıkılacak binaların enkaz kaldırılması bittikten sonra ÇŞB, 6306 Sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi kanununa bağlı olarak Rezerv Yapı Alanları (RYA) ilan etmeye başlamıştır. Bu alanlarda kanunun 6/A maddesi kapsamında riskli yapı tespitleri başlamış olup riskli çıkan yapılar tahliye edilmeye ve yıkımlarına başlanmıştır. Yıkık yapıların enkaz kaldırım bilgisi her gün Valilik'in internet sitesinde bir gün öncesinden paylaşılmış olup enkaz kaldırma gününde vatandaşlara eşyalarını alabilmek için bir süre tanımlanmıştır. Bu yıkımlar bina kodlarının günlük yıkım verilerinin eşlenmesiyle takip edilmektedir. Genel olarak kurumların kullandığı görsel veri ise hasar tespit lejantlarına göre gösterimi yapılan binalardan yıkık olanların silinmesi şekliyle ortaya çıkan ayakta kalan yapılardır. Ayakta kalan yapıları göstermek için kurumlar genellikle .kml veya .kmz uzantılı Google Earth verisi kullanmaktadır. Bu veri oluşturulurken CBS uygulamalarını bilen şehir plancısı, harita mühendisi, inşaat mühendisi ve harita teknikeri vb. gibi çalışanlardan yardım alınmaktadır. ÇŞB'nin belirlediği RYA'larda belirli aralıklarla drone görüntüleri alınmaktadır, bu sayede belirlenen alanlarda ne kadar ayakta kalan yapının olduğu raster veri üzerinden görülebilmektedir. Ayrıca ayakta kalan yapıların varlığı proje ihalelerinin geleceği için de önemli rol oynamaktadır. Ayakta kalan yapıların az olması proje uygulamasının daha hızlı yapılabilmesine olanak sağladığından enkaz kaldırımının takibi bu aşamada da önemli rol oynamaktadır.

Deprem sonrası uydu görüntülerinin kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde uzaktan algılama ile oluşturulan uydu görüntüleriyle genellikle hasar tespit çalışmaları yapılmıştır. Söz konusu çalışmalarda büyük oranda depremde hemen sonrası için yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri bulunabilirken deprem öncesi görüntüleri için bu geçerli olamamıştır [2-3]. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin elde edilmesinde en çok kullanılan yöntem uzaktan algılamadır. Bu yöntemle elde edilen görüntülerle de sınıflandırma en hızlı Derin Öğrenme (DÖ) ile yapılabilmektedir [4]. Uydu görüntüsünün sınıflandırılması için eğitim setleri ve test için kullanılacak veriler oldukça fazla olduğu için DÖ bu uygulamanın yapılabilmesi için en iyi tercihtir.

Karşılaştırmak için farklı tarihlerde elde edilmiş en fazla 2,5x2,5 m çözünürlüklü uydu görüntüleri bulunmuştur. Bu uydu görüntülerinin eğitim setleri oluşturulmuş ve Arcgis Pro kullanılarak DÖ ile sınıflandırma uygulaması yapılmıştır. Eğitim setleri oluşturulurken 5 sınıf olarak ayırım yapılmıştır. Bu sınıflar; su yüzeyleri, yeşil alanlar, yollar, yapılar, yapı bulunmayan alanlardır. Her sınıf için 100'den fazla örneklem seçilmiştir. Bu sınıflar hem eski hem de yeni uydu

* Sorumlu Yazar: Tel: (0553 291 85 33)

E-posta: karabulutb16@itu.edu.tr (Berfin Nur Karabulut), yanalak@itu.edu.tr (Mustafa Yanalak)

görüntülerinde belirlenerek ‘Compare’ aracılığıyla karşılaştırma işlemi yapılmıştır. Eski ve yeni uydu görüntülerinin sınıflandırılması sonucu ortaya çıkan veriler karşılaştırıldığında ortaya hangi alanlarda değişim olduğu görülmüştür. Ortaya çıkan sonuçlarda yapılar ve yapı bulunmayan alanlardaki değişim yıkılan binaları göstermektedir. En son yapılan uygulama sonucunda o tarih aralığında kaldırılan enkazlar görülebilmektedir. Bu çalışmanın teyidinin yapılması için saha ekipleri aynı tarih aralığında enkaz kaldırma çalışmalarını takip etmiş ve DÖ sonucu ile karşılaştırılması yapılmıştır. Karşılaştırma sonucunda hala enkaz kaldırma ve yıkım çalışmaları devam eden binalarda, bazı etaplarında inşaata başlanmış RYA’larda ve alana yeni konulmuş konteyner benzeri yapıların sınıflandırmada ‘yapı’ sınıfında kaldığı ve eski tarihli görüntüde bazen değişiklik olarak algıladığı bazen de algılamadığı görülmüştür. Eski görüntüde enkaz kaldırılan yerde yeni görüntüde konteyner var ise veya inşaata başlanmışsa tersine değişiklik algılanmıştır. Enkaz çalışmalarının olduğu ve inşaatına devam edilen yapılarda ise bazı görüntülerde yapı olarak bazı alanlarında ise yapı bulunmayan alanlarda sınıflandırıldığı için değişiklik görünmüştür.

Çalışmalarda uydu görüntülerinin çözünürlüklerinin aynı olmaması sebebiyle bazı tarihlerdeki çalışmalarda hata oranı daha fazla çıkmıştır. Hatay genelinde RYA’lar büyük bir alan kapladığı için yapılan çalışmaların süresi uzun olmaktadır. Eğitim setlerindeki örnekler ne kadar çeşitli olursa olsun bazı nadir alanlarda çatıların veya enkazın değişkenlik göstermesinden dolayı uygulama bu alanlarda hataya daha fazla yer vermiştir. ÇŞB’nin belirlediği RYA’larda kamunun yıktığı bina verilerine ulaşılabilirken kişilerin özel olarak yıktığı binalara erişim sadece saha tespiti ile mümkün olduğu için teyit verisi günlük olarak hazırlanamamaktadır. RYA’larda tahliye ve enkaz kaldırması daha hızlı gerçekleşirken rezerv alan olmayan bölgelerde bu çalışma daha uzun tarihlere yayılabilmektedir. Ayrıca RYA olmayan bölgelere saha ekipleri gitmediği için bu alanlarda saha tespiti yapılamamıştır. Bu çalışmaların yapılabilmesi için ÇŞB’nin RYA ilan etmediği bölgelerin de takip edilmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalar kamu ve özel sektördeki kurumların yıkım takibini hızlı ve görsel olarak erişilebilir kılıp saha için insan gücünün azaltılmasını sağlayabilir. Afet Koordinasyon Bilgi sistemindeki bina kodları ile yıkım verisi işlenerek ayakta kalan yapıların takibi bu sistem üzerinden gösterilebilir. Yıkım verisinin insan eliyle sisteme girilmesinden DÖ ile elde edilmiş ön veriden yola çıkılarak ilerlenmesi yapılacak olan işlemlerin de hızlı bir süreçten geçmesini sağlayacaktır. Bu işlemler şu anda sadece ÇŞB yetkililerinin görebileceği bir platformda gösterilmektedir. Önümüzdeki günlerde şeffaf ve anlaşılır bir şekilde yapılan çalışmaların çoğunun eğitim, araştırma veya vatandaş bilgilendirme için paylaşılması önemlidir.

Anahtar Kelimeler

CBS ve Doğal Afet Yönetimi, Derin Öğrenme, Uzaktan Algılama, Görüntü Sınıflandırma, Enkaz Kaldırma

Kaynaklar

- 1.Erdoğan, N. İskender, H., Trabzon, L., (2007) Afetlere ve olağandışı olaylara müdahalede enkaz yönetimi. *TMMOB Afet Sempozyumu*, Ankara, 289-294.
- 2.Ehrlich, D., Guo, H. D., Molch, K., Ma, J. W., & Pesaresi, M. (2009) Identifying damage caused by the 2008 Wenchuan earthquake from VHR remote sensing data. *International Journal of Digital Earth*, 2(4), 309–326.
- 3.Ji, M., Lanfa L., Manfred B. (2018) Identifying collapsed buildings using post-earthquake satellite imagery and convolutional neural networks: A case study of the 2010 Haiti earthquake. *Remote Sensing*, 10(11):1689.
- 4.Kavzoğlu, T., Yılmaz, E. Ö., (2021) Derin öğrenmenin temel prensipleri ve uzaktan algılama alanındaki uygulamaları. *HGM Harita Dergisi*, 166: 25-43.

Gediz Deltası Taşkın Risk Analizinde Global ve Açık Erişimli Yükseklik Modellerinin Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Osman Sami Kırtıloğlu¹, Nevin Betül Avşar¹, Elif Akyel¹

¹İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 35535, İzmir.

Geniştirilmiş Özet

Küresel ısınma ve beraberindeki iklim değişikliği, dünya genelinde birçok çevresel sorunu tetikleyen önemli bir olgudur. Bu değişikliğin en belirgin göstergelerinden biri deniz seviyesi yükselmesidir. Özellikle korunmasız kıyı alanları, deniz seviyesi değişimlerinden doğrudan etkilenmekte ve bu durum kıyısız ekosistemler, kıyısız mühendislik yapıları ve hatta insan hayatı üzerinde ciddi tehditler oluşturmaktadır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC), deniz seviyesinin 2100 yılına kadar ortalama 0.5 ile 2.0 metre arasında yükseleceğini öngörmektedir (IPCC, 2023). Bununla birlikte, deniz suyu sıcaklığının artmasına bağlı yoğun fırtına etkinliği ve aşırı yağışlar kıyısız alanlarda sel ve taşkın risklerini de artırmaktadır. Bu nedenle kıyı alanlarının kentsel planlanmasında ve bu alanlardaki mühendislik projelerinin uygulanmasında deniz seviyesi yükselmesinin bir risk faktörü olarak düşünülmesi gerekmektedir. Türkiye'nin kıyı bölgeleri de hem yerleşim alanlarının sıklığı hem de ekonomik faaliyetlerin yoğunluğu açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu çalışma, Türkiye kıyı bölgelerinde deniz seviyesi değişimlerinin etkilerini daha hassas bir şekilde izleyebilmek için sayısal yükseklik modellerinden (SYM) yararlanmayı amaçlamaktadır. Çalışma, farklı SYM'leri bir arada kullanarak taşkın riskine maruz kalabilecek alanlar ile ilgili kapsamlı bir analiz sunmayı hedeflemektedir. SYM'ler, kıyı bölgelerindeki potansiyel riskleri değerlendirmek ve deniz seviyesinin yükselmesi gibi çevresel değişikliklerin etkilerini incelemek için kritik araçlar arasında yer almaktadır. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) verileri, bu kapsamda dünya genelinde kıyı bölgelerinin topografik analizinde kullanılan temel kaynaklardan biri olarak öne çıkmaktadır (Demirkesen vd., 2007). ASTER GDEM (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model) ise geniş bir kapsama alanı sağlayarak dünya genelinde arazi yüksekliklerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Luana vd., 2015).

Bu modeller, deniz seviyesinin yükselmesine karşı savunmasız olabilecek kıyı bölgelerini tespit etmek ve analiz etmek için gerekli olan yüksek çözünürlüklü bilgileri sağlamaktadır. Benzer şekilde, TanDEM-X modeli de yüksek çözünürlüklü yükseklik verileri sunarak deniz seviyesindeki değişimlerin ve kıyı alanlarına etkilerinin değerlendirilmesinde önemli bir araç olarak kullanılmaktadır (IPCC, 2021). Avrupa'nın Copernicus programı tarafından sağlanan Copernicus DEM özellikle Avrupa kıyıları ve diğer bölgesel deniz seviyesinin yükselmesi senaryoları için önemli bir kaynak sunmaktadır (European Commission, 2020; Melet vd., 2021). Bunun yanında, deniz tabanının topografik yapısını anlamak için kullanılan General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO) verileri, deniz seviyesindeki değişikliklerin kıyı erozyonu ve taşkın riski üzerindeki etkilerinin analizine katkı sağlamaktadır (Daly vd., 2022). Daha detaylı bir analiz için, AW3D30 modeli 30 metrelik çözünürlükte küresel yükseklik verisi sunarak kıyı bölgelerinin incelemesinde kullanılmaktadır (Almar vd., 2021). Özellikle delta gibi hassas ekosistemler için MERIT DEM, yüksek kaliteli veri sunmakta ve bu alanlardaki çevresel değişiklikleri daha doğru bir şekilde değerlendirmek için imkânı vermektedir (European Commission, 2020; Melet vd., 2021). Diğer yandan, LiDAR tabanlı SYM'ler, yüksek hassasiyet gerektiren çalışmalar için kritik veriler sunar ve özellikle kıyı bitki örtüsünün analizi gibi ayrıntılı çalışmalar için tercih edilmektedir (Dusseau vd., 2024). Bu bağlamda, Diluvium DEM de kıyı ekosistemleri ve deniz seviyesi değişiklikleri üzerindeki çalışmalarda kullanılan yüksek çözünürlüklü bir SYM olarak öne çıkmaktadır. Diluvium DEM, hassas ekosistemlerde, özellikle kıyı bölgelerindeki değişimlerin modellenmesinde kullanılmaktadır ve deniz seviyesi değişimleri gibi konularda detaylı analizler yapmayı mümkün kılmaktadır (Dusseau vd., 2024). Delta DTM (Digital Terrain Model) gibi modellerle birlikte, kıyı bölgelerindeki çevresel değişimlerin daha derinlemesine anlaşılmasına katkı sağlamaktadır (Pronk vd., 2024).

Yapılan çalışmalar, Türkiye'nin kıyı bölgelerinin deniz seviyesi değişimlerine karşı özellikle delta bölgeleri gibi hassas alanlarda daha kırılgan olduğunu ortaya koymaktadır (Demirkesen vd. 2008; Simav ve Şeker, 2013). Bu durum, kıyı yönetim politikalarının yeniden ele alınması gerektiğini göstermekte ve yerel yönetimlerce somut adımların atılmasını gerektirmektedir. Delta bölgelerinde deniz seviyesinin yükselmesi; yer altı su kaynaklarının tuzlanması, ekosisteminin bozulması, verimli tarım alanlarının kaybı ve kıyısız erozyon gibi sonuçlar doğurmaktadır (Gazioğlu vd, 2010; IPCC, 2021).

İklim değişikliği ile ilişkili simülasyonlar, kıyı su baskınlarının olası senaryolarını incelemekte ve bu senaryolar Avrupa Birliği tarafından belirlenen iklim direktifleri ile çerçevelenmektedir (European Commission, 2020; Dusseau vd., 2024). Deniz seviyesi yükselmesinin olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla Avrupa Birliği, Kıyı Yönetimi ve İklim Değişikliği Adaptasyonu Stratejileri gibi politikalarını hayata geçirmektedir. Bu politikalar çerçevesinde, kıyı bölgelerindeki toplulukların kalıcı ve geçici su baskınlarına karşı dirençli hale gelmesi ve bu tür olayların etkilerinin en aza indirilmesi için çeşitli önlemler önerilmektedir. Önerilen önlemler arasında doğal koruma alanlarının oluşturulması, kıyı yapılarının güçlendirilmesi, risk analizlerinin yapılması, erken uyarı sistemlerinin kurulması ve toplum bilincinin artırılması gibi stratejiler yer almaktadır. Bu önlemler, kıyı bölgelerinin iklim değişikliğine karşı dayanıklılığını artırmayı

* Sorumlu Yazar: Tel: (0232) 3293535

E-posta: osmansami.kirtiloglu@ikcu.edu.tr (Osman Sami Kırtıloğlu), nevinbetul.avsar@ikcu.edu.tr (Nevin Betül Avşar), elif.akyel@ikcu.edu.tr (Elif Akyel)

hedeflemektedir. Özellikle deltalar gibi doğal koruma alanlarının artırılması, biyoçeşitliliğin korunması ve kıyı ekosistemlerinin daha sürdürülebilir hale gelmesi için önemlidir. Risk analizleri, kıyı bölgelerindeki potansiyel tehlikeleri belirleyerek, yerel yönetimlerin bu tehlikelerle başa çıkma kapasitesini sağlar. Erken uyarı sistemleri, taşkın risklerinin önceden belirlenmesi ve bu durumlara karşı hazırlıklı olunması açısından büyük bir önem taşır. Toplum bilincinin artırılması, yerel halkın iklim değişikliği ve deniz seviyesi yükselmesi konularında bilgi sahibi olmasını sağlar ve bu konuda toplumun harekete geçmesini teşvik eder. Kıyı yönetimi süreçlerinde farklı disiplinlerden elde edilen verilerin ve bilgilerin paylaşılması da, daha etkin karar alma süreçlerine katkı sağlamaktadır (Dusseau vd., 2024).

Bu çalışmada, deniz seviyesi değişim senaryolarını değerlendirmek amacıyla seçilen global yükseklik modelleri ile karşılaştırmalı testler gerçekleştirilmiştir. Bu yaklaşım, kıyı modellerinin etkinliğini değerlendirerek sonuçların paylaşılmasını sağlayacak ve deniz seviyesi değişimlerinin daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunacaktır. Bu süreçte, Harita Genel Müdürlüğü Sayısal Yüzey Modeli 5 m Seviye-0 (SYM5-L0), doğrulama amacıyla kullanılmış ve kıyı modellerinin performansı karşılaştırılmıştır. Çalışmada ele alınan yükseklik modelleri, global kapsama sahip ve açık erişimli, özellikle kıyı alanlarının analizlerinde kullanılmak üzere farklı yöntemlerle ve çoklu yükseklik modellerinin kullanılmasıyla doğrulukları artırılmış Diluvium DEM ve Delta DTM'dir. Deniz seviyesindeki değişim senaryoları için iki farklı yaklaşım ele alınmıştır. İlk senaryoda Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES) tarafından sağlanan Menteş (MNTS) / İzmir mareograf istasyonu deniz seviyesi verileri değerlendirilmiştir. Bu senaryo aynı zamanda istasyona yakın düşük yükseltili karakteristik bir bölge olan Gediz Deltası'nın da çalışma alanı olarak seçilmesinde rol oynamıştır. Gediz Deltası, deniz seviyesindeki değişimlerin etkilerine son derece açık bir bölgedir. Ege Bölgesi'nde İzmir ili sınırları içerisinde yer alan bu delta, coğrafi konumu itibarıyla, Gediz nehrinin Ege Denizi'ne döküldüğü yerde bulunmaktadır. Bu stratejik konum, deniz seviyesinin yükselmesi durumunda deltayı risk altına sokmaktadır. Özellikle alçak arazi yapısına ve geniş sulak alanlara sahip olması, Gediz Deltası'nı bu tür değişikliklere karşı daha kırılgan hale getirmektedir. Bu tür bölgelerdeki kırılganlık, özellikle tarımsal üretim ve biyolojik çeşitlilik gibi hayati öneme sahip ekosistem hizmetlerinin bozulmasına neden olabilir. Bu doğrultuda, deniz seviyesi değişimlerinin uzun vadeli trendlerinin incelenmesi, bölgedeki su baskını risklerinin değerlendirilmesi önem kazanmakta ve deniz seviyesi yükselmesinin potansiyel etkilerini belirlemek amacıyla çeşitli izleme sistemlerinden elde edilen veriler kritik bir rol oynamaktadır. Bu amaçla TUDES'ten sağlanan 15'er dakikalık deniz seviyesi verileri kullanılarak aylık ortalamalar hesaplanmış ve ilgili istasyonun Nisan 1999 – Aralık 2023 dönemine ait deniz seviyesi değişimleri incelenmiştir. Aylık ortalama deniz seviyesi zaman serilerinin analizi sonucunda; Menteş mareograf istasyonunda 3.7 ± 0.5 mm/yıl bağıl deniz seviyesi trendi bulunmuştur. Öncelikle trend hesabı için, yıllık ve yarı-yıllık periyotlu mevsimsel sinüsoidal sinyaller en küçük kareler yöntemi ile aylık mareograf zaman serilerinden çıkarılmıştır (Avşar, 2019; Yıldız ve Simav, 2014). Böylelikle mevsimsel etkilerden arındırılmış olan aylık ortalama deniz seviyesi zaman serilerinin lineer regresyon analizi yapılmış ve sonuçlar Menteş mareograf istasyonunda bir bağıl deniz seviyesi yükselme trendi göstermiştir. Mann-Kendall analizi ile trendin anlamlılığı test edilmiş ve sonucunda Sen's slope testi ile de aynı yükselme trendi elde edilmiştir. Diğer yandan, Yıldız ve Simav (2014), aynı bölgede karasal bir çökme hareketini de işaret etmektedir.

İkinci senaryoda ise IPCC'nin 6. değerlendirme raporundaki (IPCC, 2023) deniz seviyesi projeksiyona göre elde edilmiş trend değerleri dikkate alınmıştır. Bu projeksiyonlar, gelecekteki sera gazı emisyonları tahminleri göz önüne alınarak oluşturulmuştur. Elde edilen veriler doğrultusunda gelecekteki deniz seviyesi projeksiyonlarına dayalı olarak 2100 yılı ve farklı tarihler için Gediz Deltası'nda su baskını riski altındaki alanlar belirlenmiştir. Bu amaçla, NASA Sea Level Projection Tool'da IPCC senaryolarına dayanan Menteş istasyonu deniz seviyesi yükselmesi trendleri kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, deniz seviyesindeki artışın projeksiyonları, farklı sosyoekonomik senaryolar (SSP) altında sera gazı emisyonlarının değişkenlik gösterdiği varsayımlar çerçevesinde değerlendirilmiştir. IPCC tarafından sunulan SSP senaryolarına göre, en düşük emisyon öngörüsü olan SSP1-1.9 ve SSP1-2.6 senaryolarında, küresel ısınmanın 1.5°C ile sınırlandırılması hedeflenmektedir ve bu senaryolar altında 2100 yılına kadar deniz seviyesindeki yükselmenin sınırlı kalacağı, maksimum 0.5 metre civarında olacağı öngörülmektedir. Orta düzey emisyon senaryosu olan SSP2-4.5, daha ılımlı bir artış öngörmekte ve 2100 yılında deniz seviyesinin 0.5 ila 1.0 metre arasında yükseleceğini tahmin etmektedir. SSP3-7.0 senaryosu, daha yüksek emisyon seviyeleri ve sınırlı iklim politikaları öngören bir senaryo olup, 2100 yılında deniz seviyesinin 1.5 metreyi aşabileceğini göstermektedir. En olumsuz senaryolar olan SSP5-8.5 ve SSP5-8.5 Düşük Güven projeksiyonlarına göre ise, sera gazı emisyonlarının hızla arttığı durumda deniz seviyesindeki yükselmenin 2 metreye kadar ulaşabileceği ve bu artışın özellikle 2080-2100 yılları arasında gerçekleşebileceği belirtilmektedir. Bununla birlikte, düşük güvenilirlik derecesi içeren bu projeksiyonlar, yüksek etkili ve düşük olasılıklı buz tabakası kayıplarını da göz önünde bulundurarak daha ekstrem sonuçlar öngörmektedir. Bu değerlendirmeler, SSP1-2.6 gibi senaryolar altında iyimser sonuçlar verirken, SSP5-8.5 senaryosu altında deniz seviyesindeki aşırı yükselişin kıyı bölgeleri için büyük bir tehdit oluşturabileceğini ortaya koymaktadır. Nihayetinde, bu projeksiyonlar, gelecekteki sera gazı emisyonlarının etkilerini ve deniz seviyesindeki değişimlerin coğrafi alanlar üzerindeki potansiyel etkilerini analiz etmeye yöneliktir. Bu nedenle, Gediz Deltası'nda meydana gelecek su baskınları ve kıyı erozyonu gibi olayların etkilerini daha iyi anlayabilmek için bu verilerin ve senaryoların dikkate alınması kritik öneme sahiptir. Bu verilerin analizi, Gediz Deltası'ndaki iklim değişikliği ile ilgili risklerin yönetimi açısından önemli bir çerçeve sunmakta ve kıyı bölgelerinde meydana gelebilecek potansiyel tehlikelerin önceden belirlenebilmesine olanak sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler

Küresel Isınma, Deniz Seviyesi Yükselmesi, Menteş Mareograf İstasyonu, Sayısal Yükseklik Modeli, Kıyı Yönetimi, Değişim Analizi

Kaynaklar

- Amante, C. J. (2018). Estimating Coastal Digital Elevation Model Uncertainty. *Journal of Coastal Research*, 15(01).
- Avşar, N. B. (2019). Karadeniz'de deniz seviyesi değişimleri ve kıyı alanları üzerindeki etkileri (Doktora tezi). Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- Daly, C., & Baba, W. M. (2022). The new era of regional coastal bathymetry from space: A showcase for Western Africa. *Remote Sensing of Environment*, 14(52).
- Demirkesen, A. C., & Evrendilek, F. (2007). Coastal flood risk analysis using landsat-7 ETM+ imagery and SRTM DEM: A case study from Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 14(56).
- Demirkesen, A. C., & Evrendilek, F. (2008). Quantifying coastal inundation vulnerability of Turkey to sea-level rise. *Environmental Monitoring and Assessment*, 17(13).
- Ding, H., Liu, J., & Yang, X. (2023). Performance assessment of global open-access digital elevation models in China's coastal areas. *Earth Surface Processes and Landforms*, 14(50).
- Dusseau, D., & Zobel, Z. (2023). DiluviumDEM: Enhanced accuracy in global coastal digital elevation models. *Remote Sensing of Environment*, 14(54).
- Eakins, B. W., & Grothe, P. R. (2014). Challenges in building coastal digital elevation models. *Journal of Coastal Research*, 15(02).
- European Commission. (2020). *PESETA IV: Climate change impacts and risks for European regions*. Joint Research Centre, Publications Office of the European Union.
- Fandé, M. B., & Lira, A. C. (2022). Using TanDEM-X Global DEM to Map Coastal Flooding Exposure under Sea-Level Rise. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 14(58).
- Gazioglu, C., Burak, S., & Yücel, Z. (2010). Foreseeable impacts of sea level rise on the southern coast of the Marmara Sea. *Water Policy*, 17(11).
- IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press, doi:10.1017/9781009157896.
- IPCC, 2023: Politika Yapıcılar İçin Özet. İçinde: İklim Değişikliği 2023: Sentez Raporu. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Altıncı Değerlendirme Raporuna Çalışma Grupları I, II ve III'ün Katkısı [Çekirdek Yazım Ekibi, H. Lee ve J. Romero (editörler)]. IPCC, Cenevre, İsviçre, s. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001 .
- Kulp, S. A., & Strauss, B. H. (2018). CoastalDEM: A global coastal digital elevation model improved from SRTM using neural networks. *Remote Sensing of Environment*, 14(56).
- Luana, S., & Hou, X. (2015). Assessing the accuracy of SRTM DEM and Aster GDEM datasets for the coastal areas of the South China Sea. *Polish Maritime Research*, 14(38).
- Melet, A., Buontempo, C., & Le Cozannet, G. (2021). European Copernicus Services to Inform on Sea-Level Rise Adaptation: Current Status and Future Needs. *Frontiers in Marine Science*, 15(01).
- Pronk, M., Hooijer, A., & Schuster, M. (2024). DeltaDTM: A global coastal digital terrain model. *Scientific Data*, 14(54).
- Small, C., & Sohn, R. A. (2015). Correlation scales of digital elevation models in developed coastal environments. *Remote Sensing of Environment*, 15(02).
- Yıldız, H., & Simav, M. (2009). TÜRKİYE'NİN GÜNEYBATI KIYILARINDAKİ MAREOGRAF İSTASYONLARI. *Environmental Monitoring and Assessment*, 17(5).

Landsat 9 ile Taşkın Hasar ve Risk Analizi; Zonguldak Örneği

Nehir UYAR^{1,*}, Alihsan ŞEKERTEKİN²

¹ Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Zonguldak.

² Iğdır Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Iğdır.

Genişletilmiş Özet

Dünya çapında taşkınlar, en yaygın görülen ve en geniş coğrafi dağılıma sahip doğal afet türüdür ve bu da taşkın yönetimi ve risk analizinin önemini artırmaktadır (Xu vd., 2016). Taşkınlar doğal afetler arasında önemli bir yer tutan, özellikle kıyı bölgelerinde yerleşim alanlarını, tarımsal üretim sahalarını ve doğal ekosistemleri tehdit eden ciddi çevresel risklerdir. Bu afetler, ani su yükselmeleri sonucu tarım alanlarında verim kayıplarına, şehirlerde altyapı hasarlarına ve doğal yaşamda ekosistem tahribatlarına yol açarak hem ekonomik hem de sosyal açıdan ciddi zararlar doğurabilir. Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Zonguldak ili, coğrafi yapısı ve iklim koşulları sebebiyle taşkın riskinin yüksek olduğu bölgelerden biridir. Bölgede özellikle kış ve ilkbahar aylarında yoğun yağışlar görülmekte, bu durum akarsuların taşmasına ve geniş alanların su altında kalmasına neden olmaktadır. Zonguldak'ın engebeli topografyası, yağış sularının hızlı bir şekilde akışa geçmesine ve taşkın riskinin artmasına katkıda bulunur. Bu nedenle, taşkın olayları hem bölgenin ekosistemini hem de yerel halkın yaşamını ciddi şekilde etkilemektedir. Ayrıca, bu taşkınlar hem tarımsal faaliyetlerde hem de kentsel gelişimde sürdürülebilirliği tehdit ederek bölgenin uzun vadeli kalkınma hedeflerini de olumsuz yönde etkileyebilir.

Çalışma kapsamında, Landsat 9 uydu verileri, Küresel Yüzey Suyu (Global Surface Water-GSW) verileri ve Mekik Radar Topografya Misyonu (Shuttle Radar Topography Mission-SRTM) yükseklik verileri kullanılarak bölgenin taşkın riski haritaları oluşturulmuş, taşkın tehlikeleri belirlenmiş ve bu risklerin yönetimi konusunda çeşitli öneriler geliştirilmiştir. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) teknolojilerinin entegrasyonu ile yapılan bu analizler, bölgedeki su kaynaklarının ve taşkın riski ile ilgili unsurların detaylı bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır. Taşkınların ekosistem ve yerleşim alanları üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla bu tür analizler büyük bir önem taşımaktadır. Landsat 9 uydu verileri, bölgedeki bitki örtüsünü ve su kaynaklarını izlemek amacıyla kullanılmış ve özellikle Normalleştirilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI) ile Normalleştirilmiş Fark Su İndeksi (NDWI) analizleri gerçekleştirilmiştir. NDVI, bitki örtüsünün sağlığını ve yoğunluğunu değerlendirirken, NDWI su varlığını belirlemek için kullanılır. Küresel Yüzey Suyu verileri ise bölgedeki su kütlelerinin mevsimsel ve kalıcı değişimlerini izlemek için kullanılmıştır. GSW verileri, bölgedeki yüzey suyunun mevsimsel değişimlerini anlamamıza yardımcı olan önemli bir kaynaktır. Bu veriler, yüzey suyu dinamiklerini uzun vadeli ve detaylı bir şekilde analiz etme imkânı sunmaktadır (Pekel ve ark., 2016). Buna ek olarak, SRTM verileri ile bölgenin topografik yapısı ve yükseklik farklılıkları belirlenmiş ve bu veriler taşkın risk modellemesinde önemli bir bileşen olarak kullanılmıştır. Mekik Radar Topografi Misyonu (SRTM), dünya genelinde dijital yükseklik modelleri üretmek için çift antenli radar teknolojisi kullanarak büyük bir ilerleme sağlamıştır (Farr ve Kobrick, 2000; Rabus ve ark., 2003). SRTM verileri, arazi eğimi ve yükseklik değişimlerini belirlemede önemli olup, özellikle taşkın riski analizlerinde kritik bir rol oynamaktadır.

Karar verme, alternatifler arasından seçim yapma sürecini ifade ederken, çok kriterli karar verme (ÇKKV) karmaşık sorunlarda birden fazla kriterin değerlendirilmesini sağlar. Bu çalışmada, ÇKKV yöntemleri kullanılarak karar problemleri çok kriterli karar analizi (ÇKKA) yaklaşımıyla yapılandırılmış ve parametreler belirli eşik değerlerine göre sınıflandırılmıştır (Malczewski, 1999). Çalışmada bu yöntemler, Google Earth Engine (GEE) platformu aracılığıyla uygulanmıştır. GEE, uzaktan algılama verilerinin işlenmesi ve analizi için güçlü bir araçtır. Taşkın tehlikesinin belirlenmesinde uzamsal veri katmanları bir araya getirilmiş ve her bir katman için puanlama yapılmıştır. Öncelikle GSW verileri kullanılarak bölgedeki su varlığı ve kalıcı su alanları tespit edilmiş, bu alanlardan olan mesafeye bağlı olarak belirli eşik değerlerine göre bir tehlike puanı atanmıştır. Sonrasında, SRTM yükseklik verileri kullanılarak bölgenin topografik özellikleri analiz edilmiş, yükseklik ve topografik pozisyon indeksi hesaplanarak bu veriler belirli aralıklara göre sınıflandırılmış ve taşkın tehlikesine katkıda bulunacak şekilde puanlandırılmıştır. Aynı şekilde, Landsat 9 uydu görüntülerinden elde edilen NDVI ve NDWI değerlerine bağlı olarak bitki örtüsünün yoğunluğu ve su durumu belirlenmiş ve bu parametreler taşkın riskine katkı sağlayacak şekilde puanlandırılmıştır. Bu verilerin birleşimi sonucunda genel bir taşkın tehlikesi haritası oluşturulmuştur.

Yapılan analizler sonucunda, Zonguldak ilinde taşkın riskinin en yüksek olduğu alanlar tespit edilmiştir. Su kütlelerine yakın ve düşük rakımlı bölgeler, taşkın riski açısından yüksek riskli bölgeler olarak belirlenmiştir. GSW verileri ile yapılan analizler, kıyı bölgelerinde su kütlelerinin mevsimsel değişimlerini ve genişlemelerini ortaya koymuş, bu da kıyı kesimlerinde taşkın riskinin arttığını göstermiştir. Ayrıca SRTM verileri ile yapılan topografik analizler, kıyıya yakın düşük rakımlı bölgelerde taşkın riskinin önemli ölçüde yüksek olduğunu doğrulamıştır. NDVI ve NDWI analizleri sonucunda, bitki örtüsünün yoğun olduğu iç kesimlerde taşkın riskinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, bitki örtüsünün taşkın riskini azaltıcı bir faktör olarak önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Bitki örtüsünün sağlığı, erozyonu önleyerek ve suyun toprağa emilimini artırarak taşkın riskinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır.

* Sorumlu Yazar: Tel: 0 (372) 260 06 02

E-posta: alihsan.sekertekin@igdir.edu.tr (Alihsan Şekertekin), nehiruyar@beun.edu.tr (Nehir Uyar)

Çalışmanın sonuçları, Zonguldak ili kıyı kesimlerinde taşkın riskinin yüksek olduğunu ve özellikle düşük rakımlı bölgelerde su taşkınlarının büyük bir tehdit oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, kıyı kesimlerinde su kütlelerinin geniş alanlara yayıldığını gösteren NDWI analizleri, taşkın riskinin arttığını doğrulamaktadır. Bitki örtüsünün yoğun olduğu iç kesimlerde ise taşkın riskinin azaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum, Zonguldak ilinin doğal kaynaklarının korunmasının ve sürdürülebilir yönetiminin önemini bir kez daha vurgulamaktadır.

Bu çalışmada kullanılan mekânsal veriler, taşkın riski analizlerinde mekânsal çözünürlüğün artırılması ve bölgedeki su kütlelerinin dinamiklerinin anlaşılması açısından kritik bir rol oynamaktadır. Uzaktan algılama ve CBS teknolojileri, bu verilerin işlenmesi ve taşkın riski ile ilgili mekânsal dağılımların belirlenmesi için etkili bir araç olarak kullanılmıştır. Sonuç olarak, taşkın tehlikesine karşı alınacak önlemlerin, özellikle su kaynaklarına yakın ve düşük rakımlı alanlarda planlanması gerektiği vurgulanmaktadır. Aynı zamanda, ormansızlaşmanın ve tarım faaliyetlerinin artması, taşkın riskini artıran faktörler arasında yer almakta olup, bu tür insan faaliyetlerinin kontrol altına alınması gerektiği belirtilmektedir. Doğal habitatların korunması, taşkınların etkilerini azaltmada ve ekosistem sağlığının sürdürülebilirliğinde önemli bir rol oynamaktadır.

Bu çalışmanın bulguları, Zonguldak ili için oluşturulan çok katmanlı taşkın tehlikesi haritası ile önemli sonuçlar ortaya koymaktadır. Harita sonuçlarına göre, kıyıya yakın yerleşim alanları taşkın tehlikesine karşı savunmasız bir konumda olup, özellikle 1000 metre veya daha yakın mesafelerde riskin arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, topografik analizler düşük rakımlı alanlarda taşkın tehlikesinin daha yüksek olduğunu ortaya koymuş ve bu bölgelerde altyapı güçlendirmelerinin önemine dikkat çekmiştir. Bu açıdan, yerel yönetimlerin ve planlamacıların, taşkın riski olan bölgelerde acil durum hazırlıklarını güçlendirmesi ve etkili bir risk yönetim planı oluşturması büyük önem taşımaktadır. Yoğun bitki örtüsü ise taşkın riskini azaltıcı bir faktör olarak tespit edilmiş ve bu nedenle doğal bitki örtüsünün korunmasının önemine vurgu yapılmıştır.

Çalışmanın sınırlamaları da bulunmaktadır. SRTM verilerinin 30 metre çözünürlükte olması, topografik detayların tam olarak yakalanamamasına neden olmuş, bu nedenle gelecekte daha yüksek çözünürlüklü uydu verilerinin kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca, Landsat 9 uydu görüntülerinin bulut örtüsü gibi atmosferik faktörlerden etkilenmesi, analizlerin doğruluğunu sınırlayan faktörler arasında yer almaktadır. Gelecekte daha yüksek çözünürlüklü veriler ve iklim değişikliği faktörlerinin de taşkın riski analizlerine entegre edilmesi önerilmektedir. İklim değişikliği, taşkın olaylarının sıklığını ve şiddetini artırma potansiyeline sahip olduğundan, bu tür değişkenlerin dikkate alınması taşkın risk yönetimi için kritik bir faktördür.

Gelecekte veri erişimini artıracak potansiyel gelişmeler arasında özellikle açık kaynaklı veriler ve uzaktan algılama görüntüleri öne çıkmaktadır (Mignot ve Dewals, 2022; Mishra vd., 2022). Bu yöntemler geniş alanları hızlı bir şekilde kapsayabilme yeteneğine sahip olmakla birlikte, uzaktan algılama görüntüleri veri doğruluğu, zamansal ve mekânsal tutarlılık açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Uzaktan algılanan veriler, diğer yöntemlerle elde edilmesi zor olan yağış tahminleri ve sediment hareketleri gibi verileri sağlayarak doğal afet analizlerinde kritik bir rol oynayabilmektedir (Seo vd., 2019; Xu vd., 2019). Bu tür verilerin etkin kullanımı, taşkın riski gibi doğal afet risklerinin azaltılmasına ve afet yönetim stratejilerinin geliştirilmesine katkıda bulunacaktır. Özellikle, Zonguldak ili gibi taşkın riski taşıyan bölgelerde uzaktan algılama ve CBS teknolojilerinin entegrasyonu, taşkın risk analizlerinin daha etkin ve sürdürülebilir bir şekilde gerçekleştirilmesine olanak tanıyacaktır. Gelecekte bu teknolojilerin daha da gelişmesi, taşkın riskinin sürekli güncellenmesi ve iyileştirilmesine olanak sağlayarak, önleyici tedbirlerin daha hızlı ve doğru bir şekilde alınmasına yardımcı olacaktır. Bu sayede, bölgedeki halkın güvenliği ve doğal kaynakların korunması açısından daha etkili çözümler üretilebilecektir.

Anahtar Kelimeler

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, Afet Yönetimi, CBS Uygulamaları, Uzaktan Algılama, Landsat 9

Kaynaklar

- Farr, T. G., & Kobrick, M. (2000). Shuttle Radar Topography Mission produces a wealth of data. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 81(48), 583-585. <https://doi.org/10.1029/EO081i048p00583>
- Malczewski, J. (1999). *GIS and multicriteria decision analysis*. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Mignot, E., & Dewals, B. (2022). Hydraulic modelling of inland urban flooding: Recent advances. *Journal of Hydrology*, 127763. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127763>
- Mishra, B., Dahal, A., Luintel, N., Shahi, T. B., Panthi, S., Pariyar, S., & Ghimire, B. R. (2022). Methods in the spatial deep learning: Current status and future direction. *Spatial Information Research*, 30(2), 215-232. <https://doi.org/10.1007/S41324-021-00425-2>
- Pekel, J.-F., Cottam, A., Gorelick, N., & Belward, A. S. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*, 540, 418-422. <https://doi.org/10.1038/nature20584>
- Rabus, B., Eineder, M., Roth, A., & Bamler, R. (2003). The shuttle radar topography mission—a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 57(4), 241-262. [https://doi.org/10.1016/S0924-2716\(02\)00124-7](https://doi.org/10.1016/S0924-2716(02)00124-7)

- Seo, B. C., Keem, M., Hammond, R., Demir, I., & Krajewski, W. F. (2019). A pilot infrastructure for searching rainfall metadata and generating rainfall product using the big data of NEXRAD. *Environmental Modelling & Software*, 117, 69-75. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.03.008>
- Xu, H., Demir, I., Koylu, C., & Muste, M. (2019). A web-based geovisual analytics platform for identifying potential contributors to culvert sedimentation. *Science of the Total Environment*, 692, 806-817. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.157>
- Xu, J., Wang, Z., Shen, F., Ouyang, C., & Tu, Y. (2016). Natural disasters and social conflict: A systematic literature review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 17, 38-48.

Türkiye Diri Faylarına Ait Paleosismoloji Veri Tabanı Kapsamında Çevrimiçi Bulut Tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları

Tolga ÇAN^{1,*}, Qaiser MEHMOOD¹, Senem TEKİN²

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01250, Adana

²Adıyaman Üniversitesi, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Merkezi, 02040, Adıyaman

Geniştirilmiş Özet

Ülkemizin karmaşık jeolojik yapısı sonucu depremler yanı sıra küresel iklim değişikliğinin de etkileri sonucu sel, heyelan ve orman yangınları gibi doğa olaylarının sıklığında artış gözlenmekte, mekansal planlamalardaki yetersizlikler ile birlikte doğa olayları çoğu kez afete dönüşerek önemli sosyal, ekonomik ve çevresel kayıplara yol açmaktadır. Etkili afet yönetimi için risk azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme aşamalarını içeren bütüncül bir yaklaşım gerekmektedir. Bu kapsamda, öncelikli olarak risk azaltma çalışmaları yürütülmeli ve afetlerin meydana gelmeden önceki potansiyel etkileri en aza indirilmelidir. Bu aşamada, risk haritalarının oluşturulması, yapı güvenliğinin sağlanması, doğal afetlerin meydana gelebileceği alanlardaki yerleşimlerin planlanması ve kamuoyunun bilinçlendirilmesi gibi önleyici tedbirler önem taşımaktadır. Afetlere karşı dirençli olabilmek için, tüm paydaşları, sektörü ve yönetim düzeyini içeren ve dirençliliğin sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarını dikkate alan bütünlük ve entegre bir yaklaşım gerekmektedir.

Paleosismolojik araştırmalar, önceden meydana gelmiş depremler ve diri fayların sismojenik davranışı ile ilgili bilgilerin tanımlandığı ve deprem tehlike analizlerinde ihtiyaç duyulan parametrelerin elde edildiği çok disiplinli çalışmalardır. Paleosismoloji, fayların uzun zaman dilimleri içerisindeki hareketlerini inceleyerek tekrarlama periyotları, geçmiş büyük depremlerin büyüklükleri ve yer değiştirme miktarları gibi bilgileri ortaya koymaktadır. Bu bilgiler, gelecekteki olası büyük depremlerin yerini, büyüklüğünü ve tekrarlama aralığını daha doğru tahmin etmekte kullanılmakta ve böylece bir fay üzerinde biriken gerilmelerin boşalmasına dair kritik veriler sağlanarak deprem risk analizleri daha güvenilir hale gelmektedir. Ayrıca paleosismolojik bulgular, deprem tehlikesi modellemelerinde ve buna bağlı olarak yapılaşma, afet yönetimi ve kentsel planlama süreçlerinde kullanılan ana girdilerden birini oluşturmaktadır.

2019 yılında bina deprem yönetmeliği ile birlikte yürürlüğe giren Türkiye Deprem Tehlike Haritaları, 2012 yılına kadarki sismotektonik veriler göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır. Türkiye sismotektonik veri tabanı diri faylar, aletsel dönem (1900-2012) deprem kataloğu, tarihsel dönem (MÖ 2000- MS 1900) deprem katalogları, 1906-2012 yıllarını kapsayan moment tensör kataloğu ve kabuk kalınlığı olmak üzere beş ana veri grubundan oluşmaktadır. 2012 yılı sonrası ve özellikle yüzyılın afeti olarak nitelendirilen 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri sonrasında da ulusal ölçekte sismotektonik verilerin güncellenme çalışmalarının yapılması ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda Ulusal Deprem Strateji ve Eylem Planı kapsamında (UDSEP 2012) MTA Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmekte olan "Türkiye Paleosismoloji Araştırmaları Projesi"ne katkı sağlamak ve süreçleri hızlandırmak amacıyla "Türkiye Diri Faylarının Paleosismolojik Özelliklerinin Belirlenmesi" başlıklı TÜBİTAK KAMAG projesi, TÜBİTAK_MAM'ın yürütücülüğü, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı ve Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü'nün müşterisi, onsekiz Üniversitenin yürütücü olarak görev aldığı proje 2023 yılında başlamıştır.

Türkiye Diri fay haritasında toplam 326 adet tekil fay, fay zonu veya sistemi tanımlanmıştır (Emre ve diğerleri 2013). Türkiye Paleosismoloji Araştırmaları Veritabanı kapsamında her bir faya ilişkin bibliyografik kaynak, kaynakça özeti, hava fotoğrafı, ortofoto, uydu görüntüleri ve sayısal yükseklik modeli gibi veriler uygun sayısal formatlarda Coğrafi Bilgi Sistemleri veri tabanına aktarılarak, güncel diri fay geometrisi, faya ait jeoloji kuşak haritası, aletsel ve tarihsel deprem katalogları, yer değiştirme ölçümleri, hendek konum haritaları ile birlikte konumsal veri tabanı olarak depolanacaktır. Hendek alanlarının mikromorfolojik özellikleri, arazi fotoğrafları, hendek duvarlarının fotomozaikleri ve sismolojik verilere ait çizimler, yaşlandırma yöntemleri ve sonuçları gibi bilgileri içeren raster ve vektör formatında tüm veriler Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında kayıt altına alınmaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri, afet yönetimi ve sürdürülebilir kalkınma süreçlerinin her aşamasında mekânsal bilgiye dayalı karar destek mekanizmalarını güçlendirmekte ve afetlerin toplumsal ve çevresel etkilerinin azaltılmasında önemli rol oynamaktadır. Sağlıklı bir veri tabanına dayalı veri analiz yetenekleri, afet yönetimi sürecinin etkili bir şekilde yürütülmesine katkı sağlayarak toplumsal dayanıklılığın ve sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında vazgeçilmez bir bileşen haline gelmiştir. Bu çalışmada Türkiye Paleosismoloji Araştırmaları veri tabanı iş paketinin ESRI bulut tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemi uygulamaları değerlendirilmiştir. Bulut tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemi uygulamalarından yararlanmak, gerçek zamanlı veri güncellemeleri ve izleme sağlanmasını mümkün kılarak zamanında ve doğru bilgi kullanılabilirliği sağlamaktadır. Sahada toplanan verileri gerçek zamanlı olarak merkezi veri tabanı ile senkronize ederek, proje daha verimli analiz için güncel veri kümelerini korumakta, veri toplamada iş akışlarının otomasyonunu kolaylaştırmaktadır. Projedeki tüm paydaşların güncel gelişmelerini ve üretilen verileri ortak bir platformda görüntülenmesi amacıyla, bulut tabanlı ArcGIS Survey123 ve ArcGIS Field Maps uygulamaları kullanılmıştır. Erişilebilirlik bakımından bulut tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemleri, farklı kullanıcıların farklı cihazlardan anlık olarak veri erişimini ve paylaşımını sağlamaktadır. Bu özellik hem mekânsal veri uzmanları hem de saha çalışanları arasında bilgi

* Sorumlu Yazar: Tel: (0322) 3386715 Faks: (0322) 3386715

E-posta: tolga@cu.edu.tr (Tolga ÇAN)

akışının kesintisiz olmasına imkan sağlamaktadır. Bulut tabanlı Coğrafi Bilgi Sistemi altyapısının sunduğu esneklik sayesinde, veriler yüksek kapasite gerektiren büyük analizlerden küçük ölçekli işlemlere kadar geniş bir yelpazede işlenebilmekte ve daha fazla kullanıcıya yaygınlaştırılmasına imkan sağlamaktadır.

ArcGIS Survey123, paleosismoloji gibi hassas ve yapılandırılmış veri toplama gerektiren projelerde önemli avantajlar sunarak, arazide veri toplama için özel olarak tasarlanmış anketleri tasarlamak, paylaşmak ve analiz etmek için esnek bir araç olarak bilinmektedir. Survey123 web uygulaması, belirli proje ihtiyaçlarını karşılamak için metin, çoktan seçmeli, sayısal ve tarih/saat gibi çeşitli soru türlerini barındıran özel anketlerin oluşturulmasını sağlayan sezgisel bir form oluşturucusudur. Ayrıca, ArcGIS ile sorunsuz entegrasyon, toplanan verilerin daha fazla analiz ve görselleştirme için kolayca erişilebilir olmasını sağlamaktadır. ArcGIS Survey123 uygulamasıyla Arazi Çalışması Bilgi Formları ve Hendek Bilgi Formları oluşturulmuş, proje gruplarının belirli tarihler, lokasyon ve görseller ve bilgi girişlerine imkan sağlanmıştır. Bu formlarla, mobil cihazlar kullanılarak web'de veya sahada gerçek zamanlı olarak oluşturulabilmekte ve tüm paydaşların ortak bir platformda mevcut gelişmeleri ve oluşturulan verileri izlemesi ve görüntülemesi sağlanmıştır. Bulut tabanlı uygulamalardan ArcGIS Field Maps ise haritalama, veri toplama ve gerçek zamanlı konum takibini birleştiren kapsamlı bir mobil uygulama sağlayan saha veri toplama için temel bir araç olarak kabul edilmektedir. Uygulama çevrimdışı ortamda bile hazırlık, veri toplama, doğrulama ve gezinme dahil olmak üzere saha çalışmalarında çok yönlü özellikler sunmaktadır.

Proje çalışma grupları, yönetici, müşteri ve yürütücü kurumlar dahil olmak üzere farklı 18 gruptan oluşmaktadır. Sayısal Türkiye Diri Fay verileri ve her grubun sorumlu olduğu ilişkili faylar paylaşılmıştır. Proje hedefleri doğrultusunda hazırlanan Arazi Çalışması Bilgi ve Hendek Bilgi Formları, gruplar tarafından tabletler veya akıllı telefonlar aracılığıyla ArcGIS Survey123 ve ArcGIS Field Maps uygulamaları kullanılarak şu ana kadar çok sayıda fay ve fay segmentine ilişkin 61 adet paleosismolojik hendek bilgi formu ve 71 adet arazi gözlem formu sisteme girilmiştir. Hazırlanan çevrim içi veri tabanı, tüm araştırma gruplarının saha faaliyetleri toplanmış ve kapsamlı bir sistem olarak proje amaçları doğrultusunda başarıyla geliştirilmiştir. Hazırlanan uygulamalar ile, gelişmiş teknolojiler ve işbirlikçi araçlar entegre edilmiş, yalnızca Türkiye'deki paleosismolojik araştırmaların kayıt altına alındığı değil, aynı zamanda paydaşlar arasında sürekli öğrenme ve adaptasyonun sağlandığı dinamik bir veri akışı ortamı oluşturulmuştur.

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 123G006 no'lu proje kapsamında desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler

Paleosismoloji veri tabanı, Çevrimiçi Coğrafi Bilgi Sistemleri, Survey123, Field Maps

Çocuk Odaklı Şehir: Kapsayıcı Stratejiler İçin Veri ve Harita Tabanlı Web Platformu

Özge Acar, Uğurcan Gül, Fatih Sönmez

Sınırlı Sorumlu İhtiyaç Haritası Sosyal Kalkınma ve Yardımlaşma Fikri Mülkiyet Hakları ve Proje Danışmanlığı Kooperatif
Metropol Avm DasDas Atatürk Mah. Ertuğrul Gazi Sok. D 6 Blok Apt. No:2 J, Ataşehir/ İstanbul.

Genişletilmiş Özet

1. Mekânsal Problem Tanımlaması

Eğitimde mekânsal sorunlar, sadece eğitime fiziksel erişimi değil, aynı zamanda eğitim kalitesini de doğrudan etkiler. Örneğin, sınıf başına düşen öğrenci sayısı ya da öğretmen başına düşen öğrenci oranı, eğitim kalitesini belirleyen önemli ölçütlerdendir. Bu noktada, Türkiye’de eğitim verilerinin farklı kurumlar tarafından tutulması ve bu verilerin paydaşlar arasında yeterince bütünleşik bir yapıda paylaşılmaması, eğitimde fırsat eşitliğini sağlamada zorluklar yaratmaktadır. Eğitim kurumlarına erişim ve fırsat eşitliğinin güçlendirilmesi için bu verilerin yalnızca tek bir kurumun sorumluluğunda olmamalıdır. Kamu kurumları, yerel yönetimler, sivil toplum kuruluşları ve üniversitelerin işbirliği ve eşgüdümlü çalışması ile daha etkili ve uyumlu bir şekilde elde edilmesi ve paylaşılması faydalı olacaktır. Bu sayede, karar vericiler ve uygulayıcılar daha sağlıklı ve kapsayıcı çözümler geliştirebilirler.

Açık veri kültürü ve verinin paylaşımı bu süreçte büyük önem taşımaktadır. Çocuk odaklı şehir platformu, mekânsal veri analizlerinin toplumla paylaşılması ve karar vericilere yol gösterici bilgiler sunulması açısından önemli bir hizmet sunmaktadır. CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) ve diğer mekânsal teknolojilerin kullanımı ile mahalle bazında yapılan analizler, eğitim kurumlarının konumlandırılması ve ihtiyaçların tespit edilmesi gibi konularda veri tabanlı çözümler üretmeye katkı sağlamaktadır.

Veri setlerinde mahalle sınırları, eğitim kurumları, yaş grupları, cinsiyet dağılımları, nüfus yoğunluğu ve toplam çocuk oranı (0-19 yaş), kız çocuk oranı (0-19 yaş), oğlan çocuk oranı (0-19 yaş), 21 yaş bireylerin eğitim durumları , çocuk oranı (0-4 yaş), çocuk oranı (5-9 yaş), çocuk oranı (10-14 yaş), çocuk oranı (15-19 yaş), anaokulu sayısı, ilkokullarda derslik başına çocuk sayısı, ilkokullarda öğretmen başına çocuk sayısı, ortaokullarda derslik başına çocuk sayısı, ortaokullarda öğretmen başına çocuk sayısı, liselerde derslik başına çocuk sayısı ,liselerde öğretmen başına çocuk sayısı ve mahalle sınırı gibi veriler yer almaktadır. Özellikle mahalle bazında yapılan analizlerde, bazı mahallelerin yüksek rayiç bedellere sahip olmasına rağmen düşük nüfusa sahip olduğu, bu durumun eğitimde bölgesel eşitsizliklere neden olduğu gözlemlenmiştir. Yüksek rayiç bedelli bölgelerde eğitim kurumlarının yetersizliği, o bölgelerde yaşayan çocukların eğitimden mahrum kalmasına neden olabilir.

Disiplinlerarası iş birliği ve açık veri paylaşımı bu tür sorunların çözümünde kritik rol oynar. Eğitim planlaması, şehircilik, sosyoloji, ekonomi, harita mühendisliği ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) gibi farklı disiplinlerin bir araya gelmesi, eğitimde bölgesel eşitsizliklerin giderilmesi ve verilerin daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanır.

2. Disiplinlerarası İş Birliği ve Katkı Payları

Eğitimde coğrafi eşitsizliklerin giderilmesi, birçok farklı disiplinin bir arada çalışmasıyla mümkündür. Bu tür projelerde disiplinlerarası iş birliği, sorunların daha kapsamlı bir şekilde ele alınmasını ve çözüm süreçlerinin daha etkili olmasını sağlar. Eğitim planlaması, şehircilik, sosyoloji, ekonomi, harita mühendisliği ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) gibi farklı disiplinler bu projelere farklı bakış açılarıyla katkıda bulunurlar.

3. Sivil Toplum Kuruluşları

Türkiye’de eğitimde fırsat eşitliğinin sağlanması ve kız çocuklarının güçlendirilmesi amacıyla veri odaklı çalışmalar yürüten pek çok sivil toplum inisiyatifi bulunmaktadır. Bu inisiyatifler arasında öne çıkanlardan biri de, Suna İnan Kırarç Vakfı çatısı altında, Suna’nın Kızları bünyesinde kurulan Araştırma Destek Topluluğu’dur. 2022 yılında kurulan bu topluluk, kız çocukların ihtiyaçları ve karşılaştıkları engeller üzerine bilgi üretmek, bu bilgiler ışığında savunuculuk yapmak ve çocukları güçlendirici araştırma yöntemleri geliştirmeye yönelik çalışmalar yürütmektedir. Bu bağlamda, TESEV, ERG, AÇEV ve İhtiyaç Haritası Sosyal Kooperatifi, eğitimde veri toplama, analiz yapma ve çözüm önerileri geliştirme konularında çalışmalar yürütmektedir. Özellikle bu kuruluşlar, dezavantajlı bölgelerdeki eğitim kurumlarının analizlerini ortaya koyarak politika önerileri geliştirmekte ve bu sorunların çözümü için kamu kurumlarıyla iş birliği yapmaktadır.

4. Teknoloji ve CBS

Eğitimde coğrafi eşitsizliklerin analizinde teknoloji ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) araçları önemli bir katkı sağlar. Özellikle İhtiyaç Haritası Sosyal Kooperatifi, verilerin CBS tabanlı olarak toplanması ve interaktif harita sistemlerinin

geliştirilmesinde öncüdür. Bu platformlar, mahalle sınırları, nüfus yoğunluğu, eğitim kurumlarına olan uzaklık gibi verilerin görselleştirilmesine ve analiz edilmesine olanak tanır. Ayrıca, eğitimdeki eşitsizliklerin tespit edilmesi ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi için web tabanlı geliştirme sistemleri kullanılarak, kullanıcı dostu arayüzler ve interaktif veri platformları oluşturulması talep edilmiştir.

Bu sayede, eğitimdeki coğrafi eşitsizlikler ve sorunlar CBS teknolojileri ve web tabanlı çözümlerle analiz edilebilir ve görselleştirilebilir. Özellikle İhtiyaç Haritası'nın CBS tabanlı veri analizleri ile bölgesel eğitim ihtiyaçlarının tespitinde oynadığı rol, diğer sivil toplum kuruluşlarının (TESEV, ERG, AÇEV) saha verileri ile desteklenmektedir. Bu kuruluşlar tarafından toplanan veriler, CBS tabanlı sistemlere entegre edilerek ve web tabanlı uygulama olarak sunulurken, politika yapıcıların kullanabileceği kapsamlı bilgi kaynaklarına dönüştürülmektedir.

- 4.1. Eğitim Planlamacıları:** Eğitim planlamacıları, derslik başına düşen öğrenci sayısını, öğretmen başına düşen öğrenci oranını analiz ederek, eğitim sistemindeki dengesizlikleri giderme yolunda stratejik planlar geliştirirler.
- 4.2. Sosyologlar:** Eğitimde toplumsal cinsiyet eşitsizlikleri ve sosyo-kültürel engelleri analiz eden sosyologlar, özellikle kız çocuklarının eğitime katılımını artırmayı hedeflerler.
- 4.3. Ekonomistler:** Eğitim yatırımlarının doğru yerlere yapılması ve kaynakların etkin kullanılması konusunda ekonomistler önemli katkılarda bulunurlar. Dezavantajlı bölgelerdeki eğitim yatırımları, o bölgelerdeki ekonomik kalkınmaya da katkı sağlayacak şekilde planlanır.
- 4.4. Şehir Plancıları:** Şehir plancıları, okulların şehir genelinde en uygun bölgelere konumlandırılması ve eğitim kurumlarına ulaşım olanaklarının iyileştirilmesi için çalışırlar. Eğitim kurumlarının yerleşim yerlerine yakınlığı, öğrenci sayısı ve ulaşım altyapısı göz önünde bulundurularak, yeni okulların yerlerinin belirlenmesinde şehir plancıları önemli bir rol oynar.
- 4.5. Harita Mühendisleri:** Harita mühendisleri, coğrafi verilerin toplanması, düzenlenmesi ve analiz edilmesinde kilit rol oynarlar. Eğitim kurumlarının yer seçimi, okullara olan mesafelerin hesaplanması ve öğrencilerin okullara erişim yollarının belirlenmesi gibi alanlarda harita mühendislerinin katkıları çok büyüktür. Ayrıca, harita mühendisleri mekansal veri tabanlarının oluşturulması ve yönetilmesi süreçlerinde görev alarak, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve eğitim planlaması gibi disiplinlerle iş birliği içinde çalışırlar.

5. Mekânsal Bilgiler ve Teknolojilerin Kullanımı

Eğitimde mekansal analizlerin yapılması, eğitim politikalarının daha verimli bir şekilde oluşturulmasını sağlar. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS), bu sürecin en önemli bileşenlerinden biridir. CBS teknolojileri, eğitim kurumlarının dağılımını analiz ederek, coğrafi eşitsizlikleri tespit eder ve bu eşitsizliklerin giderilmesi için stratejik planlar geliştirilmesine katkı sağlar.

6. Bilgi Paylaşımı Kanalları

Bilgi paylaşımı kanalları, analizlerin ve çözüme yönelik önerilerin toplumla ve karar vericilerle etkin bir şekilde paylaşılmasını sağlamak açısından kritik bir rol oynar. İnteraktif veri platformları, kamuya açık veri portalları ve CBS tabanlı haritalar, eğitimde coğrafi eşitsizliklerin daha iyi anlaşılmasını sağlar ve karar vericilerin veri temelli çözümler geliştirmesine olanak tanır. Bu tür platformlar, yerel yönetimler, kamu kurumları ve sivil toplum kuruluşları için etkili bir bilgi paylaşım aracı olabilir.

Suna'nın kızları Araştırma ve Destek Topluluğu olarak, açık veriye destek vermek amacıyla Çocuk Odaklı Şehir web sitesinde bu verileri kullanıcılara sunuyoruz. Platform üzerinden dileyen herkes, mahalle bazında eğitim durumu ve çocukların ihtiyaçlarına dair verileri inceleyebilir ve kendi analizlerini yapmak üzere bu verileri indirebilir. Böylece, yerel ihtiyaçların daha doğru bir şekilde belirlenmesi ve yerel yönetimlerin bu taleplere yönelik adımlar atması teşvik edilmektedir. Aynı zamanda, bu açık veri yaklaşımı karar vericilere ve sivil toplum kuruluşlarına eğitim politikalarının daha verimli ve şeffaf bir şekilde uygulanmasında önemli bir rehber sunmaktadır.

7. Sonuçlar ve Tartışmalar

Türkiye'de eğitimde coğrafi eşitsizlikler, özellikle kız çocuklarının eğitim süreçlerine katılımını olumsuz etkilemektedir. CBS ve mekansal veri analitiği gibi teknolojiler, bu eşitsizliklerin giderilmesi için önemli araçlar sunar. Mahalle bazında

yapılan analizler, nüfus yoğunluğu ve eğitim hizmetlerine erişim arasındaki uyumsuzlukları ve sorunları ortaya çıkararak, eğitim planlamasında veri temelli kararlar alınmasını sağlar.

8. Öneriler ve Geleceğe Yönelik Adımlar

- 8.1. Eğitim Yatırımlarının Planlanması:** Eğitim kurumlarının nüfus yoğunluğu ve eğitim ihtiyacına göre yeniden planlanması gerekmektedir. Özellikle dezavantajlı bölgelerde, örneğin depremde etkilenen Hatay ve Urfa gibi bölgelerde, eğitim hizmetlerinin kapasitesi ve kalitesi artırılmalıdır. İstanbul şehrinin hızlı nüfus artışı ve düzensiz göç hareketleri, eğitim kurumları üzerindeki baskıyı arttırmaktadır. Özellikle düzensiz göç nedeniyle yoğunlaşan bölgelerde okullar yetersiz kalmaktadır. Hızlı nüfus artışına paralel olarak, eğitim kurumlarının kapasitesinin artırılması ve mevcut altyapının güçlendirilmesi gerekmektedir. Geleceğe yönelik olarak, İstanbul'da başarıyla uygulanan Çocuk Odaklı Şehir projesi, Hatay ve Urfa gibi illerde de benzer şekilde hayata geçirilerek, eğitimde fırsat eşitliği ve çocukların ihtiyaçlarını ön planda tutan projelerin yaygınlaştırılması hedeflenmektedir. Bu proje kapsamında, eğitim yatırımları ile bölgesel ihtiyaçların uyumlu hale getirilmesi, kız çocuklarının eğitime erişimlerinin artırılması ve veriye dayalı stratejilerin geliştirilmesi planlanmaktadır.
- 8.2. Kız Çocuklarına Yönelik Politika Geliştirilmesi:** Kız çocuklarının eğitime katılımını desteklemek ve toplumsal cinsiyet eşitliğini sağlamak amacıyla Hatay ve Urfa'da özel projeler uygulanması planlanmaktadır. İstanbul'da yapılan saha çalışmalarına benzer şekilde, deprem sonrası bu bölgelerde, kız çocuklarının eğitime erişimini artırıcı programlar ve farkındalık kampanyaları düzenlenecektir. Özellikle İstanbul'da uygulanan ve başarılı sonuçlar veren eğitim destek grupları ve çocuk odaklı savunuculuk çalışmaları bu bölgelerde de yürütülecektir.
- 8.3. Mekânsal Teknolojilerin ve Dijital Araçların Kullanımı:** Gelecek planlarımız arasında, Hatay ve Urfa'da da CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) ve web geliştirme, uygulama araçları ile görünürlük ve kullanım kolaylığı sağlayarak eğitim kurumlarının ihtiyaçlarını analiz etmek ve eğitimde fırsat eşitliği sağlamak yer almaktadır. İstanbul'da oluşturduğumuz harita temelli veri paylaşım sistemini, Hatay ve Urfa'da da kullanarak, yerel yönetimlerin ve sivil toplum kuruluşlarının daha etkili çözümler geliştirmesine olanak sağlamak istiyoruz. Bu sistem, kız çocuklarının eğitim süreçlerine erişimindeki engelleri görünür kılarak, karar vericilere yol gösterici olacaktır.
- 8.4. Veri Paylaşımı ve Şeffaflık:** Gelecekte Hatay ve Urfa'da, İstanbul'da geliştirdiğimiz açık veri yaklaşımını yaygınlaştırmayı hedefliyoruz. Çocuk Odaklı Şehir projesi kapsamında oluşturduğumuz dijital haritalama platformu, bu illerde de aktif hale getirilecek ve mahalle bazında eğitim ihtiyaçlarının şeffaf bir şekilde paylaşılması sağlanacaktır. Böylece, yerel paydaşlar bu verileri inceleyerek eğitim politikalarını ihtiyaç odaklı bir şekilde düzenleyebilir ve kız çocuklarının eğitime katılımı için daha etkili çözümler üretebilir.

Anahtar Kelimeler

Mekânsal Bilgi/Bilişim Sektöründe Eğitim, Mekânsal Veri Kalitesi, Mekânsal Analitik, Eğitimde Fırsat Eşitliği, Çocuk Odaklı Şehirler, Sivil Toplum Kuruluşları

Kaynaklar

- Çocuk Odaklı Şehir Platformu. Erişim adresi: <https://beta.cocukodaklishir.org/>

Toplumsal Dirençliliğin Artırılmasında Kitle Kaynaklı Açık Veri Üretimi ve Bilgi Yönetimi: İzmir Planlama Ajansı / Karakulaklar Deneyimi

Leyla Budak^{1,*}, Fatma Selçuk¹, Burçak Karlı¹, Orkut Murat Yılmaz¹, Pelin Özden², Koray Velibeyoğlu¹

¹İzmir Büyükşehir Belediyesi, İzmir Planlama Ajansı, 35250, İzmir.

²İzmir Kavram Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 35250, İzmir.

Genişletilmiş Özet

Kentlerde karşılaşılan tehlike ve risk unsurları doğal alanların ve kentsel mekanın sürdürülebilir yönetimini zorlaştırmaktadır. Tehlike ve risk unsurlarının afete dönüşmesini önleyebilmek, doğru müdahaleleri zamanında yapabilmek ve kültürel & doğal değerlerin korunmasını sağlamak için sahada üretilecek bilimsel verilere duyulan ihtiyaç oldukça önemli bir konumda durmaktadır. İzmir’de son yıllarda artan orman yangınları, bölgedeki ekosistemlerin korunması ve onarılması için kapsamlı çalışmaların hayata geçirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu çerçevede, İzmir Planlama Ajansı (İZPA), İzmir’deki kentsel zorluklara karşı sürdürülebilir çözümler geliştirmek amacıyla yenilikçi yaklaşımlar benimsemekte ve vatandaş katılımını teşvik eden eğitimler ve atölye serisi düzenlemektedir. İZPA bünyesinde oluşturulan Yeşil İzmir Gönüllüleri, kitle kaynaklı çalışmalar yürütme olup bu kapsamda proje topluluğu, koordinasyon ile etkinlik topluluğu ve ‘Karakulaklar’ olarak isimlendirilen uzman topluluk olmak üzere üç grupta ele alınmaktadır. Proje topluluğu, kente ilişkin fikir üretmek bakış açısıyla, ulusal ve uluslararası ölçekte topluluklar ile projeleri takip etmekte, ilişkilendirmekte ve işbirlikleri geliştirmektedir. Koordinasyon ve etkinlik topluluğu ise, kentte kapsayıcı bir bakış açısıyla, topluluk kapasitesi ile işleyişini geliştirmeye; toplumsal farkındalığı ve dayanışmayı artırmaya yönelik etkinlikleri planlamak ve yürütmektedir. Karakulaklar ise kitle kaynaklı açık veri üretiminin yaygınlaştırılması bakış açısıyla, kente dair tehlike / risk çalışmaları, afet acil durumları ve kamusal mekanlar / müşterekler gibi önemli konularda veri üretim süreçlerine doğrudan katkı koymaktadır. Karakulaklar ile beraber İzmir’deki kentsel zorluk ve değerler yönetimi için sürdürülebilir yöntemler geliştirmek amacıyla yenilikçi yaklaşımlar benimsenmekte ve kitle katılımını teşvik eden atölye serisi düzenlenmektedir. Vatandaşın veri üretim süreçlerine doğrudan dahil olduğu bu atölye serisi, kente karşı sorumluluk duyan tüm kentlilere açıktır. Bu anlamda Karakulaklar, farklı uzmanlıkların, yerel toplulukların, akademisyenlerin ve kamu kuruluşunun bir araya geldiği çok paydaşlı bir modeli de tariflemektedir.

Atölyeler, vatandaşların yerel bilgilerini de kullanarak gönüllü biçimde kitle kaynaklı bilimsel veri ürettiği vatandaş bilimi metodolojisine dayanmaktadır. Vatandaş Bilimi, bilim alanına kurumsal olarak bağlı olmayan vatandaşların bilimsel süreçlere gönüllü katılımını tanımlamaktadır (Bonn, vd., 2016). Vatandaş Bilimi, yenilikçi büyük ölçekli veri setleri oluşturmayı, yeni bilimsel sonuçlar geliştirmeyi ve toplumdan gelen yerel bilgiyi araştırmaya dahil etmeyi mümkün kılmaktadır (Özden, P., Velibeyoğlu, K., 2023). Toplum temelli aktif katılım yoluyla vatandaşlar farklı alanlarda bilgilerini kolektif biçimde paylaşarak geliştirebilir, bilimsel yöntemlerin ve çalışmaların olanaklarını ve sınırlarını daha iyi anlayabilirler (Vohland, K.vd., 2021). Küresel ölçekte farklı bilimsel alanlarda uygulanan “Vatandaş Bilimi” çalışmalarının kentsel konulara dair sürdürülebilir çözümler üretmede veri toplama, açık veri üretimi aracılığıyla kente dair farkındalıklarını artırarak, toplumsal katılımı güçlendirir ve kent sakinlerinin sorun çözme süreçlerine doğrudan katılımını teşvik etmektedir (Bonney, vd., 2015; Fritz, vd., 2019; Fraisl vd., 2020). Vatandaş bilimi çalışmaları ayrıca coğrafi erişimi, örneklem büyüklüğünü ve toplanan veri hacmini katılımcıların katkısıyla birlikte artırmayı sağlamaktadır (SEI, 2017).

Atölye serisi, vatandaş bilimi metodolojisini kullanarak açık veri üretimini ve özgür yazılım araçlarının kullanımını teşvik etmekte; topluluk temelli veri üretim süreçlerinin yaygınlaştırılması yoluyla kentin tehlike ve risk unsurlarına karşı toplumsal dayanıklılığını artırmayı hedeflemektedir. Bu bağlamda düzenlenen "Vatandaş Katımlı Saha Çalışmaları & Coğrafi Bilgi Sistemleri Atölye Serisi", orman yangınları gibi doğal afetlerin çevresel etkilerini kitle kaynaklı bir yöntem ile izleme ve müdahale tiplerini geliştirme konusunda kritik bir role sahiptir. Atölye çalışmaları kapsamında, katılımcılara öncelikle topluluk katılımının önemi, özgür yazılım araçlarının kullanımı ve açık verinin önemi hakkında bilgilendirme yapılmış ve sonrasında katılımcılarla beraber yürütülen çalışmalarda KoboToolBox, OpenAerialMap, OpenStreetMap ve QGIS özgür yazılım araçları kullanılmıştır. Bu anlamda, vatandaş bilimi ile yerel düzlemde topluluk oluşturma ve açık veri kültürünün yaygınlaştırılması çalışmanın odağında yer almaktadır.

İzmir İli Karşıyaka İlçesi - Mutluluk Ormanı Örneği: 2024 yılının yaz aylarında gerçekleşen ve Karşıyaka Mutluluk Ormanı gibi hassas bölgeleri etkileyen yangınlar, yangın sonrası izleme ve rehabilitasyon süreçlerini bir bütün olarak ele alan Yangın Eylem Planı çalışmalarının başlamasına neden olmuştur. Bu çalışmaların bir ayağını oluşturan Vatandaş Katımlı CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) Atölye Serisi, orman yangınları gibi doğal afetlerin çevresel etkilerini anlamak, izlemek ve iyileştirme çalışmalarını desteklemek amacıyla yerel toplulukların gönüllülük esaslı katılımıyla yürütülmekte olan bir projedir. Atölye serisi kapsamında, ilk olarak “Karşıyaka İlçesi Mutluluk Ormanı Özgür Yazılım Destekli Saha

* Sorumlu Yazar: Tel: (0506) 970 70 53

E-posta: leylab@planizm.com (Leyla Budak), fatmas@planizm.com (Fatma Selçuk), burcakk@planizm.com (Burçak Karlı), orkutmy@planizm.com (Orkut Murat Yılmaz), pelin.aykutlar@kavram.edu.tr (Dr. Öğr. Üyesi Pelin Özden), korayv@planizm.com (Prof. Dr. Koray Velibeyoğlu)

Çalışması” gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada ise saha çalışmasında toplanan verilerle birlikte, “Vatandaş Katımlı Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Atölyesi” gerçekleştirilmiştir. İlk çalışma kapsamında, saha çalışması Karşıyaka İlçesi’nde yer alan Mutluluk Ormanı’nda gerçekleştirilmiştir. Saha çalışmasına, Yeşil İzmir Gönüllülerinden 21 katılımcı dahil olmuştur. Bu çalışmada, öncelikle eğitim modülü gerçekleştirilmiş olup, uzman akademisyenler tarafından ağaç sağlığını değerlendirmeye yönelik sunum yapılarak eğitim verilmiştir. Sonrasında yangın alanındaki bilimsel tespitler ile birlikte katılımcılar özgür yazılım araçlarının nasıl kullanılacağını öğrenerek sahada veri toplamıştır. Saha çalışmasında altlık harita olarak OpenAerialMap üzerinden indirilen insansız hava aracı (İHA) görüntüleri kullanılmıştır. Katılımcılar yangın alanındaki ağaçlar için altlık harita üzerinde işaretleme yaparak KoBoToolBox uygulaması üzerinden ağaç durumuna dair değerlendirmeye yönelik bilgileri doldurmuştur. Saha çalışması sonucunda, 25 adet ağaç noktası verisi üretilmiş ve bu noktalar açık veri olarak paylaşılmıştır. Üretilen veriler, yerel yönetim ve yangın eylem planlarına katkı sağlamak üzere kullanılabilir hale getirilmiştir. İkinci çalışma kapsamında, yerel toplulukların afet ve risk yönetiminde ve çevresel etkileri izleme süreçlerinde aktif rol alması amaçlanmıştır. Yeşil İzmir Gönüllüleri / Karakulaklar Topluluğu’ndan 20 katılımcının dahil olduğu çalışmanın eğitim modülü kapsamında, katılımcılara, uzaktan algılama yöntemleri ile veri toplama ve değerlendirme süreçleri anlatılmıştır. Özellikle uydu ve İHA görüntülerini toplama, kullanma ve paylaşma üzerine eğitim verilmiştir. Ayrıca, KoboToolBox ve OpenAerialMap gibi özgür yazılımlar üzerinden veri indirme ve düzenleme yöntemleri gösterilmiştir. Katılımcılara, çevrimdışı ve çevrimiçi veri toplama teknikleri aktarılmıştır. Sahada toplanan veriler, KoboToolBox üzerinden XLS ve CSV formatlarında indirilerek atölye çalışması kapsamında kullanılmıştır. Özellikle yangın sonrası müdahale süreçlerinde kullanılmak üzere, topluluk temelli üretilen bilgi ve bilimsel bilgiyi bir araya getiren veri setleri üretilmiştir. OpenAerialMap, OpenStreetMap ve QGIS gibi özgür yazılım araçları kullanılarak toplanan verilerin görselleştirilmesi sağlanmıştır. QGIS (Coğrafi Bilgi Sistemi) yazılımı kullanılarak sahada toplanan veriler mekansal verilere dönüştürülmüştür. Katılımcılar, 25 farklı ağaç noktasının verilerini QGIS’e aktararak görselleştirmeyi öğrenmiştir. Verilerin mekansallaştırılması sayesinde, atölyenin çıktıları yangın sonrası iyileştirme çalışmaları için daha doğru ve veriye dayalı kararlar alınabilir hale getirilmiştir. Yürütülen çalışmalar sonucunda, katılımcılar özgür yazılım araçlarını öğrenerek orman yangını sonrası iyileştirme ve izleme süreçlerine aktif olarak katkıda bulunmuşlardır. Ayrıca, elde edilen veriler, afet sonrası yapılacak planlama çalışmaları için önemli bir veri tabanı oluşturmuştur. Eğitim ve atölye serisinin devamında yapılacak olan çalışmalarda ise, kentlerde karşılaşılabilecek sel, deprem gibi diğer tehlike / risk unsurlarını önlemeye, ayrıca kültürel ve doğal değerleri korumaya yönelik türsayım, işaretleme gibi farklı vatandaş bilimi yöntemleri ile toplumsal dirençliliğin güçlendirilmesi, kente dair çeşitli konularda açık veri üretiminin gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. İzmir’in kentsel ve çevresel açıdan sürdürülebilirliğini ve bu yönde toplumsal dayanıklılığını artırmak adına çalışmalar yürüten İZPA bünyesinde yer alan Yeşil İzmir Gönüllüleri / Karakulakların hedeflediği çıktılar arasında özgür yazılım araçları ile açık veri üretimi, toplumsal kapasitenin gelişimi, bilimsel katkı ve kamu malı üretimi yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler

Vatandaş Bilimi, Vatandaş Katılımı, Açık Veri, Özgür ve Açık Kaynak Kodlu Yazılımlar, Kitle Kaynak Verisi

Afet ve Acil Durumlarda Topluluk Odaklı Açık Verinin Yeri ve Kullanımı - OpenStreetMap Örneği

Eray Öztürk^{1*}, Said Türksever², Hüseyin Can Ünen³, Orkut Murat Yılmaz⁴, Özge Acar⁵

¹*İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Planlama Şube Müdürlüğü, Bakırköy, İstanbul.*

²*Meta, Londra, İngiltere.*

³*Türkiye OpenStreetMap Topluluğu, 35150, İzmir.*

⁴*İzmir Planlama Ajansı, 35250, İzmir.*

⁵*İhtiyaç Haritası Sosyal Kooperatifi.*

Genişletilmiş Özet

Kitle kaynak (crowdsourcing) ve topluluk odaklı açık veri yönetimi, modern veri toplama ve paylaşım süreçlerinde devrim yaratan yaklaşımlar arasında yer almaktadır. Bu yöntem, çok sayıda bireyin gönüllü olarak katkı sağladığı ve merkezi olmayan bir şekilde bilgi topladığı bir model sunar. Kitle kaynaklı veri yönetimi, özellikle acil durumlarda, krizlerde ve sosyal sorunların çözümünde hızlı veri üretimi konusunda etkilidir. Geniş bir kullanıcı topluluğunun katkılarıyla oluşan veri, yerel bilgiyi erişilebilir bir platforma taşıyarak daha kapsayıcı analizler ve çözümler oluşturulmasına olanak tanır. Topluluk odaklı açık veri yönetimi, bireylerin ve yerel toplulukların bilgiyi sadece tüketen değil, aynı zamanda üreten bir rol üstlenmelerini de sağlar. Ek olarak herhangi bir merkezi otoritenin kontrolünde olmayan bu yapıda, veri şeffaflığı, erişilebilirlik ve güvenilirlik ön plana çıkan faktörlerdir. OpenStreetMap (OSM), bu topluluk odaklı veri yönetimi modelinin en bilinen örneklerinden biridir. OSM, dünyanın dört bir yanındaki gönüllülerin yerel bilgi ve gözlemlerini paylaşarak küresel ölçekte ve açık mekansal veri oluşturmasını sağlar. Küresel ölçekteki kullanıcılarının katkıları ve düzenlemeleri ile OSM, hem bireylerin hem de kurumların ihtiyaç duyduğu mekansal verinin ana kaynağı konumundadır. OSM ve aynı ekosistem içerisinde yer alan çok sayıda özgür ve açık kaynaklı yazılım ve araçların oluşturduğu bu katılımcı model, veri yönetiminde demokratikleşmenin yolunu açmakta, yerel bilgiyi merkezine alan küresel bir dayanışma ortamı yaratmaktadır.

Haritaya ait veriler kişisel, ticari, araştırma gibi pek çok farklı alanda kullanılabilir de, OSM özellikle insani yardım, afet müdahalesi ve afetlere hazırlık alanlarında önemli bir veri aracı olarak öne çıkmaktadır. OSM, açık erişimli ve kullanıcılar tarafından düzenlenebilen yapısı sayesinde özellikle acil durumlarda hızlı ve erişilebilir bir çözüm sunar. Acil durumlarda veya olası acil durumlara hazırlıklı olma aşamasında OSM kullanıcıları, hızlı bir şekilde koordine olarak eksik verilerin tamamlanmasını sağlayabilirler. Bu sayede, yardım ekipleri sahadaki koşulları daha iyi anlayarak, kaynakları en etkili şekilde yönlendirebilirler. Afet bölgesindeki yol, bina ve altyapı verilerinin güncellenmesi ve tamamlanması, insani yardım kuruluşlarının ve arama-kurtarma ekiplerinin işlerini kolaylaştırır. OSM'nin bu esnek yapısı, acil durumlarda veri toplama sürecini hızlandırmak ve insani yardım ekiplerinin hayat kurtarıcı müdahalelerde bulunmasına katkı sağlamak açısından kritik bir değere sahip olabilmektedir. Teknolojinin, topluluk katılımıyla harmanlandığı bu süreç, insani yardım kuruluş ve topluluklarında veri odaklı çözümler geliştiren önemli bir yöntem olarak kabul görmektedir.

Bu yöntemin ilk büyük ölçekli bir koordinasyon içinde uygulaması 12 Ocak 2010 tarihinde Haiti'de büyük yıkım ve kayıplara neden olan 7,0 büyüklüğündeki depremden sonra gerçekleşmiştir. Ulusal mekansal veri altlığının yetersiz olduğu, ticari ve özel mülk harita servislerinin önceliklendirmeyip yeterli veri altyapısı oluşturmadığı Port-au-Prince'te arama-kurtarma ve diğer insani yardım ve müdahalelerde görevli ekipler mekansal veri yokluğu nedeniyle çok ciddi zorluklar yaşamışlardır. Uluslararası OSM kullanıcıları, uydu görüntü sağlayıcılarından güncel görüntüleri paylaşmalarını talep etmiş ve gerekli veri kümelerinin OSM üzerinde oluşturulup müdahale ekiplerinin kullanımına açılacağını belirtmişlerdir. Yüzlerce kullanıcının katılımıyla bölge bir ay gibi kısa bir süre içinde detaylı bir biçimde haritada temsil edilmiş, bu koordinasyon sırasında da çok sayıda kullanıcının aynı anda ve aynı bölgede birbirleriyle çakişmadan düzenleme yapabilmesini sağlamak üzere pek çok araç ve yazılım da geliştirilmiştir. Koordinasyon içindeki OSM kullanıcılarından bir kısmı elde edilen bu bilgi birikimini başka bölgelerde de tekrarlamak için Humanitarian OpenStreetMap adlı kar amacı gütmeyen sivil toplum kuruluşu kurmuş ve çeşitli başka uluslararası insani yardım organizasyonunun da katılımıyla Missing Maps projesini başlatmışlardır. Bugün de aktif olarak kullanılan [Tasking Manager](#) (Görev Yöneticisi), [Export Tool](#), [OpenAerialMap](#) gibi açık veri araçlarının ve OpenStreetMap ile ilgili güncel eğitim dokümanlarının bulunabileceği [LearnOSM](#) sitesinin geliştirme ve bakımını da Humanitarian OpenStreetMap Team üstlenmektedir.

Afet sonrası topluluk merkezli açık veri düzenleme ve paylaşma çalışmaları, Türkiye OpenStreetMap topluluğu içinden çıkan ve Humanitarian OpenStreetMap ile benzer vizyon ve misyonları paylaşan ve 2017-2024 yılları arasında faal olan Yer Çizenler Herkes İçin Haritacılık Derneği öncülüğünde ve Türkiye OpenStreetMap topluluğu üyesi kullanıcıların da katılımıyla Türkiye'de de gerçekleşmiştir. Çalışmalar sonunda geliştirilen bu veriler, afet sonrası hasar tespiti ve iyileştirme çalışmaları için altlık olarak kritik bir öneme sahiptir.

30 Ekim 2020 tarihinde Sisam Adası açıklarında gerçekleşen ve İzmir'in Bayraklı ilçesi öncelikli olmak üzere yıkım ve hasara yol açan 7,0 büyüklüğündeki depremin ardından TMMOB İzmir İl Koordinasyon Kurulu temsilcileriyle iletişime

* Sorumlu Yazar: Tel: (0534) 015 23 58 Faks:

E-posta:

geçilmiş ve afet sonrası oluşabilecek her türlü veri odaklı gereksinimde özgür ve açık kaynaklı yazılımlar ve OSM topluluklarının koordinasyonu ile destek verilebileceği belirtilmiştir. Eş zamanlı olarak Humanitarian OpenStreetMap Team ile de iletişime geçilerek uluslararası OSM topluluklarına da destek çağrısında bulunulmuştur. Çağrı sonrasında topluluklar Tasking Manager üzerinden veri güncelleme, Mapillary ile sokak görüntüsü üretimi gibi yöntemlerle açık veri üretimine katkı vermişlerdir. TMMOB İzmir İl Koordinasyon Kurulu koordinasyonu dahilinde uMap arayüzü ile veri görselleştirme işlemleri yapılmış; Ushahidi ile yurttaşların hasar ve ihtiyaçlarını bildirebileceği çevrimiçi formlar düzenlenmiş; OpenDataKit (ODK) üzerinde tasarlanan mobil formlarla da hasarlı olduğu bildirilen binaların İnşaat Mühendisleri Odası (İMO) gönüllüleri tarafından sahada kontrol ve doğrulama süreçlerini yürütmeleri sağlanmıştır. Çalışmaların katma değeri, yurttaşların yer yer güvensizlik yaşadığı resmi hasar tespit raporlarının doğrulanması ve yüksek oranda teyiti olarak gerçekleşmiştir. Yer Çizenler, çalışmanın ardından veri süreçlerini açıklayan bir [saha çalışmaları raporu](#) da yayınlamıştır.

6 Şubat 2023 tarihinde ise merkez üsleri Kahramanmaraş'ın Pazarcık ve Elbistan ilçeleri içerisinde olan 7,8 ve 7,7 büyüklüğündeki ve kaynaklarca Türkiye'nin yaşadığı en büyük depremler serisi olarak değerlendirilen depremlerin ardından Yer Çizenler ve Humanitarian OpenStreetMap Team tekrar iletişime geçmiş ve küresel ölçekli bir açık veri güncelleme çağrısı yinelenmiştir. Uluslararası Kızılay ve Kızılhaç Toplulukları Federasyonu (IFRC), USAid, Sınır Tanımayan Doktorlar (MSF), Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Help.NGO, Birleşmiş Milletler iştirakleri gibi pek çok uluslararası kuruluşun da dahil olduğu bu koordinasyon sonucunda 9000 üzerinde ulusal ve uluslararası OSM kullanıcısı faaliyetlere katılmış, topluluğun büyük çaptaki bu desteği sonucunda depremi takip eden iki ay sonunda Tasking Manager üzerinden 2,2 milyon adet bina ayak izi, 88 bin kilometrenin üzerinde yol verisi OSM veritabanına eklenmiştir. Humanitarian OpenStreetMap Team topluluğuna üye tecrübeli kullanıcılar bu katkıları takiben veri kalitesi ve doğruluğunu sağlamak üzere ikinci ve üçüncü tur veri doğrulama çalışmaları gerçekleştirmişlerdir. Uluslararası görüntü sağlayıcı kuruluş Maxar, Açık Veri Programı kapsamında deprem bölgesindeki yerleşim yerlerine ait güncel uydu görüntülerini erişime açmıştır. Maxar tarafından açık lisanslarla paylaşılan bu görüntülerin ve ürettikleri verileri açık lisanslarla paylaşan İHA pilotlarının paylaştığı görüntüler, OpenAerialMap üzerinden tüm topluluğun erişimine açılmıştır. Ek olarak İstanbul Teknik Üniversitesi Uydu Haberleşme ve Uzaktan Algılama Uygulama ve Araştırma Merkezi de deprem bölgesine ait görüntüleri erişime açmış; var olan tüm görüntü ve hasar analiz veri kümeleri kullanılarak yıkılmış bina bilgileri de OSM veritabanına eklenmiştir. Söz konusu yıkılmış bina veri kümesi, Birleşmiş Milletler İnsani İşler Koordinasyon Ofisi (UN-OCHA) tarafından yürütülen uluslararası insani veri açık veri portalı Humanitarian Data Exchange (HDX) üzerinden 2023 yılında en çok erişilen veri kümesi olmuş; pek çok çalışma, görselleştirme, analiz ve raporda veri kaynağı olarak kullanılmıştır. Açık veri toplulukları OpenStreetMap dışında da çalışmalar yürütmüş, T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından üretilip kamuya paylaşılan hasarlı bina verileri üzerinden adres çözümü gerçekleştirilerek bu kapsamlı verinin bir harita üzerinde görselleştirmesi gerçekleşmiştir. Pek çok araştırmacı ve medya kuruluşu tarafından erişilen bu veriler de hazırlandığı Foursquare harita platformu üzerinde en çok erişilen açık harita olmuştur.

Özellikle 2023 depremlerinden sonra çalışmalara destek olan topluluk üyeleri tarafından bu çalışmaların keşke deprem öncesinde yapılmış olması dilekleri gelmiştir. Bu durum uzmanlar tarafından defalarca dile getirilse de, bugüne kadar edinilen tecrübeler ve çıkarımlar toplulukların afet öncesi ve afet sonrası aynı derecede motive olamadığını göstermektedir. Türkiye OpenStreetMap topluluğu, olası bir depremden benzer bir şekilde etkilenmesi muhtemel olan İstanbul için de herhangi bir acil durum oluşmadan önce yol ve bina verilerinin OSM üzerinde güncel tutulmasına yönelik bir girişim başlatmıştır. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve AFAD gibi kurumların olası Marmara depremi için yayınladığı raporlar ve analizler dikkate alınarak yapısal kırılganlığın ve afetten olumsuz etkilenme riskinin daha yüksek olduğu ilçeler öne çıkmış; bu ilçelerin Openstreetmap'teki verilerinin tamlığı ve doğruluğu incelenmiştir. Bu inceleme ve önceliklendirme sonunda sırasıyla Sultangazi, Gaziosmanpaşa, Eyüp ve Kağıthane ilçesinde HOT Tasking Manager üzerinden projeler oluşturularak Türkiye'deki tüm OSM kullanıcılarına destek çağrısında bulunuldu. Aylık olarak düzenli düzenlenen mapathonlara (OSM veri üretimi buluşmaları), Türkiye OSM kullanıcıları, üniversitelerin öğrenci kulüpleri vb. katılmıştır ve Ekim 2024 sonu itibarıyla toplam 343 (tekrarlı) kullanıcı, yukarıda adı geçen ilçeler dahilinde 48.311 bina ayak izi güncellemiş, 93 kilometre uzunluğunda yol verisi düzenlemiş durumdadır. Düzenli topluluk buluşmaları ve destek çağrılarıyla söz konusu çalışmaların devam etmesi ve olası bir doğal afetten etkilenmeden önce İstanbul'a ait bina ve yol ayakizlerinin OSM üzerinde güncel ve doğru hale getirilmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler

Mekânsal Verinin Paylaşımı, CBS Uygulamalarında Açık Veri ve Veri Yönetimi, Afet Risk Yönetimi ve CBS, Toplumsal Farkındalık ve Bilinçlendirme için CBS, Kolektif Bilinç ve Dayanışma için CBS, Açık Veri (Open data), Kitle Kaynak Verisi (crowd-sourced data)

Antiquake Risk Avcısı Topluluk Projesi – Kuzguncuk Mahallesi Afet Risklerinin Azaltılması Projesi Veri İletişim Platformu

Yelda ADEMOĞLU GÜLKILIK^{1,*}, Vincent BOUVARD², Umut KOCA³, Orkut Murat YILMAZ⁴, Dr. Hüseyin Can ÜNEN⁵, Dr. Pınar DEMİRCİ⁶, Dicle Özge ÖZTÜRK⁷

¹Geomatik Yüksek Mühendisi, Antiquake Risk Hunter Community Projesi Koordinatörü, TCDD 1 Bölge Müdürlüğü, 34716, İstanbul.

²İletişim Uzmanı, Antiquake Risk Hunter Community Projesi Koordinatörü, Kuzguncuk, 34674, İstanbul.

³Geomatik Yüksek Mühendisi, Üsküdar Kentaş, 34672, Üsküdar/İstanbul

⁴Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisi, İzmir Planlama Ajansı, 35250, İzmir

⁵Gönüllü, Türkiye OpenStreetMap Topluluğu, 35150, İzmir

⁶Geomatik Mühendisi, Büyükçekmece, İstanbul

⁷Değerleme Uzmanı, Elazığ

Genişletilmiş Özet

Türkiye'nin bir deprem ülkesi olmasının gerçeğinden hareketle, beklenen Marmara Depremi ve ikincil afetlere yönelik hazırlıkların artırılması için çeşitli ve kapsamlı risk azaltma çalışmaları yürütülmektedir. Ancak bu çalışmalarda toplumun katılım düzeyi genellikle sınırlı kalmaktadır. Risk azaltma eylemlerinin belirlenmesinde, denetimlerinin ve takiplerinin yapılmasında kullanılan denetleme prosedürlerinin tamamında toplumun katılım düzeyi ya sınırlı ya da tamamen dışarda bırakılmıştır. Deprem hazırlıkları hakkında vatandaş düzeyinde kavramsal olarak fikrimiz olsa da gerçekte bize ne şekilde temas edeceği hakkında bilgilendirme eksikliği bulunmaktadır. Birey olarak afet yönetiminde rolümüzü sorgulayarak başlayan çalışmamız, afet yönetiminde aşağıdan yukarı doğru bir yönetim veya uygulama biçimi önerisini şekillendirmiştir. Literatürde toplum tabanlı afet yönetimi modeli, afet yönetiminin yalnızca kurum ve kuruluşların görevi olmadığı, tüm toplumun karar alma süreçleri de dahil olmak üzere afet yönetim sisteminin içinde yer alması gerektiği ve afetin etkilerinin önlenmesi/azaltılması için yerel düzeye hatta bireylere sorumluluk veren aşağıdan yukarıya bir yapılanma olarak yer bulmaktadır (TÜBİTAK, 2024). Bu bağlamda, Antiquake Risk Avcısı Topluluk Projesi, bireyden başlayarak aşağıdan yukarıya afet yönetimini destekleyen, Kuzguncuk mahallesinde mahalle sakinlerinin katılımıyla yürütülen bir vatandaş bilimi projesi olarak önerilmiştir. Vatandaş bilimi, bireylerin ve toplulukların bilimsel araştırmalara aktif katılımını teşvik eden bir yaklaşımdır (İçen ve diğ., 2024). Bu model, bilim insanları ve gönüllüler arasında iş birliği yoluyla, geniş kitlelerin bilimsel verilerin toplanması, analizi ve yorumlanmasına katkıda bulunmasını ve toplumsal sorunlara çözüm bulma amacıyla yerel bilgi ve deneyimlerin dahil edilmesini sağlar. Bu süreç, sadece bilimsel bilginin üretimini değil, aynı zamanda toplumun bilinçlendirilmesini, katılımını ve sosyal sermayenin güçlenmesini de teşvik etmektedir (Bonney ve diğ., 2009). Vatandaş bilimi projeleri, toplumların kendi çevrelerinde ve yaşam koşullarında daha bilinçli kararlar alabilmeleri için gerekli bilgiyi sağlamayı hedefler. Sonuç olarak, vatandaş bilimi, bilimsel sürecin demokratikleştirilmesine ve toplumların dayanıklılığının artırılmasına katkıda bulunur (See ve diğ., 2016).

Proje, vatandaş bilimi yöntem ve ilkelerine uygun olarak yerel düzeyde dayanıklılık sağlamak amacıyla risklerin tanımlanmasını ve bu risklere dair önlemlerin bilinçli bir şekilde planlanmasını hedeflemektedir. Bu çalışma, mahalle sakinlerinin çevrelerine dair sahip oldukları bilgilerin mevcut planların iyileştirilmesinde kullanılmasını amaçlamaktadır. Ayrıca, katılımcı mahalle sakinleri arasında topluluk bağlarının, güvenin ve yardımlaşmanın gelişmesi; sosyal sermayenin artması ve Kuzguncuk mahallesinin kentsel dayanıklılığının güçlenmesi beklenmektedir. Mahalle sakinlerinin katılımını ve kapsayıcılığını sağlamak için çeşitli kampanyalar düzenlenmektedir. Gönüllü vatandaş bilimcilerden oluşan çekirdek ekip, sorunların tanımlanması, metodolojinin geliştirilmesi, veri toplama, veri analizi ve eylemlerin uygulanması aşamalarında aktif rol almaktadır. Projenin ilerleyen aşamalarında, sokak temsilciliği aracılığıyla geniş kitlelere ulaşarak, mahalle sakinlerinin veri girişi yapmaları beklenen son kullanıcılar olarak projeye katılımı planlanmaktadır. Çalışmanın ana çıktısı, mahalle düzeyinde risk bileşenlerinin ve güvenli alanların belirlenmesini, hizmet sağlayıcılar ile vatandaş arasında bilgi iletişimini sağlayacak olan interaktif bir veri iletişim platformudur. Bu platformda toplanan mekânsal veri katmanları, harita aracılığıyla mahalle sakinlerine açık olarak sunulacaktır. Kullanıcılar, mahallelerinde gözlemledikleri risklere dair bilgi, fotoğraf, ses kaydı veya not olarak platforma veri girişi yapabileceklerdir. Bu veriler, gelecekteki risk azaltma çalışmalarının sürekliliği için önemli bir kaynak oluşturacaktır. Projenin ana çıktısı olan veri iletişim platformu, ayrıca afet sonrası iyileştirme süreçlerini takip etmek ve sürekli bir risk azaltma çabası sağlamak amacıyla geliştirilmektedir. Projenin ilk çıktısı olarak, acil durumlarda gerekli mekânsal bilgileri içeren tematik bir harita önerilmiştir. Bu haritada toplanma alanları, güvenli bölgeler, yangın hidrantlarının yerleri ve acil durum kaynakları gibi veriler, mahalle sakinlerinin kolayca ulaşabileceği şekilde düzenlenmiştir. Haritada yer alacak bilgilerin belirlenmesi için literatür taraması ve katılımcı çalışmalar yürütülmüştür.

Proje kapsamında, mahalle ölçeğinde paydaş analizi tamamlanmış ve Kuzguncuk Muhtarlığı, Kuzguncuklular Derneği ve Kuzguncuk Deprem Dayanışması gönüllülerine yapılan çağrı ile danışma kurulu toplantısı gerçekleştirilmiştir. İkinci etapta afet yönetimi paydaş analizi yapılmış ve ilgili kurum ve kuruluşlarla görüşmeler sağlanmıştır. Mahalle afet gönüllüsü dernekleri başta olmak üzere 21 arama kurtarma sivil toplum kuruluşuna ulaşılmış ve yapılan anket çalışması

* Sorumlu Yazar: Tel: (0539) 655 79 30 Faks: -

E-posta: yelda.ademoglu@gmail.com (Yelda Ademoğlu Gülkılık), bouvardistanbul@gmail.com (Vincent Bouvard), umut.koca@uskudarkentas.com.tr (Umut KOCA), orkutmy@planizm.com (Orkut Murat YILMAZ), can.unen@gmail.com (Dr. Hüseyin Can Ünen), pnapnarnademirci@gmail.com (Pınar DEMİRCİ), dicleozgeozturk@gmail.com (Dicle Özge ÖZTÜRK)

ile mekânsal bilgi gereksinimleri analiz edilmiştir. Kuzguncuk Mahallesi’nde mahalle sakini akademisyenlerin yer aldığı bir bilimsel danışma kurulu kurulmuş ve akademisyenlerin, ilgili kurumların temsilcilerinin ve mahalle sakinlerinin katılımıyla risk bileşenlerinin tanımlanması ve sınıflandırılması amacıyla çalıştay düzenlenmiştir. Tematik haritanın üretilmesi ve veri iletişim platformunun önerilmesi sürecinde, üst ölçekli risk azaltma planları, UNDRR (Birleşmiş Milletler Afet Riskini Azaltma Ofisi) tarafından yayınlanan ‘Şehrim Hazırlanıyor: Şehirleri Dirençli Hale Getirmek için 10 Temel Madde’ ve Japonya’da doğan ‘town watching’ yöntemi gibi başarılı örnek modeller temel literatür olarak değerlendirilmiştir (UNDRR, 2024; Dirençli ve Geliyor, 2024).

6 Şubat depreminin ardından yayınlanan raporlar ve analizler (raporlar), Kuzguncuk için değerli bir kaynak oluşturmuştur. Hem proje alanı olan Kuzguncuk’tan hem de 6 Şubat deprem bölgesinden yerel vatandaş katılımıyla deprem deneyimleri ile ilgili bilgiler toplanmakta ve çalışmaya dahil edilmektedir. Yapılan tüm çalışmalar, açık lisansla erişime açılabilir ve paylaşılabilecek şekilde yürütülmektedir. Açık kaynak kodlu yazılımlar kullanılmakta ve veri üretiminde açık bilim şartlarının sağlanması amaçlanmaktadır. Antiquake Risk Avcısı Topluluk Projesi – Kuzguncuk Mahallesi Afet Risklerinin Azaltılması Projesi Veri İletişim Platformu Çalışmamızda farklı uzmanlık alanlarından gönüllü vatandaş bilimciler yer almaktadır. Her yapılan aktivite için mahallemizde bulunan komşuluk iletişim ağı ve sosyal medya kullanımı aracılığıyla gönüllü çağrısı yapılmaktadır. Gönüllülük seviyeleri kişiler tarafından belirlenmekte olup, bu destekler genellikle kendi uzmanlık alanlarının kolektif üretime sunulması olarak gerçekleştirilmektedir. Farklı yaş gruplarından kırkı aşkın gönüllüye ulaşılmıştır. Ayrıca, mahalle dışından topluluğumuza destek veren farklı uzmanlık alanlarından gönüllü vatandaş bilimciler projede yer almaktadır. Çalışma kapsamında sivil toplum kuruluşları, üniversiteler ve kurumlarla iş birliği çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmalarla uzun vadede topluluk katılımı ile bu çabaların sürdürülebilirliğini sağlamak ve bu sayede mahallede sürekli risk azaltma çabalarının kültürel bir değişime dönüşmesi hedeflenmektedir.

Proje, şehirlerin ve yerleşimlerin sürdürülebilir ve kapsayıcı bir şekilde geliştirilmesini hedefiyle topluluk katılımını da içermekte olan Sürdürülebilir Kalkınma Amacı 11 (SDG 11) ile örtüşmektedir. Özellikle Hedef 11.3’te yer alan katılımcı, kapsayıcı ve entegre şehir planlaması ile Hedef 11.b’de öne çıkan kapsayıcı afet risk azaltma stratejileri, projenin katılımcı yaklaşımını ve sürdürülebilirliğini desteklemektedir. Proje, Avrupa Ufuk Programı kapsamında desteklenen IMPETUS projesi tarafından finanse edilmekte ve desteklenmektedir.

Bu çalışma, Kuzguncuk’ta uzamsal farkındalığı artırarak mahalle düzeyinde risklerin bilinçli bir şekilde yönetilmesini sağlamakta ve topluluğu kolektif zeka ile afetlere hazırlıklı hale getirmektedir. Böylece proje, topluluk tabanlı afet yönetimi alanında örnek bir vatandaş bilimi uygulaması olarak afet risklerinin azaltılmasına yönelik güçlü bir model sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler

Mekânsal Web Servisleri, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, Açık Bağlantılı Veri, Mekânsal Planlama, Dijital Dönüşüm

Yerel Yönetimler Tarafından Üretilen Verilerin Tematik Haritalara Dönüştürülmesi: “haritala.com.tr” Platformu Önerisi

Kandemir Atçeken^{1,*}, Uğur Doğan²

¹Mersin Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Kamu Yönetimi Bölümü, 33343, Mersin.

²Balıkesir Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, 10010, Balıkesir.

Genişletilmiş Özet

Eleştirel CBS'nin en başarılı örneklerinin, sosyal teori ile donanmış araştırmacıların teknolojiyi dışarıdan eleştirmek yerine onu benimseyip etkileşime girmeye istekli olmalarıyla ortaya çıktığını iddia ediyorum (O'Sullivan, 2006).

Günümüzde mekânsal verilerin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla işlenmesi ve analiz edilmesi, organizasyonlar, işletmeler ve bireyler tarafından yaygın bir şekilde kabul görmektedir. CBS, giderek daha erişilebilir ve maliyet etkin bir teknoloji haline geldikçe, ulusal düzeyden yerel ölçeğe kadar hükümetlerin karar alma süreçlerine önemli katkılar sunmaktadır (Longley vd., 2005, s. 42). CBS'nin gelişimine paralel olarak, yerel yönetimlerin bu teknolojiyi kullanma oranı artmakta ve yerel ihtiyaçlara göre uyarlanmış CBS uygulamalarının sayısı çoğalmaktadır.

Yerel yönetimler, özellikle akıllı şehirler inşa etme ve dirençli kentler oluşturma hedeflerinde CBS'den yoğun şekilde faydalanmaktadır. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan bir raporda, 30 büyükşehir belediyesi ve 51 merkez belediyesinin yürüttüğü ya da yürütmeyi planladığı akıllı şehir projeleri çerçevesinde toplamda 260 proje yer almakta olup, bu projelerden 92'si doğrudan CBS ile ilişkilidir. Diğer projelerin de büyük bir kısmı CBS ile bağlantılı teknolojiler içermektedir (CBS Genel Müdürlüğü, 2022). Ayrıca, gönüllülük temelli CBS hareketlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, planlama ve acil durum yönetimi süreçlerinde CBS önemli bir rol oynamaya başlamıştır (Goodchild, 2007). Özellikle 6 Şubat 2023 depremleri sonrasında, CBS tabanlı açık kaynak projesi olan OpenStreetMap (OSP) aracılığıyla, sivil toplum kuruluşları (STK) gibi organizasyonlar ve bireysel gönüllüler arasında yapılan iş birlikleri, arama kurtarma ve yardım operasyonlarına hayati katkılar sağlamıştır (Bayhan, 2022; Memduhoğlu, 2024). Bu tür uygulamalar, toplumsal dayanışmayı artırarak, acil durumlarda hızlı ve etkili müdahale olanağı sunmaktadır.

Son yıllarda bu tür ihtiyaçlar doğrultusunda CBS uygulamalarının kamu alanında yaygınlaşması amacıyla çeşitli girişimler hayata geçirilmiştir. 2007 yılında yürürlüğe giren ve Türkiye'nin de dâhil olduğu Avrupa Topluluğu'ndaki Mekânsal Bilgi Altyapısı (INSPIRE) direktifi, Avrupa'da çevreyle ilgili mekânsal verilerin kamu kurumları arasında paylaşımını teşvik etmekte ve bu verilere kamusal erişimi kolaylaştırmayı amaçlamaktadır (csb.gov.tr, 2024). Bu direktife uygun olarak Türkiye'de de kamu kurumları, özel sektör ve yerel yönetimler arasındaki iş birliğini güçlendirmek amacıyla Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS) hayata geçirilmiştir. TUCBS, farklı kurumlarca üretilen mekânsal verilerin entegre edilmesi ve bu verilere erişimin kolaylaştırılması için geliştirilmiş bir sistemdir (Akıncı & Cömert, 2009; Yalçın vd., 2010). Ayrıca, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın Bulut Bilişim Tabanlı KBS Altyapı Projesi gibi ulusal düzeydeki çalışmalar, CBS'yi destekleyen yenilikçi projeler arasında sayılabilir. Aynı bakanlık tarafından geliştirilen Ulusal Akıllı Şehir Açık Veri Platformu (ULASAV) ise, akıllı şehir projelerine katkı sağlamakta ve bu projelere ilişkin verilerin daha geniş kitlelerle paylaşımını mümkün kılmaktadır (Badem, 2017; ULASAV, 2024).

CBS'nin sunduğu avantajlara ve katkılara rağmen yaygınlaşma sürecinde bazı eleştiriler de ortaya atılmıştır. CBS, teknolojik eşitsizlikler, yüksek kullanım maliyetleri ve teknik bilgi gereksinimleri nedeniyle eleştirilmiştir (Elwood, 2006). Ayrıca, CBS'nin en geniş kullanıcı kitlesinin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde geliştirilmiş olması da eleştiri konusu olmuştur. Özellikle, CBS'nin mühendislik alanında teknolojik ve uzmanlık gerektiren bir yenilik olarak algılanması, sosyal bilimlerde sıklıkla CBS'nin yalnızca coğrafi analizler için kullanılan bir teknik araç olduğu yanılgısını güçlendirmektedir. Bu bağlamda Harvey (2018), eleştirel CBS (critical GIS) ve eleştirel CBS bilimi (Critical GIScience) ayrımıyla tartışmayı derinleştirmeyi amaçlamıştır. Eleştirel CBS (critical GIS), uygulamaların geliştirilmesi ve analiz edilmesi açısından eleştirel düşünmeye odaklanırken, eleştirel CBS bilimi (Critical GIScience) daha çok teorik bir çerçeve içinde eleştirel teoriye dayanmaktadır. Çalışmada, iki alanın zamanla hibrit formlara evrildiği ve hem toplumsal hem de akademik açılardan önemli etkiler yarattığı vurgulanmaktadır. O'Sullivan (2006) ise, CBS'nin toplumsal etkilerine dair daha fazla teorik çalışma yapılması gerektiğini savunur. Ona göre, CBS teknolojisinin eleştirilmesi yerine, bu teknolojinin sosyal teoriyi geliştirmek için aktif bir şekilde kullanılması daha önemlidir. Bu yaklaşım, eleştirel bir perspektiften CBS'nin potansiyelini araştırmanın ve keşfetmenin gerekliliğine vurgu yapar.

Bu tartışmalar çerçevesinde, CBS'nin yerel yönetimlere sunduğu olanakları çeşitlendirme, yerel yönetimlerin de CBS'nin potansiyelini daha iyi değerlendirme ve daha geniş bir kullanım imkânı sağlaması mümkündür. Yerel yönetimler, kendi verilerini üretebilme kapasitesine sahip kurumlar olarak, genellikle bu verileri ilgili birimlerinin teknik kapasitelerini güçlendirmek amacıyla kullanmaktadır. Bu bağlamda, üretilen verilerin temel hedefi, söz konusu teknik gereksinimleri karşılamaktır. Ancak, bu verilerin yeniden yapılandırılarak, kentin sosyal yapısını geliştirecek ya da farklı amaçlarla kullanılabilecek bir forma dönüştürülmesi, kentlerin gelişimine, sürdürülebilirliğine ve direnç kazanmalarına önemli katkılar sunabilir. Başka bir ifadeyle, yerel bilgi üretimi sürecinden elde edilen bu veriler, yalnızca teknik sorunları çözmeye yönelik araçlar olmanın ötesinde, kentin daha iyi anlaşılması yönündeki çabalara da hizmet edebilir. Bu durum,

* Sorumlu Yazar: Tel: (0532) 790 18 58

E-posta: kandemira@mersin.edu.tr (Kandemir Atçeken), ugur.dogan@balsu.gov.tr (Uğur Doğan)

kentle ilgili karar alma süreçlerine katılan uzmanlar, yöneticiler ve kent düzeyinde sosyal araştırmalar yapan akademisyenler açısından CBS'nin yalnızca teknik ve teknolojik bir araç olarak algılanmasının önüne geçebilir. CBS'nin yalnızca uzmanlara yönelik bir sistem olma özelliğini aşarak, verilerin yorumlanması ve kullanılmasında daha geniş bir kitleye hitap edecek şekilde tasarlanması, yerel yönetimlerin tüm kademelerinde CBS'nin daha geniş bir kullanım alanı bulmasına ve bu sistemin potansiyelinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Bir yerel yönetim birimi, katı atık toplama süreçlerinde en son teknolojik araç takip ve ölçüm sistemlerini kullanarak, atık toplama araçlarının en verimli rotalarını belirleyebilir ve bu süreçleri anlık olarak izleyerek belediyenin hizmet kalitesini artırabilir. Ancak bu verilerin daha geniş bir perspektifle değerlendirilmesi, toplumsal faydayı artırma potansiyeli taşır. Örneğin, optimum rota planlaması sırasında her aracın yalnızca belirli bir mahalleyi ziyaret etmesi sağlarsa, mahalle düzeyinde daha mikro düzeyde veriler elde edilebilir ve bu veriler, çeşitli amaçlarla kullanılabilir. Bu yaklaşımla, ani bir göç dalgası sonrasında kentin hangi mahallelerinde nüfus yoğunluğunun arttığı, katı atık miktarlarındaki değişim üzerinden tespit edilebilir. Bu sayede, göç sonrası yardım ve desteklerin hangi bölgelere odaklanması gerektiği gibi stratejik kararların alınmasında daha kesin verilere dayalı çözümler üretilebilir. İlçe düzeyindeki verilere göre, mahalle düzeyinde ve daha alt ölçekte "büyük veri" mantığıyla üretilen veriler kentsel politikaların şekillendirilmesine daha çok katkı sağlayabilir. Bu tür mikro veriler, çeşitli sosyo-ekonomik analizler için kullanılabilir ve kent sakinlerinin yaşam kalitesini artıracak yenilikçi hizmetlerin geliştirilmesine zemin hazırlayabilir. Böylece, CBS tabanlı veri toplama ve analiz süreçleri, yerel yönetimlerin daha etkin ve stratejik kararlar almasına yardımcı olarak kentsel yönetim süreçlerinin çok boyutlu hale gelmesine katkıda bulunur.

Bu çalışma, O'Sullivan'ın metnin başında yer alan iddiasına atıfta bulunabilecek bir gerçeklikten yola çıkmıştır. Mersin Üniversitesi Göç Araştırmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi (MERGÖÇ) bünyesinde veri bilimi alanında çalışan akademisyenler olarak, yerel yönetimler ve diğer kurumlarla yaptığımız iş birliği sonucunda ulaştığımız verilerin büyük çoğunluğunun mekânsal tabanlı olduğunu ve CBS destekli analizlerle değerlendirilebileceğini tespit ettik. Ancak, bu analiz süreçlerinde çok büyük maliyetlerle karşılaşmamız, kendi CBS uygulamamızı geliştirme gerekliliğini doğurdu (Atçeken vd., 2024). İlk uygulama geliştirme sürecinde edindiğimiz deneyimler ve ortaya çıkan ihtiyaçlar, ikinci bir uygulamanın geliştirilmesi zorunluluğunu artırdı. Bu çalışma, ihtiyaçlara yanıt vermek üzere geliştirdiğimiz web tabanlı haritalama uygulaması **haritala.com.tr** platformunu tanıtmaktadır. Bu uygulama, yerel yönetimlerdeki uzmanlar, yöneticiler ve personelin, CBS konusunda derin bir bilgiye sahip olmaksızın, mekânsal verileri kolayca tematik haritalara dönüştürmelerine olanak sağlamaktadır.

Uygulama, kullanıcı dostu bir arayüz sunarak grafikler, filtreler ve arama özellikleri gibi kullanıcı deneyimini zenginleştiren unsurlarla donatılmıştır. Ayrıca, dosya açma ve sürükle-bırak gibi sezgisel tasarım öğeleri sayesinde, harita uygulamalarına aşina olmayan kullanıcılar için de kolay erişim imkânı sunmayı hedeflemektedir. Uygulamanın mekânsal harita altyapısı, bulut veya VPS sunucularında barındırılmakta ve Microsoft SQL Server ile GeoServer kurulumlarıyla desteklenmektedir. Mekânsal veriler, veri tabanında tablo ve görünüm olarak düzenlenerek kullanıma hazır hale getirilmektedir. Microsoft Visual Studio IDE ortamında geliştirilen bu MVC (Model-View-Controller) web uygulaması, C# programlama dili ve Nesne Yönelimli Programlama (OOP) metodolojisi ile tasarlanmıştır. Uygulama, kullanıcı bilgileri ve mekânsal verilerin özniteliklerini nesne olarak işleyebilmekte ve kullanıcı yetkilendirmesi ile kullanıcı grubu bazında erişim kısıtlamalarını sunucu tarafında denetlemektedir. Her bir kontrol işlemi, kullanıcı yetkilerini denetlerken, kritik işlevlerde log tutma işlemleri gerçekleştirilmektedir. Kullanıcılar, zengin JavaScript kütüphaneleriyle etkileşimli bir harita ara yüzüne erişmekte ve AJAX teknolojisi sayesinde sayfayı yenilemeden veri işlemlerini gerçekleştirebilmektedir. OpenLayers kütüphanesi, mekânsal nesneleri GeoServer üzerindeki WMS servisleri aracılığıyla görsel harita olarak sunarken, öznitelik sorguları da harita üzerinde tıklanan nesnelerin bilgilerini JavaScript kullanarak görüntülemektedir. Bu altyapı, kullanıcıların hem kolay hem de etkin bir şekilde mekânsal verileri analiz edebilmelerini sağlamaktadır.

Sonuç olarak, **haritala.com.tr** gibi platformlar, yerel yönetimlerin yanı sıra daha geniş bir kullanıcı kitlesine CBS teknolojilerini daha etkin bir şekilde kullanma imkânı sunmakta ve mekânsal düşünme yeteneklerini geliştirmelerine yardımcı olmaktadır. Bu sayede, özellikle yerel yönetimlerin karar alma süreçlerinde daha hızlı ve etkin sonuçlar elde edebileceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler

Yerel Yönetimler, Mekânsal Web Servisleri, CBS Uygulamaları, Mekânsal Verinin Görselleştirilmesi, Tematik Haritalama

Kaynaklar

- Akıncı, H., & Cömert, Ç. (2009). *TUCBS ve INSPIRE Teknik Mimarisi*. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Atçeken, K., Sezer, T., & Dik, E. (2024). Unleashing the Potential of Smart Cities: A Web Mapping Application for Türkiye. İçinde S. E. Bibri (Ed.), *Smart City Innovations: Navigating Urban Transformation with Sustainable Mobility* (ss. 1-11). Springer.
- Badem, H. (2017). *Türkiye'de Kent Bilgi Sistemlerinin Ulusal Ölçekte Yaygınlaştırılmasına Yönelik Çözüm Önerileri* [Yayınlanmış Uzmanlık Tezi]. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

- Bayhan, B. (2022). Deprem Hazırlığında Özgür Yazılım ve Açık Kaynak Kullanımı: Yer Çizenler Derneği'nden Can Ünen ve Orkut Murat Yılmaz ile Söyleşi. İçinde *Mekanda Adalet ve Deprem* (ss. 66-73). Mekanda Adalet Derneği.
- CBS Genel Müdürlüğü. (2022). *Proje Envanteri*. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. <https://www.akillisehirler.gov.tr/proje-envanteri/>
- csb.gov.tr. (2024). *Inspire Nedir?* [Post]. Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü. <https://csb.csb.gov.tr/inspire-nedir-i-5924>
- Elwood, S. (2006). Critical Issues in Participatory GIS: Deconstructions, Reconstructions, and New Research Directions. *Transactions in GIS*, 10(5), 693-708.
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as Sensors: The World of Volunteered Geography. *GeoJournal*, 69, 211-221. <https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y>
- Harvey, F. (2018). Critical GIS: Distinguishing Critical Theory from Critical Thinking. *The Canadian Geographer*, 62(1), 35-39. <https://doi.org/10.1111/cag.12440>
- Longley, P., Goodchild, M., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2005). *Geographic Information Systems and Science* (Second Edition). Wiley.
- Memduhoğlu, A. (2024). 6 Şubat Depremlerinden Etkilenen Şehirlere Ait OpenStreetMap Verilerinin Niceliksel ve Semantik Analizi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13(4), 1264-1276. <https://doi.org/10.28948/ngmuh.1476998>
- O'Sullivan, D. (2006). Geographical Information Science: Critical GIS. *Progress in Human Geography*, 30(6), 783-791. <https://doi.org/10.1177/0309132506071528>
- Sheppard, E. (1995). GIS and Society: Towards a Research Agenda. *Cartography and Geographic Information Systems*, 22(1), 5-16.
- ULASAV. (2024). ULASAV Göstergeler. *Ulusal Akıllı Şehir Açık Veri Portalı ULASAV*. <https://ulasav.csb.gov.tr/gosterge>
- Yalçın, G., Oral, S., Erkek, B., & Bakıcı, S. (2010). *Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün Eylem Planı Doğrultusunda Çalışmaları*. III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZALCBS 2010).

Mobil Planlamada CBS Tabanlı Müşteri Şikayetlerinin Değerlendirilmesi

Merve Tanur*, Rahmi Nurhan Çelik, Caner Güney

İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul.

Genişletilmiş Özet

Her sektörde olduğu gibi telekomünikasyon sektöründe de başarının en büyük ölçütlerinden birisi müşteri şikayetlerinin doğru yönetilebilmesidir. Sunulan hizmetin müşteriye tatmin etmemesi sonucu ortaya çıkan şikayetler birden fazla perspektifte eksikliğin veya aksaklığın varlığını göstermektedir. Müşteri şikayetinin en hızlı ve en doğru şekilde çözümlenebilmesi için kullanılan yöntem ve araçların hızlı ve doğru aksiyonlar alınması için yeterli ve uygun olması gerekmektedir (Alabay, 2012; Özsoy, 2021). Bu kapsamda dinamik bir yapıya sahip olan mobil iletişim ağlarındaki şikayet yönetiminin de dinamik ve mekansal boyutta inceleniyor olması önemlidir. Her geçen gün artan pazar hacmi beraberinde artan müşteri şikayetini de getirmektedir. Türkiye’de 2024 yılı ikinci çeyreği sonunda %109,3 yaygınlık oranına karşılık gelen, makineler arası iletişim (M2M) aboneleri dâhil, toplam 93,3 milyona ulaşan mobil abone sayısı göz önünde bulundurulduğunda her abonenin şikayet kaydı oluşturma varsayımı doğru şikayet yönetiminin ne kadar önemli olduğu ortaya çıkarmaktadır. Temmuz 2009’da kullanıma sunulan UMTS teknolojisi kullanıcılarının Mart 2016 sonu itibarıyla 65,9 milyon aboneye ulaşmasının ardından Nisan 2016 tarihinde hizmete sunulan LTE teknolojisiyle UMTS aboneliğinden LTE aboneliğine bir geçiş süreci yaşanmıştır. 2024 yılı ikinci çeyrek sonunda UMTS abone sayısı 4,7 milyon olarak gerçekleşirken LTE abone sayısı 86,3 milyona ulaşmıştır. Üçer aylık dönemler itibarı ile, BTK Online Tüketici Şikayet Sistemi üzerinden iletilen şikayet sayılarına bakıldığında 2024 ikinci çeyreği sonunda mobil kapsamda yapılan en fazla tüketici şikayetine konu olan hususlar arasında kapsama alanı/hizmet kalitesinin %23,2 oranına sahip olduğu görülmektedir. Bunların yanı sıra Türkiye’de faaliyet gösteren üç mobil işletmeci 2023 yılında sırasıyla 6,1 milyon ₺, 7,1 milyon ₺, 17,2 milyon ₺ yatırım yaparak toplam yaklaşık 30,5 milyon ₺ mobil yatırım değerine ulaşmışlardır (BTK, 2024). Müşteri şikayetinin en kısa sürede ve doğru şekilde çözümlenebilmesi için şikayet yönetiminin her aşamasının titizlikle yürütülüyor olması şikayetin doğru anlaşılması, doğru kategorize edilip doğru yerlere yönlendirilmesi iş akışlarının buna uygun hale getirilmesi için gereklidir. Dinamik bir mobil ağ yapısında müşteri şikayetlerinin de dinamik bir sistem girdisi olarak kullanılması planlama ve yatırım açısından oldukça kıymetlidir. Doğru bir ağ planlaması doğru yatırım demektir. İhtiyaca göre efektif şekilde yapılan mobil ağ planlamasında yatırımların doğru yerlere yapılması mobil yatırım maliyetlerinin etkin kullanıldığının bir göstergesidir. Minimum adetle maksimum fayda sağlamak amacıyla kurulan yeni baz istasyonları müşteri memnuniyetini artırıp şikayetleri azaltmanın yanı sıra müşteri sadakatini de artırıp mobil pazar payının artırılmasında güçlü bir silahtır. Şirketlerin sürdürülebilir bir rekabet avantajı sağlamasında önemli bir faktör olan müşteri sadakati hem şirket performansının hem de büyümesinin anahtarlarından birisidir (Kim vd., 2004).

Bu çalışma ile mobil iletişim ağ tasarımı kaynaklı olduğu belirtilen şikayetlerin CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) ortamında analiz edilmesi ve bu şikayetlerin sonraki mobil iletişim ağ planlamasında bir girdi olarak kullanılmasına yönelik bir yaklaşım ortaya koyulacaktır. Çalışma kapsamında farklı kanallar aracılığıyla elde edilen müşteri şikayetlerinin UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) ve LTE (Long-Term Evolution) teknolojisine sahip mobil ağ planlamasında hangi bakış açısıyla ve nasıl değerlendirildiği analiz edilecektir. Çalışmaya konu olan mekansal veriler herhangi bir telekomünikasyon şirketine ait olmamakla beraber tamamen akademik amaçlı üretilmiş örnek verisetlerinden oluşmaktadır. Bu tercihle bilimsel çalışmanın objektifliği ve güvenilirliği artırılmak istenmiştir. Bu kapsamda bir yıllık zaman dilimindeki müşteri şikayeti veriseti, Türkiye il haritası, Türkiye coğrafi bölgeler haritası, UMTS kapsama haritası, LTE kapsama haritası, arazi kullanımı haritası ve yerleşim yeri haritası gibi birçok farklı veriseti kullanılmıştır. Bu büyük mekansal veriler için CBS araç ve yöntemleri kullanılarak geniş kapsamlı ve hızlı bir çözüm üretmek amaçlanmıştır. Farklı kanallar aracılığıyla elde edilen müşteri şikayet verisinin konumsal doğruluğunu teyit ihtiyacı olmasından kaynaklı öncelikle Türkiye idari sınırları içerisinde yer almayan veriler elenerek veri temizleme işlemi yapılmıştır. Farklı sebeplerle iletilen şikayetlerin hangi sebeple geldiğine dair şikayet sınıflandırması yapılarak sorunun hangi açıdan ele alınması gerektiği kararlaştırılmıştır. Bu kapsamda şikayet sebebinin kapsama kaynaklı mı kapasite kaynaklı mı olduğu ayrımı yapıldıktan sonra kapsama kaynaklı şikayetler için yeni saha ihtiyacı analizi kapasite kaynaklı olanlar için farklı optimizasyon seçeneklerinin değerlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu çerçevede müşteri şikayet konumlarının CBS ortamında mevcut hangi baz istasyonu ile ilişkilendirilmesi gerekliliği, en çok hangi zaman diliminde şikayetlerin arttığı, en fazla hangi il ve bölgelerde sıkıntı yaşandığı, en fazla hangi arazi kullanım alanlarında sorun yaşandığı, şikayete konu olan konumun yerleşim yerlerinin içinde mi dışında mı olduğu gibi sorular detaylı olarak analiz edilmiştir. Bunlara ek olarak UMTS ve LTE kapsama haritaları kullanılarak şikayet konumlarındaki sinyal seviyeleri her teknoloji için ayrı ayrı elde edilmiştir. Her iki teknoloji için de sinyal seviyeleri iyi, orta, kötü olacak şekilde üç farklı sınıfa ayrıştırılarak hangi seviyede daha fazla kapsama şikayeti olduğu tespit edilmiştir. Tüm analizlerden sonra müşterinin beyan ettiği sorunların teknik tarafta da aynı sorunla eşleşmesi sonucunda ilgili şikayetlerin bir sonraki mobil planlama aşamasında girdi olarak kullanılması gerekliliğine karar verilmiştir. Çalışma çıktısı olarak yapılan analizlere ait

* Sorumlu Yazar: Tel: (0212)2853414 Faks: (0212)2856587

E-posta: korkutanm@itu.edu.tr (Merve Tanur), celikn@itu.edu.tr (Rahmi Nurhan Çelik), guneycan@itu.edu.tr (Caner Güney)

infografik ve tematik haritaların üretilmesi ile ilgili karar vericilerin durumu daha kolay ve net anlayabilmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında üretilen çözümlerin sektördeki etkileri hem teknik ve hem ticari açıdan büyük yarar sağlayacaktır. Sağlanan faydanın hem telekomünikasyon şirketleri açısından hem de müşteriler açısından iki uçlu olması çalışmanın önemi daha fazla arttırmaktadır. Şirketler tarafından müşteri şikayetlerinin teknik açıdan mekansal boyutta analiz edilmesi şikayet kaynağının doğru tespiti, doğru aksiyonların alınması ve iyileştirme gereken alanların farkedilebilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Diğer yandan şikayetlere verilen yanıtların müşteri tarafından tatmin edici ve anlaşılır olmasının yanı sıra çözümü için tahmini bir süre bilgisinin verilmesi gibi geri dönüşler müşteride güven duygusunu arttırarak müşteri sadakatini olumlu yönde destekler. Bu çalışmanın telekomünikasyon sektöründe mobil iletişim ağ planlamasında mekansal girdilerden birisi olan müşteri şikayetlerinin CBS ile nasıl kullanıldığına dair ortaya koyduğu yaklaşım henüz 5G teknolojisi hizmete sunulmadığı için sadece UMTS ve LTE teknolojisi ile çerçevelenmiştir. 5G teknolojisinin Türkiye’de aktif olarak kullanılmaya başlanmasının ardından benzer süreçlerin daha farklı açılardan incelenmesi gerekliliği doğacaktır. 5G ekosistemine hızlı adaptasyon sağlayabilmek için yapılması elzem görülen şeylerden birisi de ölçeklenebilir ve sürdürülebilir bir altyapı oluşturmaktır (Deloitte, 2022). Bu hususta 5G performans ve etkinliğinin istenilen düzeyde olabilmesi için daha fazla sayıda baz istasyonuna ihtiyaç doğacaktır. Böylelikle 5G teknolojisine ait kapsama ve kapasite kaynaklı gelecek şikayetlerin mevcut şikayetlerden daha fazla olacağı öngürüsü büyük mekansal verinin CBS araç ve metotları ile hızlı aksiyonlar alınması ihtiyacını daha fazla ortaya çıkaracaktır. 5G teknolojisinin müşteri tarafındaki memnuniyet göstergeleri (daha yüksek hız, daha düşük gecikme süresi vb.) mevcut UMTS ve LTE teknolojilerinden daha fazla olacağından farklı akademik araştırmacılar için bu çalışma kapsamının 5G teknolojisi için daha da zenginleştirilmesi gerekli ve faydalı olacaktır.

Anahtar Kelimeler

Mekânsal Planlama, Mekânsal Karar Destek Sistemleri, Büyük Mekânsal Veri, CBS Uygulamaları, Mobil İletişim Ağları

Kaynaklar

Alabay, M. N. (2012). MÜŞTERİ ŞİKÂyetLERİ YÖNETİMİ. Uluslararası Yönetim İktisat Ve İşletme Dergisi, 8(16), 137-157.

Özsoy, Tufan. (2021). Türkiye’de Telekomünikasyon Sektörü Hizmet Sağlayıcılarına İlişkin Tüketici Şikayetleri: Sorunlar ve Çözüm Önerileri. 4. 1-19.

Kim, M.K., Park, M.C. ve Jeong, D.H. (2004). “The effects of customer satisfaction and switching barrier on customer loyalty in Korean mobile telecommunication services”, Telecommunications Policy, 28, 145–159.

BTK (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu). (2024). Türkiye Elektronik Haberleşme Sektörü Üç Aylık Pazar Verileri Raporu:2024 2. Çeyrek. <https://www.ttyatirimciiliskileri.com.tr/media/dycmehnn/btk-raporu-2c-24.pdf>

Deloitte. (2022). Yeni Nesil Bağlantının Gücü: 5G Teknolojisinin Türkiye için Ekonomik ve Sosyal Faydaları. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tr/Documents/technology-media-telecommunications/Deloitte-Vodafone-5G-EtkiAnalizi.pdf> Not: Çalışmada daha fazla kaynak bulunmakta olup asıl metinde tüm kaynaklara yer verilmektedir.

Not: Çalışmada daha fazla kaynak bulunmakta olup asıl metinde tüm kaynaklara yer verilmektedir.

Maden Sahalarının Ekolojik ve Ekonomik Açından Sürdürülebilir Remediasyonunun Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Planlanması

Benginur Baştabak ; Hasan Sarptaş

Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü, Enerji Teknolojileri Anabilim Dalı, İzmir.

Geniştirilmiş Özet

Madencilik ile elde edilen mineral hammaddeler ve nadir elementler gibi özel madenler, yüksek teknoloji ürünlerinin ve yenilenebilir enerji sistemleri ile elektronik cihazların üretiminde kritik öneme sahiptir. Bu ürünler inşaat, elektronik, tarımdan eczacılığa, medikal malzeme üretiminden gıda sektörüne birçok alanda yoğun olarak kullanılmaktadır. Ancak bu kadar fazla alanda kullanılan bu mineral hammaddelere olan yüksek miktardaki ihtiyaç beraberinde maden çıkarma faaliyetleri ile önemli çevre sorunlarına neden olmaktadır. Arsenik, kadmiyum, kurşun, çinko ve cıva gibi canlılar için toksik olan elementler toprağa, havaya ve suya karışarak doğrudan ve dolaylı olarak ekosistem için yıkıcı etkilere neden olmaktadır. Dünya nüfusunun ve endüstriyel faaliyetlerin günden güne artması ile madenlerden elde edilen hammaddelere olan ihtiyaç doğru orantılı olarak artmaktadır. Artan ihtiyaçla birlikte daha fazla maden alanı açılması olumsuz çevresel etkilerin de bir o kadar hızla artması anlamına gelmektedir. Beraberinde ise faaliyeti tamamlanmış maden alanlarının ve pası sahalarının ıslahının ekosistem ile uyumlu şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Faaliyeti tamamlanmış (kapatılmış) maden sahaları ıslahının ekosistem ile uyumlu şekilde yapılabilmesi ancak çok disiplinli bakış açısı ile mümkün olabilmektedir.

- Ekosistem sağlığının korunması ve iyileştirilmesinde çevre bilimleri,
- Yer altı yapıları ve kayaçların özelliklerinin incelenmesinde jeoloji bilimi,
- Su kaynaklarının davranışları konusunda hidroloji/hidrojeoloji,
- Canlı organizmalar ve ekosistemlerin incelenmesinde biyoloji,
- Toprak ve bitki (hiperakümülatör enerji bitkileri vs.) yönetiminde ziraat ve orman mühendisliği,
- Kimyasal süreçlerin analiz ve yönetimi kapsamında kimya ve biyokimya,
- İnsan-çevre ilişkilerinin incelenmesi konusunda sosyoloji ve antropoloji,
- Mekansal planlama (şehir planlama ve peyzaj planlama),
- Ekonomik etkilerin değerlendirilmesi konusunda ise ekonomi bilimi maden sahası ıslahı sürecinde birlikte çalışması gereken disiplinlerdir.

Maden sahalarının ekolojik ve ekonomik açıdan sürdürülebilir ıslahı için ihtiyaçlar; rehabilitasyon stratejisini belirlemek için maden sahasının mevcut durumunun (çevresel koşullar ve çevresel kirlilikler) belirlenmesi, planlama ve strateji geliştirme, rehabilitasyon ve remediasyon için çok disiplinli yaklaşım (ekoloji, ekonomi, sosyoloji ve mühendislik), farklı remediasyon senaryoları ve stratejileri geliştirilmesi ve potansiyel etkileri ve maliyetlerin değerlendirilmesidir.

Maden sahaları büyük alanlarda gerçekleştirildiğinden ve çevresel etkileri ile değerlendirildiğinde etki alanları çok daha geniş olabileceğinden, maden sahalarının ekolojik ve ekonomik açıdan sürdürülebilir remediasyon için mekânsal planlama kritik öneme sahiptir. CBS, maden sahalarının ıslahı konusunda;

- Veri toplama ve haritalama (toprak yapısı, su kaynakları, flora ve fauna gibi çevresel faktörlerin yanı sıra sosyoekonomik veriler vs.),
- Analiz ve modelleme (kirlilik seviyelerinin yayılımını modellemek, zaman içinde iyileşme süreçlerini izlemek ve çeşitli remediasyon senaryolarını karşılaştırmak vs.),
- Karar destek sistemleri (hangi yöntemin en uygun olduğunu belirlemek ve farklı senaryoları kıyaslamak) olmak üzere 3 önemli görevi karşılayabilecek sistemlerdir.

Bu kapsamda, maden sahalarında öncelikle saha verileri toplanarak CBS ile kirlilik ve risk haritalarının, potansiyel kontamine alanlarının oluşturulması gerekmektedir. Mekânsal analizler için toprak nemi, sıcaklık gibi veriler sahadan sabit ya da portatif araçlar ile temin edilebilir. Saha verilerine göre coğrafi modelleme ve simülasyonlar ile farklı senaryolarda sahanın ekolojik restorasyonu konusunda karar verilmesi için modeller oluşturulabilir. Bu aşamada çok kriterli karar yöntemleri kullanılabilir.

Maden sahalarında sürdürülebilir ıslah için; 1) Planlama öncesi hazırlıklar, 2) Ekolojik restorasyon planlaması, 3) Planlamanın geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, 4) İzleme olarak 4 aşama değerlendirilebilir. Planlama öncesi hazırlıklarda; Saha verilerinin toplanması ve CBS ile bölgedeki bitki örtüsü, habitat değişiklikleri ve tür dağılımı gibi bilgilerin toplanması ve izlenmesi gibi aktivitelerin yer alması gerekmektedir. Ekolojik restorasyon planında ilk aşamada elde edilen veriler ışığında CBS ve çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak restorasyon planı, peyzaj tasarımı ve

uzun dönem izleme yönetim planı oluşturulmalıdır. Bu aşamada riskler ve avantajlar ortaya çıkacaktır. Bunlara göre karar mekanizmasında değişikliğe gidilebilir. Son aşamada ise karar verilen ıslah yöntemi ile ortaya çıkacak ekolojik ve ekonomik faydalar CBS ile görseller ile desteklenerek değerlendirilebilir.

Maden sahasının ekoloji ile uyumlu olacak şekilde ıslahı CBS kullanılarak yapıldığında paydaş katılımlı bir karar süreci de gerçekleştirilebilir. Farklı senaryolar üzerinden oluşturulan modeller ile bölge ekonomisine kazandırılacak potansiyel alanlar ile bölgenin ekonomisine katkı sağlanabilir. Diğer yandan oluşturulan modeller ile karar verici mercilerin daha kolay, bilimsel temellere dayalı karar verilebilecek ekosistem destekli bir ıslah modelini fark etmeleri sağlanabilir. Ek olarak oluşturulan örnek modeller ile maden ıslahı konusunda yasa ve yönetmelik hazırlama ve revizyonları aşamalarında daha çevre dostu projelerin mevzuatlara alınması sağlanabilir. Projelerin mevzuata alınması söz konusu olmasa da; başarılı örneklerden hareketle uygulama yönetmeliklerinin kapsamında neyin nasıl yapılması gerektiğine dair yönlendirici olabilir veya yeni mevzuat hazırlanması için gerekçe olabilir.

Maden sahalarının sürdürülebilir ıslahı sürecinde CBS'nin kullanılması sonucunda maden sahalarında kaybedilen ekosistem servislerinin eski ıslah yöntemlerine göre daha az maliyetle daha kısa sürede kazandırılacağı düşünülmektedir. Bu aşamada CBS, analitik bilimsel yöntemlerin kullanımı ve çok disiplinli yaklaşım ile en iyi modellerin ortaya konması mümkün görülmektedir.

CBS destekli veri entegrasyonu ve analizi, Çevresel Etki Değerlendirmesi ve etkilerin görselleştirilmesi, Farklı senaryoların geliştirilmesi ve etkilerinin analizi kirleticilerin mekansal dağılım haritalarının hazırlanmasında çok etkilidir. Örneğin; Fas'ta yapılan bir çalışmada terk edilmiş madenlerin çevre üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi için bir Çevre Veritabanı modeli geliştirmek üzere CBS'ye dayalı teknolojilerin kullanımı denenmiştir. Bahsedilen çalışmada, kirlilik yaratan terk edilmiş Kettara madeni örnek çalışma olarak seçilmiştir. Alan için jeokimya, hidrokimya, hidroloji, jeoloji, arazi örtüsü ve iklim ile ilgili verileri içeren CBS tabanlı bir Çevre Veritabanı tasarlanmış ve detaylandırılmıştır. Kirleticilerin mekansal değişim haritalarının oluşturulması için jeostatistik temelli CBS haritalama teknikleri benimsenmiştir. Elde edilen sonuçlar, terk edilmiş madenlerdeki çevre sorunlarının değerlendirilmesinde uygulanan tekniklerin etkinliğini göstermektedir. Bu sonuçlar aynı zamanda kirleticilerin hem kaynağını hem de yayılımını ortaya çıkarmada farklı ekosistem bileşenleriyle ilgili büyük miktarda multidisipliner verinin entegrasyonunun önemini göstermektedir.

Jilin Eyaleti, Tonghua Şehri'nin Erdaojiang ve Dongchang Bölgelerini örnek alan bir çalışmada ise madencilik alanlarının ekolojik çevre restorasyonu ve yönetim modeli incelenmiştir. Bu çalışma alanından son on yıla ait bitki örtüsü (NDVI) verileri seçilmiştir. NDVI'nin zaman serisini analiz etmek için Theil-Sen medyan ve Mann-Kendall (MK) yöntemleri kullanılmış ve çalışma alanının bitki örtüsü değişim eğilim haritası elde edilmiştir. Daha sonra çalışma alanının 4 yıllık arazi kullanım verileri seçilmiş ve yıllar arasındaki arazi kullanım dönüşümünü analiz etmek için transfer matrisi yöntemi kullanılmıştır. Son olarak, çalışma alanındaki madenlerin dağılım özelliklerine göre, farklı doğal coğrafi konumlardaki maden sahası için, ekili alanların restorasyonu ve orman arazilerinin restorasyonu ve ekolojik yeniden yapılanmanın benimsendiği sonucuna varılmıştır.

Ancak maden ıslahı yönetmeliklerinin ekolojik olarak sürdürülebilir bir tutum göstermemesi, oluşturulan modellerin uygulama aşamasında zorunluluk haline getirilmemiş olması açısından maden iyileştirme çalışmalarında şirketlerin kararına bırakılmaktadır. Bu açıdan maden ıslahı konusunda çalışan çevre firmaları ve akademisyenlerin bahsedilen sürdürülebilir modelleri yaratmaları ve ardından yaygınlaştırılmasını sağlamak için gerekirse STK'lar, kamu kurumları gibi uygulamada söz sahibi olan karar verici ve gündem yaratıcı aktörler ile paylaşımları gerekmektedir. En önemlisi toplumun bu konuda fikir sahibi olması ve sürdürülebilir maden rehabilitasyonunu talep etmesi için oluşturulan modellerin halkın erişimine açık şekilde paylaşılması CBS ile mümkün görülmektedir.

Anahtar Kelimeler

Maden sahası, Pasa Sahası, Islah, Remediasyon, Planlama, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Rüzgar Enerji Santralleri Uygunluk Analizi: Maksimum Entropi Yaklaşımı: Akdeniz Bölgesi Örneği

Senem Tekin^{1,*}, Müge Ünal², Ahmet Çilek³

¹Adıyaman Üniversitesi, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Merkezi, 02040, Adıyaman.

²Fırat Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 23119, Elazığ.

³Çukurova Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 01330, Adana.

Genişletilmiş Özet

Dünya nüfustaki hızlı artışla birlikte, teknolojinin gelişimi de paralel olarak artış göstermiştir. Bu gelişmeler, insanların ihtiyaçlarını karşılayabilmek için sınırlı doğal kaynakların araştırılması ve kullanımına yönelik daha etkili çalışmalar yapılmasına neden olmuştur. Ancak, nüfusun hızlı artışı doğal kaynakların da benzer hızda tükenmesine yol açmıştır. Bu koşullar sonucunda, doğal kaynakların belirlenmesi, kullanımı ve çevresel dengelerin korunmasında teknolojinin önemi giderek artmaktadır. Rüzgar enerjisinden etkili bir şekilde yararlanabilmek için uygun rüzgar santral alanlarının seçimi oldukça önemlidir ve iklim, jeolojik, ekonomik ve sosyal faktörleri dikkate alan karmaşık bir süreç içerir. Çevresel ve sosyo-ekonomik değerlendirme sistemleri, çevresel riskleri azaltmayı, ekonomik büyümeye katkıda bulunmayı ve yerel toplulukların endişelerini gidermeyi amaçlamaktadır. Çevresel ve sürdürülebilirlik sorunlarının artmasıyla, santraller için doğru yer seçimi, yenilenebilir enerji devriminde maliyet etkinliği ve sürdürülebilirlik açısından kritik hale gelmiştir. Umut vadeden, çevresel ve coğrafi açıdan elverişli alanların belirlenmesi karmaşık bir karar verme süreci gerektirir; özellikle iklim değişikliğinin rüzgar modellerini ve diğer iklim değişkenlerini etkileyerek rüzgar enerjisi projelerinin performansını ve kârlılığını etkileyebileceği göz önüne alındığında bu süreç daha da zorlaşmaktadır. Bu nedenle, iklim değişikliği bağlamında rüzgar santralleri için uygun alanların seçilmesi, enerji üretimini en üst düzeye çıkarmak ve ekonomik fizibiliteyi sağlamak için gereklidir.

Rüzgar enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında giderek artan bir öneme sahip olan sürdürülebilir enerji üretim yöntemlerinden biridir. Rüzgar santralleri, fosil yakıt kullanımını azaltarak karbon salınımını düşürmekte ve çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir. Ancak, rüzgar santrallerinin kurulacağı bölgelerin doğru şekilde belirlenmesi, hem ekonomik verimlilik hem de çevresel etkiler açısından kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda, uygunluk analizleri, rüzgar santrallerinin kurulacağı yerlerin seçiminde hayati bir rol oynamaktadır.

Rüzgar santralleri için uygunluk analizleri, öncelikli olarak meteorolojik verilerden elde edilen rüzgar hızı ve sürekliliği gibi parametrelerin incelenmesini içermektedir. Yeterli rüzgar potansiyeline sahip olmayan bölgelerde kurulum yapılması, beklenen enerji üretim verimliliğini düşürebileceği gibi, ekonomik kayıplara da neden olabilir. Aynı zamanda, coğrafi yapılar, topografik koşullar ve yerleşim yerlerine olan mesafe gibi faktörler de göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle, rüzgar türbinlerinin yerleşim yerlerine olan mesafesi, gürültü ve görsel etkiler gibi çevresel ve sosyal etkileri minimize etmek açısından önemli bir kriterdir. Bunun yanında, çevresel faktörler de dikkate alınmalıdır. Rüzgar santralleri doğal yaşamı etkileyebilir; kuşların göç yolları, biyoçeşitlilik üzerindeki etkiler ve ekosistem dengesi gibi konular, uygunluk analizleri sırasında değerlendirilmesi gereken temel unsurlardır. Rüzgar santrallerinin çevresel etkilerinin önceden belirlenmesi, çevresel etkilerin en aza indirilmesi ve sürdürülebilir enerji üretimi süreçlerinin desteklenmesi açısından gereklidir. ekonomik ve teknik uygunluk da göz önünde bulundurulmalıdır. Altyapı olanakları, enerji iletim hatlarına yakınlık, inşaat ve bakım maliyetleri gibi ekonomik parametreler, rüzgar santrallerinin uzun vadeli sürdürülebilirliği ve maliyet etkinliği açısından dikkate alınmalıdır.

Rüzgar enerji santralleri için uygun alanların seçimi, kurulması muhtemel rüzgar enerji santrallerinin seçimi için önemlidir. Uygun alanların seçimi için başta İklimsel, jeolojik, ekonomik ve sosyal faktörler belirlenerek analizler gerçekleştirilmektedir. Çevresel ve sosyoekonomik değerlendirme sistemleri, çevresel riskleri azaltmayı, ekonomik büyümeye katkıda bulunmayı ve yerel toplumun endişelerini gidermeyi amaçlamaktadır. Artan çevresel ve sürdürülebilirlik sorunlarıyla birlikte, yenilenebilir enerji devrimi içinde maliyet etkinliği ve sürdürülebilirlik için enerji santralleri için uygun alan seçimi kritik öneme sahiptir.

Türkiye'nin coğrafi konumu ve topografyası, birçok bölgede elverişli rüzgar modelleri oluşturduğu için, ülkede yüksek rüzgar enerjisi potansiyeli bulunmaktadır. Türkiye'nin jeostratejik konumu bir enerji koridoru işlevi görmektedir, ancak artan kentsel nüfus, yerleşim alanlarının yeniden yapılandırılması ve sanayileşmenin gelişmesi nedeniyle kendi enerji ihtiyaçlarını da artırmıştır. İklim değişikliği, artan enerji fiyatları ve enerji güvenliğine ilişkin artan endişeler ışığında, Türkiye gibi ülkeler yenilenebilir enerji teknolojilerinin yaygın olarak benimsenmesini teşvik etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş, düzenleyici yükleri, sera gazı emisyonlarını ve ithal enerjiye bağımlılığı azaltacaktır. Türkiye'de en iyi rüzgar kaynaklarına sahip bölgeler kıyı şeritleri, yüksek platolar, dağ zirveleri ve açık alanlara yakın yerlerde bulunmaktadır. Türkiye'de bölgesel ölçekte bakıldığında en yoğun rüzgar santrallerinin bulunduğu alanlardan birini Akdeniz bölgesi oluşturmakta olup 416 adet rüzgar santrali bulunmaktadır.

Rüzgar enerjisi kaynaklarının mevcut ve gelecekteki potansiyel uygunluk dağılımları Maksimum Entropi (Maxent) Yöntemi ile analiz edilmiştir. MaxEnt (Maximum Entropy) yöntemi, olasılık dağılımları tahmininde kullanılan bir yaklaşım yöntemlerinden biridir. Mevcut bilgiler altında herhangi bir önyargı veya varsayım yapmadan, belirsizliği en

* Sorumlu Yazar: Tel: 0 416 223 38 00 Faks: 0 416 223 38 00

E-posta: senemtekin@adiyaman.edu.tr (Senem Tekin)

üst düzeye çıkaran olasılık dağılımını seçme temeline dayanmaktadır. Maximum Entropy Yöntemi, varlığı bilinen kesin var verileri ile sınırlı bilgi setine dayanarak olasılık dağılımını en homojen biçimde tahmin etmeyi amaçlamaktadır. Yöntem, bilinmeyen bir olasılık dağılımını tahmin ederken, mevcut bilgiler haricinde hiçbir önyargıya dayanmamayı temel almaktadır. Yöntemin dayandığı temel prensip, en büyük entropi değerine sahip olan dağılımın, belirsizliğin en yüksek olduğu dağılım olmasıdır. Bu yaklaşımla, sistemde mevcut olan tüm olası durumların eşit şekilde değerlendirilmesi sağlanmaktadır. Entropi, bir sistemdeki belirsizliğin veya bilgisizliğin ölçüsü olarak tanımlanır ve bir olasılık dağılımının çeşitliliğini ya da düzensizliğini ifade eder. Jaynes'in maksimum entropi ilkesi, bir sistemin olasılık dağılımını tahmin ederken yalnızca mevcut bilgiyi kullanmayı ve belirsizliği en üst düzeye çıkaracak şekilde hareket etmeyi önemektedir.

Maxent yöntemi kısıtlı sayıdaki var verileri ile (rüzgar santralleri) en olası dağılımı sağlaması açısından avantajlar sunmaktadır. Bu yöntem, özellikle veri eksikliği veya belirsizliği olan durumlarda, verinin olası dağılımlarını en doğru şekilde modelleyebilmesi açısından da önemlidir. Maksimum entropi yöntemi, gözlemlenen verilere en uygun olan tahmini yaparken, dağılımın içerdiği belirsizliği minimum düzeyde tutmaktadır. Bu nedenle, özellikle karmaşık veya çeşitli faktörlerin etkili olduğu sistemlerde, optimum sonuçları elde etmek için sıkça tercih edilmektedir. Bu çalışmada 416 rüzgar santralının 83 tanesi test 333 tanesi analiz veri setinde kullanılmıştır. Sonuçlar, hem bölge genelinde yeni santrallerin kurulması hem de mevcut santrallerin gelecekteki potansiyel sürdürülebilirliği açısından değerlendirilmiştir. Akdeniz bölgesinin iklim özellikleri (ortalama rüzgar hızı, ortalama rüzgar gücü, hava yoğunluğu vb.), coğrafi özellikleri (yükseklik modeli, eğim, yamaç yönelimi vb.) ve ekonomik özellikleri (yerleşim ve sanayi alanlarına uzaklık, iletim hatlarına uzaklık vb.) temel alınarak başta olmak üzere 27 değişken analizlerde kullanılmıştır. Elde edilen potansiyel Rüzgar Enerji Santralleri Uygunluk haritası 0–100 ölçeğinde değerlendirilmiş olup uygunluk seviyeleri beş gruba ayrılmıştır: uygunsuz (0 - 20), az uygun (20-40), orta derecede uygun (40 - 60), uygun (60 - 80) ve yüksek derecede uygun (80-100). 5 sınıfta değerlendirilmiştir. Uygunluk analiz haritasının doğruluğu başarı tahmin eğrileri ve Jackknife eğrileri ile değerlendirilmiştir.

Akdeniz bölgesinin %32'lik kısmının rüzgar enerji santrallerinin kurulması için uygun alanlar olduğu tespit edilmiş olup, başarı tahmin eğrisi altında kalan alan 0.890 olarak hesaplanmıştır. Jackknife eğrilerine göre analizlerde kullanılan 27 parametreden rüzgar enerji santrallerinin seçimi kriterlerinde dikkat edilmesi gereken en önemli parametrelerin Ortalama rüzgar hızı (Yüzeye yakın, 150m ve 200m), Ortalama rüzgar güç yoğunluğu (150m ve 200m), Hava yoğunluğu (150 m - 200 m) olduğu belirlenmiştir.

Rüzgar santrallerine ait uygunluk analizleri, bilimsel, çevresel, ekonomik ve sosyal unsurları bütüncül bir şekilde ele alarak yapılan, enerji üretiminde verimliliği artırmayı ve çevresel sürdürülebilirliği sağlamayı amaçlayan önemli süreçler bütünüdür. Bu analizlerin doğru yapılması, yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşma sürecinde büyük katkı sağlar.

Anahtar Kelimeler

İklim değişikliği, Rüzgar Enerji Santrali, Akdeniz bölgesi, Maksimum Entropi Yöntemi, Uygunluk analizleri

İklim Değişikliği ve Seracılık İçin En uygun Yer Tespiti: Bala (Ankara) Örneği

Zeynel Kaylı^{1,*}, Faruk Bingöl², Betül Güneş^{1*}, Hülya Yiğit Özudoğru^{1*}

¹Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 06560, Ankara.

²Harran Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 63040, Şanlıurfa.

Genişletilmiş Özet

İklim değişikliği, günümüzde küresel ölçekte pek çok sosyal, ekonomik ve çevresel sorunun başlıca sebebi haline gelmiştir. Özellikle göç hareketleri, iklim değişikliğinin yol açtığı doğrudan ve dolaylı etkiler arasında önemli bir yere sahiptir. Bunun yanı sıra, iklim değişikliği, tarım sektörü üzerinde ciddi bir baskı oluşturarak hem tarımsal üretim kapasitesini hem de arazi kullanım kararlarını etkilemektedir. Tarım arazilerinin kullanımı, yerel yönetimler ve politika yapıcılar tarafından düzenlenen kritik bir konudur. Bu düzenlemeler üzerinde iklim değişikliğinin belirleyici bir etkisi bulunmaktadır. Öte yandan geleneksel tarım teknikleri, artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılamakta zaman içerisinde yetersiz kalmaktadır. Kentleşmenin etkisiyle tarımsal alanlar giderek azalırken, tarımsal üretim miktarı ise mevsimsel koşullara bağlı olarak değişmekte ve yoğun tarım çalışmaları toprak verimliliğini düşürmektedir. Bunun yanı sıra, hatalı tarım uygulamaları da bu dengeyi olumsuz yönde etkilemekte, böylece arz-talep dengesinde değişiklikler meydana gelmektedir. Bu durum, daha sürdürülebilir ve yenilikçi tarım yöntemlerine duyulan ihtiyacı artırmaktadır. Öte yandan yıl boyunca birden fazla üretim yapılabilmesi, mevsimlik ürünlerin her mevsimde yetiştirilebilmesi ve üretimin sürekliliği sayesinde pazar fiyatlarındaki artışlar önenebilir. Bu, seracılık faaliyetlerinin en önemli avantajlarından biri olduğu söylenebilir (Bostancı, Kabaş, & Aksoy, 2024). Ayrıca bu faaliyetlerde işletme yerinin doğru seçimi, kazancın artırılması, maliyetlerin düşürülmesi ve işletmenin sürdürülebilirliği açısından kritik bir öneme sahiptir (Alkan, 1977; MEGEP, 2007). Bu anlamda uygun sera alanlarının tespiti ve yer seçimi, temel işletme faaliyetlerinin erişilebilirliği, verimlilik ve performans artışı sağlanması ile maliyet avantajının uygulanması olarak sıralanır (Ayanoğlu, 2005; Eleren, 2006). Bu çerçevede Türkiye’de seracılık faaliyetleri için uygun yer analizlerinin sınırlı olması, bu çalışmanın gerçekleştirilme gerekliliğini ortaya koymuştur. Sıcaklık artışlarının etkisiyle birlikte, bazı tarımsal ürünlerin yetiştirme alanlarının kuzey ve kuzey doğusu gibi daha yüksek rakımlı yerlere kayacağı öngörülmektedir. Bu nedenle, şehirleşmenin gelişmiş, nüfusun fazla olduğu Ankara ilinin en yüksek rakıma sahip ilçelerinden biri olan Bala’nın seracılık açısından uygunluğunun değerlendirilmesi hem bilimsel hem de tarımsal açıdan önemlidir. Fiziksel koşullar, çevresel faktörler, özel durumlar, iş gücü, hammadde temini, hükümet politikaları ve sera tipi, kriter olarak değerlendirilmiştir.

Seracılıkla ilgili araştırma ve uygulamalar, coğrafyacılar, ziraat mühendisleri, iklim bilimciler, biyoteknoloji uzmanları ve çevre bilimcileri gibi farklı disiplinlerin bir arada çalışmasını gerektiren multidisipliner bir önem taşımaktadır. Bu disiplinler, seralar için uygun yer analizleri yaparken coğrafi faktörler, iklim koşulları, toprak yapısı, su kaynaklarına erişim ve çevresel sürdürülebilirlik gibi unsurları detaylı şekilde ele alarak birbirini tamamlayıcı roller üstlenir. Bu iş birliği sayesinde daha kapsamlı ve etkili sonuçlara ulaşılır. Sera alanlarının verimliliği ve çevreye uyumu için disiplinler arası katkılar ve analizler önem taşır. Ayrıca sürdürülebilir tarım uygulamalarına da katkı sağlar. Öte yandan, sera alanlarının tarım ürünlerine en fazla ihtiyaç duyan şehirlere yakın olması, gıda sorununun çözümüne destek sağlayarak toplumun gıda güvenliğini artırır. Bu çalışmada ağırlıklı çakıştırma yöntemi kullanılmıştır. Yönteme uygun parametrelerin hazırlanması amacıyla Buffer (mesafe analizi) ve kriging gibi yardımcı yöntemler de kullanılmıştır. Harita Genel Müdürlüğü’nün 5 m. hassasiyetli SYM (Sayısal Yükselti Modeli) verisi elde edilip kullanılmış, SYM’den güneş radyasyonu, eğim, bakı, akarsulara yakınlık parametreleri üretilerek haritaya dönüştürülmüştür. Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nün Bala istasyonuna ait iklim verileri temin edilerek, sıcaklık verilerinden kriging yöntemiyle sıcaklık haritası oluşturulmuştur. OGM (Orman Genel Müdürlüğü)’den toprak, arazi kullanım kabiliyeti, erozyon derinlik verileri elde edilmiş, KGM (Karayolları Genel Müdürlüğü)’den yol verileri vektör veri formatında temin edilmiştir. Amaca uygun olarak yol ve akarsu verilerine tampon analizi uygulanmıştır. Yöntem kapsamında parametrelerin alt sınıflarına ağırlık değeri verilmesi açısından, daha önceki ağırlıklı çakıştırma çalışmalarında kullanılan bir ölçek belirlenmiştir. Bu ölçekte, uygun yer seçimi açısından 1 rakamından 5 rakamına doğru önem derecesi artmaktadır. Ölçek baz alınarak güneş radyasyonu, rüzgâr hızı, eğim, bakı parametreleri yeniden sınıflandırılıp puanlanmıştır. Sıcaklık, arazi kullanımı, arazi kullanım kabiliyeti, yollara yakınlık, akarsulara yakınlık, toprak, erozyon verileri ArcGIS yazılımının ArcMap arayüzü kullanılarak vektör formatından raster veri formatına dönüştürülmüştür. Bu veriler, uygun yer seçimi açısından yeniden sınıflandırılarak puanlanmıştır. Yeniden sınıflandırılan veriler, uygun yer seçiminde önem derecelerine göre 100 (yüz) üzerinden puanlandırılmıştır. Puanlandırmada uzman görüşlerinden ayrıca yararlanılmıştır. Böylece uygun yer seçimi haritası oluşturulmuştur. Uygunluk haritası, mekânsal detayların daha ayrıntılı analiz edilebilmesi amacıyla raster veri formatından vektör veri formatına dönüştürülmüştür. Bu sayede her bir uygunluk sınıfının kapsadığı alan, kilometrekare (km²) cinsinden hesaplanarak belirli bir ölçek dâhilinde nicel olarak değerlendirilmiştir. Bu dönüşüm, farklı sınıfların mekânsal dağılımlarının daha doğru bir biçimde analiz

* Sorumlu Yazar: Tel: (0544) 7365654

E-posta: Zeynel.kayli@hbu.edu.tr (Zeynel Kaylı), farukbingol8@gmail.com (Faruk Bingöl), gunes.betul@hbu.edu.tr (Betül Güneş), hulya.yigit@hbu.edu.tr (Hülya Yiğit Özudoğru).

edilmesine ve harita üzerindeki uygunluk alanlarının hassas bir şekilde ölçülmesine olanak sağlamıştır.

Uzaktan algılama teknikleri ve detaylı saha çalışmaları aracılığıyla bölgenin fiziki ve beşerî coğrafya özellikleri ayrıntılı bir şekilde belirlenmiştir. Belirlenen bu coğrafi özellikler, seracılık faaliyetlerinin verimli bir şekilde gerçekleştirilebileceği uygun alanların tespit edilmesi sürecinde kapsamlı bir değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Özellikle yüksek eğimli alanlara erişimin sağlanması ve bu alanların seracılık faaliyetlerine uygun hale getirilmesi, gerek maliyet açısından önemli bir yük oluşturmakta, gerekse iş gücü ve uygulama açısından daha karmaşık ve zorlayıcı koşullar meydana getirmektedir. Bu bağlamda, seracılık için uygunluk analizlerinde yüksek eğimli alanlar, faaliyetlerin uygulanabilirliğini ve ekonomik sürdürülebilirliğini azaltması nedeniyle daha düşük puanlarla değerlendirilmiştir. Seracılıkta ısıtma sistemlerinin oldukça maliyetli olması sebebiyle, güneş radyasyonunun daha yoğun olduğu alanlar öncelikli olarak ele alınmış; güneş radyasyonu düşük olan alanlara doğru ilerledikçe verilen ağırlık değerleri sistematik olarak azaltılmıştır. Ayrıca, sıcaklık analizleri beş ayrı kategori çerçevesinde detaylandırılmış olup, düşük sıcaklık derecelerine sahip alanlara verilen ağırlık değerleri düşürülürken, yüksek sıcaklık derecelerine sahip alanlara doğru bu değerler kademeli olarak artırılarak uygunluk derecelendirmesi yapılmıştır. Kuzey ve kuzey sektörlü yamaçlara düşük ağırlık değerleri atanmıştır. Güney ve güney sektörlü yamaçlara yüksek ağırlık değerleri atanmıştır. Doğu ve batı yönelimli yamaçlara ara değerler atanmıştır. Seracılık faaliyetleri genel olarak verimli arazilerde yürütülür. Araştırma sahasında arazi kabiliyet sınıfları I ile VIII arasında değişmektedir. I sınıf arazilerden üst sınıflara doğru ağırlık değerleri kademeli olarak düşürülmüştür. Araştırma sahasında tarım arazileri, seracılık faaliyetlerinin yürütülmesi açısından uygun alanlar olarak belirlenmiştir. Yapay alanlar, ormanlık alanlar, su yüzeyi, bağ bahçe tarımının yapıldığı alanlar uygun olmayan alanlar olarak değerlendirilmiştir. Mera alanlarına ara değer atanmıştır. Seracılık faaliyetinde yollara yakınlık parametresi iki nedenden ötürü oldukça önemlidir. Tesisin kurulmasında gerekli olan malzemenin düşük maliyetle alana ulaştırılması gerekir. Üretilen ürünün ulaşım maliyetlerini düşürerek pazara ulaştırmak oldukça önemlidir. Araştırma sahasında yollara yakın alanlar seracılık faaliyetlerinin yürütülmesinde uygun kategoride değerlendirilmiştir. Sulama maliyetlerinin düşürülmesi açısından, ana akarsulara yakın alanlara yüksek puan değerleri atanmıştır. Kurulan tesisin bulunduğu alanın rüzgâr hızının oldukça düşük olması gerekir. Araştırma sahasında bu kriter göz önüne alınarak puanlama yapılmıştır. Ana parametreler içerisinde rüzgâr hızı, güneş radyasyonu, sıcaklık, eğim, arazi kullanımı, yollara ve akarsulara yakınlık nispeten ön plana çıkarılmıştır. Yapılan ağırlıklı çakıştırma analizi sonucunda, çok az uygun alanlar 3,08 km², az uygun alanlar 1790,62 km², uygun alanlar 520,25 km², en uygun alanlar 64,63 km² olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler

İklim Değişikliği, Sera, Yer Seçimi, Küresel Isınma, Arazi Örtüsü/Kullanımı

Kaynaklar

Ayanoğlu, M. (2005). Üretim yönetimi (Ders notları). Sakarya.

Alkan, Z. (1977). Sera planlama ve inşaa tekniği. Ege Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Fakültesi, Denizli Ön Lisans Yüksek Okulu, Denizli, Türkiye.

MEGEP. (2007). Bahçecilik, sera yapım tekniği. Millî Eğitim Bakanlığı, Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Ankara, Türkiye.

Bostancı, E., Kabaş, Ö., & Aksoy, E. (2024). Çok kriterli karar verme metodu AHP ve CBS teknolojisi kullanılarak sera yer seçimi: Aksu ilçesi örneği. Black Sea Journal of Engineering and Science, 7(2), 184-195.

Yiğit, A., Zaman, S., & Özdemir, Ü. (2023). Sakarya Nehri Vadisindeki seracılık faaliyetlerinin zamansal ve mekânsal değişiminde etkili olan coğrafi faktörler (Söğüt, Bilecik). Erciyes Akademi, 37(4), 1913-1932.

LUCIS Modeli ile Uygun Tarım Alanlarının Belirlenmesi; Erzurum Örneği

Yağmur Açar^{1*}, Mustafa Yanalak²

¹*İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Coğrafi Bilgi Teknolojileri Bölümü, 34469, İstanbul.*

²*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul.*

Genişletilmiş Özet

Toprak, beslenme ihtiyacı ve yaşam alanı sağlaması nedeniyle dünya genelinde ekonomik ve sosyal açıdan kritik bir unsurdur. Ancak hızlı nüfus artışı, verimli toprakların azalmasına yol açmaktadır; bunun en önemli nedeni tarım arazilerinin amaç dışı kullanımıdır. Bu durum, tarım arazilerinin sürdürülebilirliğini tehdit etmekte ve tarımsal üretimi olumsuz yönde etkilemektedir. Hızlı nüfus artışı ve plansız kentsel büyüme, tarım arazilerinin azalmasına neden olan ana faktörlerdendir. 2009 yılında kent ve kır nüfusunun eşit olduğu tahmin edilmektedir; 2050 yılına gelindiğinde ise kent nüfusunun %70'lere çıkacağı öngörülmektedir.

Kentlerin büyümesiyle birlikte yoğunluk, kent çeperlerine kaymakta ve bu bölgelerdeki tarım arazileri baskı altında kalmaktadır. Bu sorunun minimize edilmesi için sürdürülebilir planlama anlayışının benimsenmesi önemlidir. Planlama aşamasında alınacak kararlar, özel uygulamalarla ilerleme kaydedebilir. Ancak planlama sürecinin karmaşıklığı ve analizlerin zorlukları, doğru tekniklerin kullanılmasını gerektirir. Kent sistemlerindeki karmaşıklık, mekânsal veri elde etme yöntemlerinden olan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleriyle analiz edilmelidir. Matematiksel yöntemler, veri toplama ve karmaşıklığın ölçülmesi açısından kritik öneme sahiptir. Kentsel büyümenin gelişim aşamaları ve hangi yoğunlukta olduğu yapılacak kentsel modelleme yöntemleri ile gerçekleştirilebilir. CBS tekniğini kullanan LUCIS (Land Use Conflict Identification Strategy) modeli, kentsel büyümenin getirdiği sorunları çözmeye etkili bir model olarak öne çıkmaktadır. Florida Üniversitesi'nde geliştirilen bu model, 5 aşamadan oluşmakta; gelecekteki arazi çatışmalarını tespit ederek müdahale edilmesini sağlamaktadır. Model, Odum'un "Ekosistem Geliştirme Stratejisi"ne dayanmaktadır ve tarımsal, koruma ve yerleşme alanları olarak üç ana başlık altında toplanmıştır.³ Odum'un geliştirdiği strateji de peyzaj mekânlarını 4 başlık altında toplamıştır. Bunlar; üretken alanlar, koruyucu/uzlaşma alanları, kentsel alanlar ve sanayi alanlarıdır. LUCIS Modeli'nde ise 3 başlık altında toplanmıştır. LUCIS Modeli'nde üretken alanlar tarım kategorisi, uzlaşma/koruyucu alanlar koruma kategorisi ve sanayi/kentsel alanları tek başlık altına alınarak yerleşme kategorisi olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmanın amacı, LUCIS Modeli ile Erzurum ilinin uygun tarım arazilerinin belirlenmesidir. Söz konusu il, yüzölçümü büyüklüğü bakımından ülkemizin en büyük illerinden biridir. İklim koşulları ve coğrafi yapısı bitkisel üretim üzerinde sınırlayıcı bir etki yaratsa da il geneline bakıldığında bitkisel üretimden tam kapasite fayda alınamadığı görülmüştür. Bunun en önemli sebeplerinden birisi, Erzurum ili akarsu bakımından oldukça zengin olmasına rağmen arazilerin yeterince sulanamaması ve kentsel büyümenin tarım arazileri üzerinde baskı kurmasından kaynaklanmaktadır. İldeki kentsel saçaklanmanın tarım arazilerine doğru yönelmesi 1990lı yıllarda başlamış olup, kentin gelişme yönü ovalara doğru yönelmiş ve baskı kurmuştur. Özellikle Erzurum ilinde yapılan imar planı çalışmalarında nüfus projeksiyonlarından sağlıklı veriler elde edilememesi, yapılan analiz çalışmalarının planlama sürecine dâhil edilmemesi plansız yapılaşmanın önünü açmış ve kentin gelişme yönünü kuzeydeki ovaya doğru yönlendirmiştir. Aynı zamanda imar planlarında tarımsal niteliği korunacak alan olarak planlanan alanlar, vatandaşların talepleri doğrultusunda yapılan mevzi imar planları ve plan tadilatları ile tarım dışı kullanıma açılmıştır.⁴

Çalışma kapsamında LUCIS Modeli ile Erzurum ilindeki en uygun tarım arazilerini belirlemek için modelin aşamaları takip edilmiştir. Model 5 aşamadan oluşmaktadır ancak çalışma kapsamında ilk üç aşaması izlenmiştir. Öncelikle tarım alanında kategori amacı belirlenerek bu amaç doğrultusunda genel amaç, amaç ve alt amaçlar belirlenmiştir. Kategori amacı uygun tarım alanlarının belirlenmesi olarak seçilmiş, genel amaçlar hayvancılık ve bitkisel üretim olmak üzere iki başlık altında toplanmıştır. Genel amaçların, amaçları belirlenirken de fiziksel ve ekonomik açıdan uygun alanların belirlenmesi dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda çalışmada 2 genel amaç, 4 amaç ve 14 tane alt amaç belirlenmiştir. Belirlenen bu amaçlar alt amaçlardan genel amaçlara ve kategori amacına doğru aşağıdan yukarıya doğru bir yol izlemektedir. İkinci aşama olarak ise envanter çalışmalar yapılarak, çalışmanın en önemli bölümü oluşturulmuştur. Hem çalışmanın amaçları doğrultusunda hem de LUCIS Modeli'nin çalışma mekanizması olarak mekânsal analizler

1

2

³ Taşdemir, İ. (2017). Düzey II bölgelerinde kalkınma modeli oluşturmada coğrafi bilgi sistemlerinin rolü: LUCIS modeli yaklaşımı. (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

⁴Şimşek, G. (2019). Erzurum Kenti Mekânsal Gelişimi ve Bu Gelişimi Belirleyen Etmenlere İlişkin Bir Çözümleme.İğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi Sayı: 20, Ekim 2019

yapılmıştır. Mekânsal veri elde yöntemleri kullanılarak envanter aşamasında ArcGIS programı başta olmak üzere çeşitli programlardan faydalanılarak uygunluk analizi için altlıklar oluşturulmuştur. Çalışmanın son aşamasında ise uygunluk analizi gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada amaçlara yönelik hazırlanmış harita altlıkları referans alınmıştır. Öncelik olarak ArcGIS programının ModelBuilder ortamında amaçlara yönelik GIS ortamında modeller oluşturulmuştur. Bu modeller çalıştırılarak kategori amacı olarak belirlenen tarım alanları için uygunluk analizi gerçekleştirilmiştir. Modelin çalışma mekanizması ise amaçlar hiyerarşisinde olduğu gibi alt amaçlardan genel amaçlara ve kategori amacına doğru hiyerarşik bir yol izlenmiştir. Tarımsal Uygun Analizinin son aşamasında genel amaçlar birleştirilip kategori amacı belirlenirken bitkisel üretim ve hayvancılığın tarımı eşit ölçüde etkilemesinden dolayı %50 eşit alınmıştır.

LUCIS Modeli ile gerçekleştirilen tarımsal uygunluk analizi ile birlikte mevcut tarım alanları karşılaştırılmış olup, işlenen tarımsal toprakların tarımsal uygunluk analizinin altında kalmaktadır. Bitkisel üretimde tarla tarımının yoğunlukta olduğu ve bu durumun daha çok hayvancılık için yem bitkileri üretiminde kullanılmaktadır. Oysaki il genelinde toprakların akarsu yatakları açısından zengin olması bitkisel üretim için çok önemli bir etkidir. Tarım topraklarının potansiyelin altında olmasının en önemli sebepleri arasında, sulama konusunda yetersiz kalınması, iklim şartları ve kentsel büyümenin kontrol altına alınamamasıdır. Hayvancılık alanında ise il genelinde meraların yoğunluğu her ne kadar olumlu etki yapsa da, yapılan plansız çalışmalar hem kent merkezinde hem de ilçelerde belirli sorun yaratmaktadır. Özellikle mera alanları belirlenirken yapılan çalışmaların arazi ile uygun olmaması çeşitli sorunları beraberinde getirmektedir. Çoğunlukla ilçelerde karşılaşılan sorunların başında mera alanlarının köy yerleşim alanlarının bitişiğinde belirlenmesi, köy yerleşim alanının gelişmesi açısından alan bırakılmaması en temel sorunlardandır. Aynı zamanda arazideki yapılaşmaya dikkat edilmemesi köy halkının mülkiyet sorunları yaşaması tarım ve hayvancılık konusunda olumsuz etki yaratmaktadır.

Bu çalışma, Erzurum'daki uygun tarım alanlarının belirlenmesinde ve arazi kullanım değişikliklerine dair önemli veriler sunmakta; yerel yöneticiler ve ilgili kuruluşlar için daha sağlıklı yatırımlar yapma imkânı sunmaktadır. Ayrıca, LUCIS Modeli'nin diğer kategori amaçlarına yönelik uygunluk analizleri yapılması, mekânsal planlama sürecine katkıda bulunacaktır ve bu arazilerin sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesine olanak tanıyarak, tarım alanlarının korunmasına yardımcı olacaktır. Erzurum gibi tarım açısından önemli bir bölgedeki alanların doğru planlanması, kentsel ve kırsal alanlar arasındaki dengeyi koruyacaktır. Bu durum, kırsal kalkınmayı destekleyerek göçün azalmasına katkı sağlayacaktır. Aynı zamanda yerel gıda üretiminin artmasına ve böylece gıda israfının azalmasına olanak tanıyacaktır. Bu durum, gıda güvenliği ve sağlıklı beslenme açısından önemlidir. Sonuç olarak, LUCIS Modeli ile Erzurum İlindeki uygun tarım alanlarının belirlenmesi, bölgenin tarımsal potansiyelinin daha iyi anlaşılması ve yönetilmesi için önemli bir katkı sağlayacaktır. Böylece mevcut verilerin güncellenmesi ve geliştirilmesi, yerel yönetimlerin ve tarım politikalarının şekillendirilmesinde faydalı olup, hem tarımsal sürdürülebilirliği artırmak hem de çevresel, ekonomik ve sosyal açıdan dengeli bir gelişim sağlamak için kritik bir adımdır.

Anahtar Kelimeler

Mekânsal Veri Elde Etme Yöntemleri, Arazi Kullanımı, Uygunluk Analizi, LUCIS, Doğal Kaynak Yönetimi, Mekânsal Planlama

Fındığın (*Corylus avellana* L.) Fenolojik Özelliklerinin Belirlenmesine Yönelik Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri Kullanılarak Bitki Örtüsü İndeks Zaman Serilerinin Oluşturulması

Gafur Semi Şengül^{1,*}, İlay Nur Tümer¹, İrem Başak¹, Samet Aksoy¹, Elif Sertel¹, Hüseyin İrfan Balık², Orhan Karakaya², Beyza Ustaoglu³

¹*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, Maslak, İstanbul.*

²*Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 54850, Arifiye, Sakarya.*

³*Sakarya Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 54050, Serdivan, Sakarya.*

Genişletilmiş Özet

Fındık, Latince *Corylus* cinsine verilen isimdir ve huşgiller (Betulaceae) familyası içerisinde yer alır. Kışın yaprağını döken ağaç veya çalılardır. İklim koşulları bakımından uygun özelliklere sahip Karadeniz kıyı kuşağı serin yazlar ve ılıman kışlar ile karakterize edilen bir iklime sahip olup doğal olarak fındık yetiştirme sahasıdır (Yaltırık 1988). Dünya fındık üretiminin yaklaşık % 64'ünü karşılayan Türkiye ilk sırada yer alırken; 2023 yılında toplam 121 ülkeye 283.519 ton/iç fındık ihracatı gerçekleştirilmiş olup, bu ihracat karşılığında 1.864.551.043.-\$ döviz geliri elde edilmiştir (FAO t.y., KİB t.y.). Çalışma alanı olarak belirlenen Sakarya, 789 bin dekar alanı ve 98 bin ton üretimiyle Türkiye'de fındık üretiminde 3. sırada yer almaktadır (Bars 2023). Akdeniz Havzası iklim değişikliği ve etkilerinin en belirgin olarak hissedildiği alanlardan birisi olup, özellikle tarımsal faaliyetler iklim koşullarındaki değişkenlikten oldukça etkilenmektedir (Pacchiarelli vd. 2024, Ustaoglu ve Karaca, 2014). İklim değişikliği fındığın fenolojisini etkilemekte, erkek ve dişi çiçeklenme zamanlarında belirgin farklılıklara yol açmakta, yetersiz tozlaşma nedeniyle ürün veriminde azalma meydana gelmektedir (Balık ve Arif 2023).

Bitkiler çiçeklenmeye başladığı zaman sıcaklık başta olmak üzere diğer iklim unsurlarından etkilenir (Mehlenbacher 2014). Bitkilerin gelişim evleri ile iklim arasında yakın ilişki mevcuttur. Her canlının yaşadığı çevrede meydana gelen ve sürekli değişiklik gösteren sıcaklık, rüzgâr, nem, yağış ve buharlaşma gibi iklim faktörleri karşısında değişen çeşitli tepkiler görülür. İklim faktörlerinin etkisiyle bitki bünyesinde meydana gelen değişikliklerin ve dolayısıyla vejetasyon devresi içerisindeki belirli ve kritik dönemlerin tarihlerinin tespit edilmesi fenolojik gözlemler yardımıyla mümkün olmaktadır. Her bitki türüne ve her bölgeye göre farklılık gösteren bu periyotlar her yıl gözlem yapılarak oluşturulmaktadır. Fenolojik gözlemler, bitkilerin bölgesel iklim koşullarına ve özellikle iklim değişimine karşı gösterdikleri tepkileri belirlemek için oldukça güvenilir bir yöntemdir (Chmielewski ve Rötzer 2001, Ji ve Wang 2024, Ustaoglu 2012). Fenolojik gözlemlerden elde edilen sonuçlar ve bunların uzun seneleri kapsayan ortalamaları bir ülkenin tarım ve ekonomisi için oldukça önemlidir. Fenolojik gözlemlerin ortalamaları herhangi bir yörenin iklim şartlarına en iyi adapte olabilen kültür bitkilerinin seçiminde veya ıslahında dikkate alınması gereken değerlerdir.

Uzaktan algılama görüntüleri, tarımda yaygın olarak kullanılmaktadır ve tarım ürünlerinin biyofiziksel parametrelerini hızlı ve doğru bir şekilde değerlendirme imkânı sunmaktadır. Ayrıca ürünlerin kalite ve verim özelliklerinin tespitine yardımcı olmaktadır (Sertel ve Yay 2014, Tumer vd. 2024). Uzaktan algılama verileri kullanılarak fındık alanlarının mekânsal ve zamansal olarak tespit edilmesi mümkün olmakta ve bu bilgiler de fındık tarımının sürdürülebilirliğinin sağlanması için önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle bitki fenolojisine yönelik olarak uzaktan algılama verilerinden bilgi üretmek istendiğinde zamansal çözünürlük önem arz etmekte ve sürekli olarak veri alınan Sentinel ve Landsat uydu sistemleri önemli bir mekânsal bilgi kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu uydu sistemlerinden elde edilen çok zamanlı uydu görüntüleri ve bu verilerden üretilen bitki örtüsü indeksleri kullanılarak fenolojiye yönelik önemli bilgiler çıkartabilmek mümkündür. Ayrıca Landsat ve Sentinel sistemlerinin verilerinin açık kaynaklı olarak sunulmuş olması araştırmacılar için önemli bir avantajdır. Bitki örtüsü indeksleri oluşturulurken özellikle bitkilerin spektral yansımaları dikkate alınarak ilgili spektral bantlar kullanılıp matematiksel formülasyonlarla indeks değerleri elde edilebilir. Farklı indeksler bitkilerin sağlık durumu, yoğunluğu ve gelişimi hakkında bilgiler sunmaktadır. Bu amaçla literatürde yaygın olarak kullanılan indeksler; Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) (Akar ve Güngör 2015), bitki yoğunluğunu ve sağlığını belirlerken, Geliştirilmiş Bitki İndeksi (Enhanced Vegetation Index, EVI) (Erdoğan ve Yılmaz 2024), Toprak Düzenlemeli Bitki İndeksi (Soil Adjusted Vegetation Index, SAVI) (Nicolás vd. 2023), Yeşil Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (Green Normalized Difference Vegetation Index, GNDVI) (Popescu vd. 2023), Normalize Edilmiş Fark Kırmızı Kenar İndeksi (Normalized Difference Red Edge Index, NDRE) (Ozdarici-ok ve Ok 2023), Normalize Edilmiş Fark Nem İndeksi (Normalized Difference Moisture Index, NDMI) (Lodato vd. 2024) gibi indeksler bulunup, literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle fındık bitkisinin fenolojik aşamalarını ve biyofiziksel parametrelerini tanımlamak için, NDVI (Akar ve Güngör 2015, Altieri vd. 2022), NDMI (Lodato vd. 2024), Toprak Ayarlı Bitki Örtüsü Endeksleri (Soil Adjusted Vegetation Indices, SAVI), Geliştirilmiş Bitki Örtüsü Endeksleri (Enhanced Vegetation Indices, EVI) ve Gelişmiş Bitki Örtüsü Endeksleri (Advanced Vegetation Indices, AVI) (Nicolás vd. 2023) indekslerinin kullanımı planlanmaktadır. Bu indekslerin zaman serisi analizi, belirli bir

zaman aralığında elde edilen ardışık verilerin analiz edilmesiyle değişimlerin, trendlerin ve döngüsel özelliklerin ortaya çıkarılmasını sağlayarak, tarımsal alanların uzun vadeli izlenmesinde kritik bir rol oynar.

Google Earth Engine (GEE) gibi bulut tabanlı teknolojiler, yer gözlem uydularından elde edilen çok farklı ve hacmi büyük olan verileri barındırmakta ve bu verilere farklı raster ve vektör tabanlı fonksiyonların uygulanmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca ilgili platforma birden fazla kullanıcının erişmesiyle işbirliği içerisinde veri inceleme ve analizi mümkün olmaktadır (Gorelick vd. 2017). Son zamanlarda GEE platformu gerek içerisinde barındırdığı mekânsal veriler gerekse sunduğu görüntü işleme fonksiyonları sayesinde uzaktan algılama ile ilgili pek çok uygulamada yaygın olarak kullanılabilir hale gelmiştir (Sasso vd. 2024). Bu platform, Sentinel ve Landsat uydu verilerini doğrudan barındırması sayesinde kullanıcıların geniş veri setlerine hızlı ve etkili bir şekilde erişimini sağlar. Ayrıca, GEE platformu, kullanıcıların veri indirmeden çevrimiçi analizler yaparak sonuçları kolaylıkla paylaşmalarına ve takım projelerinde etkin bir şekilde kullanmalarına olanak tanır (Aksoy vd. 2022). Bu çalışma kapsamında GEE platformunda Landsat 8-9 ve Sentinel-2 uydu görüntüleriyle farklı bitki örtüsü indeksleri kullanılarak (NDVI, NDMI, SAVI, EVI ve AVI) fındığın farklı fenolojik evrelerindeki bitki örtüsü indeks davranışları irdelenecektir. Bu amaçla 2013 – 2024 yılları arasında 3 tipik yıl için izlenip, analiz edilecek ve indekslerin fenoloji ile ilişkisi incelenecektir. Farklı yıllara göre indeks zaman serilerinin çıkarılması, uzun vadeli iklim ve verim değişikliklerinin yanı sıra fındık fenolojik döngülerindeki farklılıklara da bağlı olarak zamansal mekânsal analizin gerçekleştirilebilmesini sağlar. Bu, özellikle iklim değişikliğine duyarlı bitkilerde, sıcaklık dalgalanmalarının büyüme, çiçeklenme ve hasat dönemlerine etkilerini görmek için kritiktir.

Çalışma kapsamında incelenecek yıllar; son gözlemlere dayanan güncel verilerle arazi çalışmasının yapıldığı ve bu çalışmada edinilen bilgilerin analizlere katılacağı 2024 yılı, fındığın iklim koşulları açısından elverişli olduğu optimum yıl olarak belirleyebileceğimiz 2019 yılı ve fındık açısından rekolte kaybının da yaşadığı iklim koşullarının fenolojik gelişimi üzerinde oldukça olumsuz etkileri bulunan 2013 yılı belirlenmiştir. Fındığın fenolojik takvimi dikkate alınarak 1 Mart- 31 Aralık olarak tarih periyodu analiz edilecektir (Soylu vd. 2001). Bu amaçla Sakarya ilinde Karasu ve Akyazı ilçelerinde farklı köylerdeki fındık bahçelerine gidilerek arazi çalışması yapılmıştır. Karasu ve Akyazı ilçeleri, Sakarya'nın fındık alanlarının yoğun olduğu bölgeler arasında yer almaktadır. Arazi çalışması sürecinde, Karasu ve Akyazı ilçelerinde toplam 70 bahçe ziyaret edilerek coğrafi veriler toplanmıştır. Akyazı'nın güneyde, Karasu'nun ise kuzeyde konumlanması, araştırmamızda farklı bölgelerin spektral davranışlarını inceleyerek daha kapsamlı analizler yapmamıza olanak sağlayacaktır. Arazi çalışması ile elde edilen koordinat ve bahçe bilgileri kullanılarak parsel sınırları çıkarılmıştır ve indeks değerleri bu parseller için hesaplanacaktır.

Belirlenen tarihler aralığında, görüntülerinden elde edilecek NDVI, EVI, NDMI, SAVI gibi bitki indeksleri, arazi çalışmalarıyla belirlenen fındığın fenolojisine dair bilgileri desteklemek amacıyla kullanılacaktır. Bu analiz ile parsel bazında indeks değerlerinin ortalaması alınarak bir zaman serisi içinde gelişim aşamaları grafiklerle izlenecek ve arazi çalışmasıyla elde edilen fenolojik veriler, uzaktan algılama verileri ile karşılaştırılarak fındığın kritik fenolojik dönemlerinde iklimsel tepkilerini ölçmede indekslerin etkinliği tespit edilecektir.

Anahtar Kelimeler

Uzaktan algılama, iklim değişikliği, fındık, fenoloji, bitki indeksi, zamansal mekânsal analiz

Kaynaklar

Bars T. (2023). *Product report: Hazelnut*, Report, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE), Ankara

Akar, Ö., Güngör, O. (2015). Integrating multiple texture methods and NDVI to the Random Forest classification algorithm to detect tea and hazelnut plantation areas in northeast Turkey. *International Journal of Remote Sensing*, 36(2), 442-464. doi: 10.1080/01431161.2014.995276

Aksoy, S., Yildirim, A., Gorji, T., Hamzehpour, N., Tanik, A., Sertel, E. (2022). Assessing the performance of machine learning algorithms for soil salinity mapping in Google Earth Engine platform using Sentinel-2A and Landsat-8 OLI data. *Advances in Space Research*, 69(2), 1072-1086. doi: <https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.10.024>

Altieri, G., Maffia, A., Pastore, V., Amato, M., Celano, G. (2022). Use of high-resolution multispectral uavs to calculate projected ground area in corylus avellana l. tree orchard. *Sensors*, 22(19), Article 19. <https://doi.org/10.3390/s22197103>

Balık, H. İ., Arif, T. M. (2023). Fındıkta tozlanma ve dölleme konusunda son gelişmeler. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 4(2), Article 2.

Chmielewski, F.-M., Rötzer, T. (2001). Response of tree phenology to climate change across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, 108(2), 101-112. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(01\)00233-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(01)00233-7)

Erdoğan, E., Yılmaz, V. (2024). Examination of the effects of climate change on Türkiye through the Google Earth Engine platform. *Türk Uzaktan Algılama ve CBS Dergisi*, 5(1), Article 1. doi: <https://doi.org/10.48123/rsgis.1412642>

Food and Agricultural Organization (FAO). (t.y.). FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize> [Erişim tarihi:28 Ekim 2024].

- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18-27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Ji, Z., Wang, L. (2024). Differential responses of vegetation phenology to climatic elements during extreme events on the Chinese loess plateau. *Science of The Total Environment*, 933, 173146. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173146>
- KİB- Karadeniz İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği. (t.y.). İstatistikler. <https://kib.org.tr/tr/ihracat-istatistikler.html> [Erişim tarihi:28 Ekim 2024].
- Lodato, F., Pennazza, G., Santonico, M., Vollero, L., Grasso, S., Pollino, M. (2024). In-depth analysis and characterization of a hazelnut agro-industrial context through the integration of multi-source satellite data: a case study in the province of Viterbo, Italy. *Remote Sensing*, 16(7), Article 7. doi: <https://doi.org/10.3390/rs16071227>
- Mehlenbacher, S. A. (2014). Geographic distribution of incompatibility alleles in cultivars and selections of european hazelnut. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 139(2), 191-212 doi:<https://doi.org/10.21273/JASHS.139.2.191>
- Nicolás, S.-P., Paulo, C.-S., Khristopher, O., Cristian, E.-A., Javier, U., Jorge, G., Ignacio, E.-M., Pablo, G.-F., César, A.-O. (2023). Characterization of yield spatial variability of european hazelnut (corylus avellana l), using auxiliary variables of high spatial resolution. 2023 *IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)*, December 05-07, Valdivia, Chile. doi: 10.1109/CHILECON60335.2023.10418684
- Ozdarici-ok, A., Ok, A. O. (2023). Using remote sensing to identify individual tree species in orchards: A review. *Scientia Horticulturae*, 321, 112333. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112333>
- Pacchiarelli, A., Lupo, M., Ferrucci, A., Giovanelli, F., Priori, S., Pica, A. L., Silvestri, C., Cristofori, V. (2024). Phenology, yield and nut traits evaluation of twelve european hazelnut cultivars grown in central Italy. *Forests*, 15(5), Article 5. doi:<https://doi.org/10.3390/f15050833>
- Popescu, D., Ichim, L., Stoican, F. (2023). Orchard monitoring based on unmanned aerial vehicles and image processing by artificial neural networks: A systematic review. *Frontiers in Plant Science*, 14. doi:<https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1237695>
- Sasso, D., Lodato, F., Sabatini, A., Pennazza, G., Vollero, L., Santonico, M., Merone, M. (2024). Hazelnut mapping detection system using optical and radar remote sensing: Benchmarking machine learning algorithms. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 12, 97-108. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aiia.2024.05.001>
- Sertel, E., Yay, I. (2014). Vineyard parcel identification from Worldview-2 images using object-based classification model. *Journal of Applied Remote Sensing*, 8(1), 083535. doi:<https://doi.org/10.1117/1.JRS.8.083535>
- Soylu, Ş., Çınar, S., Karaca, Ö. Ve Yücel, G. (2001). *Türkiye Fenoloji Atlası*. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları. Yayın No:2001/01, Ankara.
- Tumer, I. N., Sengul, G. S., Sertel, E., Ustaoglu, B. (2024). Object-based detection of hazelnut orchards using very high resolution aerial photographs. *12th International Conference on Agro-Geoinformatics*, July 15-18, Novi Sad, Serbia, doi: <https://doi.org/10.1109/Agro-Geoinformatics262780.2024.10660961>
- Ustaoglu, B., Karaca, M. (2014). The effects of climate change on spatiotemporal changes of hazelnut (corylus avellana) cultivation areas in the black sea region, Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 12(2), 309-324. doi:https://doi.org/10.15666/aecer/1202_309324
- Ustaoglu, B. (2012). The effect of climatic conditions on hazelnut (corylus avellana) yield in Giresun (Turkey). *Marmara Coğrafya Dergisi*, 26, 302-323.
- Yaltırık, F. (1988). *Dendroloji II*, İstanbul.

Deprem Sonrasında Yıkılan Binaların Belirlenmesinde Kullanılan Yapay Öğrenme Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Serhat Mürsel Köroğlu^{1,*}, Caner Güney²

¹*İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Enstitüsü, Coğrafi Bilgi Teknolojileri Programı, 34469, İstanbul.*

²*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul.*

Genişletilmiş Özet

Afet sonrasında özellikle deprem sonrasında hasar alan binaların konum bilgisi ve hasar düzeyi bilgisi hem afet anındaki arama kurtarma çalışmaları hem de afet sonrasında kentin yeniden tasarımı için önemli bir bilgi kaynağıdır. Afet anında afet alanındaki kaotik durum göz önünde bulundurulduğunda arama kurtarma ve yardım çalışmalarının planlanmasında sözü edilen bilgi kaynakları hayati öneme sahiptir. Bu bilginin deprem sırasında afet alanında insanlar tarafından üretilmesi pek olası değildir. Bu nedenle deprem sonrasında havadan elde edilen uydu ve fotogrametrik görüntüler üzerinde bina, yol ve köprü gibi nesnelerin hasar tespiti yapılmakta ve mevcut durumu gösteren tematik haritalar üretilmektedir. Sonrasında bu bilgi ‘uzamsal bilgi sistemi (mekânsal bilgi sistemi, coğrafi bilgi sistemi)’ uygulamalarında diğer veri kümeleriyle bütünleştirilerek arama kurtarma ve yardım planlama çalışmaları gerçekleştirilebilmektedir.

Havadan ve uydulardan elde edilen görüntülerde hasar tespiti çalışmaları insan emeğiyle manuel olarak ve/veya görüntü işleme yazılımları kullanılarak yapılabileceği gibi çalışmaları hızlandırmak için ‘yapay öğrenme (makine öğrenmesi, derin öğrenme, yapay zekâ)’ yaklaşımları kullanılabilmektedir.

Çalışma kapsamında depremin kent üzerindeki etkilerini belirlemek için uydulardan elde edilen yüksek çözünürlüklü optik görüntüler ve insansız hava araçlarıyla elde edilen optik görüntüler üzerinde yapay öğrenme yaklaşımlarının kullanıldığı bazı akademik çalışmalar incelenmiş ve çalışmalar kapsamında uygulanan yöntemlerin bir karşılaştırması yapılmıştır. Sözü edilen karşılaştırma genel olarak kullanılan yapay öğrenme algoritmalarını, algoritmaları kullanım yöntemlerini ve algoritmaların başarımlarını içermektedir. Başarımlar olarak doğruluk, kesinlik, duyarlılık, F1 skoru, Intersection over Union (IoU) gibi ölçütler kullanılmıştır.

Bu çalışma kapsamında karşılaştırılan çalışmalarda veri seti olarak bazı çalışmalar yalnız deprem sonrası görüntüleri kullanırken bazıları hem deprem öncesi hem de deprem sonrası görüntüleri kullanmıştır. Eğitim aşamasında bazı çalışmalar hasarlı ve hasarsız bina verisinin bulunduğu xBD veri kümesini kullanırken, bazıları ImageNet veri kümesinde bulunan bina ve yıkık bina görüntülerini kullanmıştır. xBD veri seti, bina segmentasyonu ve hasar değerlendirmesi için halka açık, büyük ölçekli bir uydu görüntü veri setidir. Bu veri seti, felaketlerden önce ve sonra binaların yüksek çözünürlüklü küresel görüntü çiftlerini ve bunlara ait anotasyonları sunar. Her bir görüntü 1.024×1.024 piksel boyutunda olup, 0.8 m çözünürlükte üç RGB bandı içerir. ImageNet veri seti ise, bilgisayarla görüş (computer vision) ve derin öğrenme alanında yaygın olarak kullanılan, devasa bir görsel veri setidir. 2009 yılında oluşturulan bu veri seti, çeşitli nesneleri sınıflandırmak ve tanımak için eğitim verisi olarak kullanılır. İçinde milyonlarca etiketlenmiş görüntü barındırır ve özellikle nesne tanıma, görüntü sınıflandırma ve görüntü işleme projelerinde derin öğrenme modellerinin eğitilmesi amacıyla çok popülerdir.

Bununla beraber bazı çalışmalarda doğrudan gerçekleştirilmiş afet sonrası veya öncesi elde edilen uydu görüntülerinden bina görüntüsü içeren veya içermeyen parçalar üretilerek eğitim veri seti haline getirilmiştir. Birçok sinir ağı girdi olarak benzeri boyutlarda veri beklediği için örnek olarak 128x128 piksel boyutunda görseller hazırlanarak eğitim veri setleri oluşturulmuştur. Üretilen bu görseller RGB kanallarının her biri için de üretilmiştir.

Makine öğrenmesi algoritmalarında kullanılmak üzere uydu görüntülerinden elde edilen raster tipindeki veri setleri, veri çeşitlendirme ve zenginleştirme amacıyla biçimsel işlemlere tabi tutularak makine öğrenmesi algoritmasının öğrenme kabiliyetinin artırılması ve overfitting yani eğitim verisine aşırı uyum sağlamanın önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca veri setinin yetersiz olduğu durumlarda sonuç değerlerinin eğitim verisine aşırı yatkınlık sorununu (biased) önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Veri setinin zenginleştirilmesi ve çeşitlendirilmesi amacıyla, uydu görüntüleri üzerinde kırpma, döndürme, bulanıklaştırma gibi görüntünün biçimini değiştirmeye yönelik dönüşümler uygulanmıştır. 6 Şubat 2023 tarihli Kahramanmaraş depremleri üzerine yapılan “A Deep Learning Application for Building Damage Assessment Using Ultra-High-Resolution Remote Sensing Imagery in Turkey Earthquake” başlıklı çalışmada ise veri seti çeşitlendirmesi işleminde Cutmix tekniğinin kullanıldığı görülmüştür. Cutmix tekniği iki farklı görüntüyü birleştirerek, bir görüntünün belirli bir kısmını kesip, diğer görüntüye yapıştırmak üzerine kuruludur.

Veri setinde yer alan uydu görüntülerinde hasarlı bina içeren kısımlardan makine öğrenmesi modellerinde kullanılmak üzere yeniden boyutlandırma yapılmıştır. Yeniden boyutlandırma işlemi, uydu görüntülerinin eğitim sürecine uygun hale getirilmesi amacıyla uygulanmıştır. Görüntüler, modellerin verimli bir şekilde işleyebilmesi için sabit bir çözünürlüğe (örneğin 512x512 piksel) yeniden boyutlandırılmıştır. Bu işlem, farklı çözünürlükteki görüntülerin modelde tutarlı bir şekilde işlenmesini sağlamak için kritik bir adımdır. Ayrıca, model performansını artırmak için veri ön işleme adımlarından biri olarak da önem taşımaktadır. Bunun ardından ilgili veri seti genel olarak yaklaşık %70 eğitim (training)

%30 test şeklinde rastgele ayrılarak makine öğrenmesi modelinin eğitilmesinde ve test edilmesinde kullanılmış. Bazı çalışmalarda ayrıca doğrulama (validation) işlemi için de veri setinin %10'luk kısmı ayrılmıştır.

Makine öğrenmesi algoritmalarında eğitim verisi sayesinde, veri içindeki ilişkiler ve örüntülerin ortaya çıkarılması amacıyla model parametre değerleri iyileştirilir. Bu parametreler yapay sinir ağlarında ağırlık değerleri olarak nitelendirilir. Doğrulama verisi ise, modelin öğrenme sürecindeki parametre iyileştirmeleri, “ince ayar” (fine-tune) için kullanılır. Modelin eğitim verisi dışında ne kadar başarılı olduğu ölçülür. Overfitting - aşırı öğrenme yani modelin hiç görmediği veri üzerinde kötü performans sergileyip sergilemediği değerlendirilir. Test verisi ise model eğitildikten ve doğrulama işlemi yapıldıktan sonra kullanılır. Modelin son olarak hiç karşılaşmadığı bir veri setinde nasıl performans sergilediği değerlendirilir.

Çalışmalarda yapay öğrenme yöntemlerinin kullanımında yaşanabilen problemler ve bunlara çözümler de yer almaktadır. Örnek olarak yanlış değerlendirilen alanların çokluğu, denenmiş modellerin farklı afetlere transfer edilebilme gibi sorunlara çözümler aranmıştır. Bu kapsamda özellikle farklı irtifalarda elde edilmiş hava görüntüleri veya farklı boyutlardaki bina ve diğer nesne görüntülerinin tespiti için çeşitli yöntemlere değinilmiştir.

Çalışmalarda segmentasyon ve hasar sınıflandırma işlemlerinde modellerin algılama performansının artırılması için özellik çıkarımı ile ilgili çeşitli yöntemlerden de bahsedilmektedir. Örnek olarak görüntülerde binalara ait köşe ve kenar durumları, piksellerde spektral yansıma değerlerindeki değişimler ile buna bağlı olarak kullanılan çeşitli bitki örtüsü indekslerinin değerleri, çeşitli istatistik yöntemlerle analiz edilerek modellerde eğitim verisi olacak şekilde özellik haritalarına dönüştürülmüştür.

Bu çalışma kapsamında karşılaştırılan çalışmalarda farklı yapay öğrenme modelleri kullanılmaktadır. Bununla birlikte U-net tabanlı modellerin başarımının / performansının genellikle iyi olduğu görülmüştür. Ayrıca modelle beraber seçilen kodlayıcının (encoder) da başarımı önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Örnek olarak “Using Satellite Imagery to Automate Building Damage Assessment: A case study of the xBD dataset” başlıklı çalışmada, 2014 yılında Oxford Üniversitesi Visual Geometry Group tarafından önerilen bir derin öğrenme modeli VGG16'nın bir varyantı olan VGG16 bn (VGG16 with Batch Normalization) kodlayıcısı kullanılmış ve U-net derin öğrenme modeli ile birlikte bina bölütleme işleminde en iyi performansı göstermiştir.

Çalışma kapsamında yapılan karşılaştırmada bina bölütleme (segmentasyon) işlemlerinde derin öğrenme algoritmalarının daha başarılı olduğu görülmüştür. Bölütleme işlemlerinde yüksek başarımlar sağlandığı tespit edilmiştir.

Birbirine yakın doğruluk değerlerine sahip olan çalışmalarda duyarlılık veya F1 skorunun düşük olanlarında daha az veri seti ile modellerin eğitildiği tespit edilmiştir.

Model eğitimi sırasında uygulanan eğitim döngü sayısı (epoch) ile her döngüde kullanılan eğitim veri seti sayısı (batch) gibi hiperparametre ayarlamaları ile optimizasyon yaklaşımlarının da model performanslarının iyileştirilmesinde rol oynadığı belirlenmiştir. Model performanslarının iyileştirilmesi amacıyla çeşitli verilerin standart bir aralığa indirgenmesi şeklinde veri üzerinde normalizasyon işlemi de uygulanmıştır. Örnek olarak “Earthquake building damage detection based on synthetic-aperture-radar imagery and machine learning” başlıklı makalede, hasar sınıflandırmada kullanılan parametrelerin dengelenmesi amacıyla uygulanan veri normalizasyonu, farklı ölçülmüş verilerin -mesela SAR (synthetic aperture radar - yapay açıklı radar) yansıma değeri- standart bir aralığa indirgenmesiyle sınıflandırma modelinin daha doğru ve dengeli sonuç vermesine çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler

Mekânsal Zeka, Afet Yönetimi, Yapay Zekâ (AI), Makine Öğrenmesi (Machine Learning), Derin Öğrenme (Deep Learning)

Sentinel-2 Uydu Görüntüleri Kullanılarak İzmir Karşıyaka'da Meydana Gelen Orman Yangınının Etkilerinin Analizi

Özgür Yanıt Kaya^{1,*}, Muhammet İlçin^{2,*}, Dr. Gökhan Gündüzoğlu³

¹İzmir Büyükşehir Belediyesi, Kent Bilgi Sistemleri Dairesi Başkanlığı, Halihazır Harita Ve Aplikasyon Şube Müdürlüğü, 35250, İzmir.

²İzmir Büyükşehir Belediyesi, Kent Bilgi Sistemleri Dairesi Başkanlığı, İmar Uygulama 1. Şube Müdürlüğü, 35200, İzmir.

³İzmir Büyükşehir Belediyesi, Kent Bilgi Sistemleri Dairesi Başkanlığı, 35200, İzmir.

Genişletilmiş Özet

Orman yangınları, bitki örtüsünün yok olmasına, bu alanlardaki canlı türlerinin yaşam alanlarının zarar görmesine ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Yangınların izlenmesi, oluşan zararın değerlendirilmesi ve yanmış alanlarda zaman içinde gerçekleşen değişimlerin analizi, hem ekolojik hem de ekonomik açıdan kritik bir öneme sahiptir. Uydu teknolojisindeki yenilikler sayesinde, orman alanlarının izlenmesi ve yangın analizlerinde uzaktan algılama teknikleri etkili bir çözüm haline gelmiştir. İklim değişikliğinin etkisi ve insan faaliyetlerindeki artış, orman yangınlarının sıklığını ve yıkıcı etkilerini artırmaktadır. İzmir, Akdeniz ikliminin yangınlara elverişli koşulları ve yoğun insan faaliyetleri nedeniyle bu yangınlardan en çok etkilenen bölgeler arasındadır. Bu çalışma, 15 Ağustos 2024 tarihinde İzmir'in Karşıyaka ilçesinde meydana gelen orman yangınının doğal ekosistem üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Yangın öncesi ve sonrası dönemlerde bitki örtüsündeki değişim, yanık şiddeti ve arazi dönüşümleri, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) teknikleriyle analiz edilmiştir. Sentinel-2 uydu görüntüleri ve CORINE arazi örtüsü verileri kullanılarak yangının farklı bitki örtüsü sınıfları üzerindeki etkileri detaylandırılmıştır. Çalışma, yangın sonrası iyileştirme çalışmaları ve yangın risk yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlamayı hedeflemektedir. Yangın hasarlarının tespiti için uzaktan algılama, CBS ve orman ekolojisi disiplinlerinin entegrasyonu sağlanmıştır. Uzaktan algılama teknolojileri, uydu görüntülerinin işlenmesi ve analizi konusunda temel bir rol oynarken, CBS ise mekânsal analizlerin gerçekleştirilmesinde kullanılmıştır. Araştırmada, Avrupa Uzay Ajansı'nın (ESA) Copernicus programı kapsamında sağlanan Sentinel-2 L2A uydu görüntüleri kullanılmıştır. Yangından etkilenen alanlarda, yangın öncesi ve sonrası döneme ait Sentinel-2 görüntüleri karşılaştırılarak yanık şiddeti analiz edilmiştir. Ayrıca, bitki örtüsünün gelişim oranı NDVI (Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi) analiziyle incelenmiş ve yangının bitki sağlığı üzerindeki etkisi hem yanık şiddeti hem de bitki sağlığı açısından değerlendirilmiştir. NDVI değerlerinin zamansal değişimi, farklı arazi örtüsü sınıfları için hesaplanmış ve yangın öncesi ve sonrası dönemlerdeki değişim analize edilmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma, yangının şiddeti ve bitki çeşitliliği arasındaki ilişkiyi gözler önüne sererek, yangın risk yönetimi ve sonrası iyileştirme çalışmalarına yönelik önemli veriler sunmayı hedeflemektedir.

Yangın öncesi (14 Ağustos 2024) ve yangın sonrası (19 Ağustos 2024) tarihli Sentinel-2 uydu görüntülerinin atmosferik düzeltmesi, SNAP (Sentinel Application Platform) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlem, özellikle atmosferin etkisiyle oluşan ışık saçılımı ve soğurma gibi faktörlerin düzeltilmesi amacıyla uygulanmıştır. Atmosferik düzeltme adımları, öncelikle atmosferin özelliklerine göre hesaplanan gerekli parametrelerin kullanılmasıyla yapılmış, ardından bu parametreler ışığında görüntülerin düzeltme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu süreç, elde edilen verilerin doğruluğunu artırarak, yangının bitki örtüsü üzerindeki etkilerinin daha güvenilir bir şekilde analiz edilmesine olanak sağlamıştır. Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) analizleri gerçekleştirilmiş ve değişim analizi yapılmıştır. Daha Sonra iki görüntü arasındaki "Normalized Burn Ratio (NBR)" yani "normalize edilmiş yangın oranı" adı verilen bir indeks kullanılmıştır. Bu değerler ile yangın alanının bulunması, yanmamış alandan ayrılması ve yangının sebep olduğu değişimin ve etki seviyesinin ölçülmesi sağlanmaktadır. Bu uygulamada yangın öncesi ve sonrası için Sentinel-2'nin NIR (B8A) ve SWIR (B12) bantları aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır. Kullanılan formül ise $NBR = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$ şeklindedir. Yapılan hesaplama işlemi sonrasında yangın öncesi NBR değeri ile yangın sonrası NBR değerleri farkı; yanma şiddetini ortaya koymaktadır. ($dNBR = (Pre\ NBR - Post\ NBR)$)

Çalışma kapsamında, USGS (Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu) standartlarına göre dNBR (Normalize Edilmiş Yanma Oranı Farkı) değerleri kullanılarak bir yanık şiddet haritası oluşturulmuştur. Bu harita, (-500) ile (1300) arasında değişen dNBR değerlerini yedi farklı kategoriye ayırarak, yangından

* Sorumlu Yazar: Tel:

E-posta:

etkilenen alanların detaylı bir şekilde sınıflandırılmasını sağlamıştır. Böylece, yüksek şiddetli yanan alanlardan yeniden yeşillenmiş alanlara kadar geniş bir spektrumda yangının etkilerini haritalandırılması yapılmıştır.

Çalışmada, arazi örtüsü sınıflarının değerlendirilebilmesi için Avrupa Çevre Ajansı (EEA) tarafından sağlanan 2018 yılına ait CORINE Arazi Örtüsü verisi kullanılmıştır. CORINE verisi, Avrupa Birliği tarafından yürütülen bir proje kapsamında, arazi örtüsü değişimlerini izlemek amacıyla düzenli olarak güncellenmektedir. Bu verinin üreticisi, Avrupa Çevre Ajansı'nın yanı sıra, Copernicus Arazi Gözlem Hizmetleri (Copernicus Land Monitoring Service) de veri sağlama süreçlerinde önemli bir role sahiptir. CORINE verisi, 2024 yılında meydana gelen orman yangınlarının ardından, yangından etkilenen alanların incelenmesi, arazi örtüsündeki değişimlerin haritalanması ve yangının farklı arazi örtüleri üzerindeki etkilerinin analiz edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu veri seti sayesinde, yangının ormanlık alanlar ve yerleşim yerleri üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde analiz edilebilmektedir.

Çalışma alanının CORINE 2018 arazi örtüsü sınıflandırması incelendiğinde, bölgenin %88.8'inin orman ve yarı doğal alanlardan, %11.2'sinin ise tarımsal alanlardan oluştuğu görülmektedir. Bu veriler ışığında, yangından etkilenen alanın büyük çoğunluğunun doğal bitki örtüsü olduğu anlaşılmaktadır.

Arazi örtüsü sınıflarındaki kodların çözümlenmesi doğrultusunda yangından etkilenen alanların genel bitki örtüsü hakkında bilgi sahibi olunmuştur. CLC üst klasmanında ise orman alanı olarak üç alt kod yer almaktadır. Bunlar: 311 kodu ile geniş yapraklı ormanlar, 312 kodu ile iğne yapraklı ormanlar ve 313 kodu ile karışık ormanlar yer almaktadır. Bu analizleri göre %38.34'ini Bitki Değişim Alanları (324), %23.35'ini Doğal Çayırliklar (321), %13.74 İğne Yapraklı Ormanlar (312), %10.14 Seyrek Bitki Alanları (333), %2.43 Sklerofil Bitki Örtüsü (323), %0.8 Karışık Ormanlar (313) ormanlar oluşturmaktadır.

CORINE 2018 verilerine göre, çalışma alanının %13.74'ünü (407.46 ha) iğne yapraklı ormanlar oluşturmaktadır. Bu oran, alandaki üçüncü en büyük arazi örtüsü sınıfını temsil etmekte ve yangın açısından önemli bir risk faktörü oluşturmaktadır.

NDVI analizi sonuçları, yangının bitki örtüsü üzerindeki yıkıcı etkisini açıkça ortaya koymuştur. Sentinel-2 uydunun 04.08.2024, 09.08.2024, 14.08.2024, 19.08.2024 ve 29.08.2024 tarihli görüntülerden elde edilen NDVI değerleri, yangının iğne yapraklı orman bölgesindeki etkisini açıkça ortaya koymaktadır 4 Ağustos 2024 tarihinde 0.305 olan ortalama NDVI değeri, yangın öncesi bitki örtüsünün sağlıklı durumunu yansıtmaktadır. Ancak 15 Ağustos'ta başlayan yangının etkisiyle, 19 Ağustos'ta NDVI değeri önemli bir düşüşle 0.11'e gerilemiştir. Bu keskin düşüş, yangının bitki örtüsü üzerindeki yıkıcı etkisini göstermektedir. Yangın sonrası dönemde (26 Ağustos) NDVI değerinde küçük bir artış (0.15) gözlemlense de, bu değer hala yangın öncesi bölgelerin en çok zarar gören alanlar olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, gelecekte benzer çalışmaların yapılması ve yangın risk yönetimi stratejilerinin geliştirilmesi için önemli bir temel oluşturmaktadır. Ayrıca, disiplinler arası iş birliğinin, karmaşık çevresel sorseviyenin çok altındadır. Bu durum, iğne yapraklı ormanların yangından ciddi şekilde etkilendiğini ve ekosistemin iyileşmesinin uzun bir süreç gerektireceğini göstermektedir. Toplam 2966.21 hektarlık bir alanın yangından etkilendiği tespit edilmiş olup, bu alanın özellikler iğne yapraklı orman bölgesindeki şiddetli yanma gözlenmiştir. İğne yapraklı ormanların yoğun olduğu bölgelerin en çok zarar gören alanlar olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, 15 Ağustos 2024 tarihinde İzmir'in Karşıyaka ilçesinde meydana gelen orman yangınının etkilerini Sentinel-2 uydu görüntüleri kullanarak analiz etmiştir. Çalışmanın sonuçları, uzaktan algılama ve CBS teknolojilerinin orman yangınlarının etkilerini değerlendirmede etkin araçlar olduğunu göstermiştir.

Corine 2018 verilerine göre, çalışma alanının %88.8'i orman ve yarı doğal alanlardan oluşmaktadır. Bu alanın %13.74'ünü (407.46 ha) iğne yapraklı ormanlar oluşturmakta olup, bu oran yangın açısından önemli bir risk faktörü teşkil etmektedir.

NDVI analizleri, yangının bitki örtüsü üzerindeki yıkıcı etkisini açıkça ortaya koymuştur. 4 Ağustos'ta 0.305 olan ortalama NDVI değeri, yangının etkisiyle 19 Ağustos'ta 0.11'e düşmüş, 26 Ağustos'ta ise 0.15'e yükselmiştir. Bu değerler, iğne yapraklı ormanların yangından ciddi şekilde etkilendiğini ve ekosistemin iyileşmesinin uzun bir süreç gerektireceğini göstermektedir.

USGS standartlarına göre oluşturulan yanık şiddet haritası, toplam 2966.21 hektarlık bir alanın yangından etkilendiğini ve bu alanın iğne yapraklı ormanların şiddetli yanma olduğunu ortaya koymuştur. İğne yapraklı ormanların yoğun olduğu unların çözümünde ne kadar önemli olduğunu bir kez daha ortaya koymuştur.

Anahtar

Kelimeler

Afet Yönetimi, Arazi Örtüsü/Kullanımı, CBS Uygulamaları, Çevresel Etki Değerlendirme, Uzaktan Algılama, Yanan Alan Tespiti, Yanma Şiddeti

İklim Değişikliğine Uyum Sürecinde Sıcak Hava Dalgalarının Zamansal ve Mekansal Analizi: Sakarya İli Örneği

Dilay Gezer^{1,*}, Cercis İkiel², Ayşe Atalay Dutucu², Aziz Öğütü³, Abdülkadir Aydın³, Selin Tunalı Çokluk⁴, Beyza Ustaoglu²

¹*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul.*

²*Sakarya Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 54187, Sakarya.*

³*Sakarya Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Dahili Tıp Bilimleri Bölümü, Korucuk, Sakarya.*

⁴*Sakarya İl Sağlık Müdürlüğü, Halk Sağlığı Hizmetleri Başkanlığı, Adapazarı, Sakarya.*

Genişletilmiş Özet

Kayıtlı iklim verilerine göre yaşadığımız son on yıl küresel ortalama sıcaklıkların en yüksek olduğu yıllar olarak belirlenmiştir (World Meteorological Organization [WMO] 2023). İklimdeki değişkenliğin artması özellikle Akdeniz Havzası'nda, şiddetli yağış, fırtına ve hortum olayı, şiddetli sel, taşkın ve kütle hareketi, şiddetli sıcak hava dalgası, kuraklık ve orman yangını ile karşı karşıya kalınacağını göstermektedir. Bu durum, gelecekte Türkiye ve çevresinde, iklimin uzun süreli ortalamalarından daha kuvvetli ve daha sık sapma eğiliminde olan daha değişken ve aşırılıkların daha kuvvetli olacağı bir iklimin olma olasılığını arttırmaktadır (Ustaoglu 2018). Bu nedenle, Birleşmiş Milletler Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]) 6. Değerlendirme raporunda Akdeniz Havzası ayrı bir bölüm olarak incelenmiştir. IPCC AR6 raporunda bahsedildiği üzere insan kaynaklı iklim değişikliği, dünya genelinde hava ve iklim aşırılığını etkilemiştir ve sıcak hava dalgası, yoğun yağış, kuraklık ve tropikal siklonlarda gözlemlenen aşırılıklar AR5 raporundan itibaren şiddetlenmiştir. 1950'lerden itibaren aşırı sıcak havalar daha sık ve yoğun, aşırı soğuk havaların ise daha az sıklıkta ve daha az şiddette oluşmaktadır (IPCC 2023). Sıcaklık, aşırı hava olaylarında önemli bir rol oynamaktadır ve aşırı yağış, dolu, kuraklık, hortum, sıcak hava dalgaları gibi olayların oluşumunda belirleyicidir. Şehirler, iklim değişikliğinden en çok etkilenen alanlardır (Değirmenci vd. 2022, Orusa vd. 2023). İklim koşullarındaki antropojenik değişkenliğin göstergelerinden olan sıcak hava dalgalarının, şehir ısı adası ile etkisini ve şiddetini artırması beklenmektedir. Günümüzde yaşanan antropojenik iklim değişikliğinin oluşmasında arazi örtüsünde yaşanan değişim oldukça etkili olmuştur. Nüfus artışı, şehirleşme, arazi örtüsü değişimi ile birlikte şehir ısı adası etkisine neden olmaktadır. Gelecekteki iklim risklerine uyum sağlamak için önlemler almanın yanında şehirlerin iklime direnci konusuna önem vermenin daha etkili sonuçlar oluşturacağı düşünülmektedir (Tyler ve Moench 2012). Şehir Isı Adası, insanlığın şehirleşmesi ve sanayileşmesi sonucunda yirmi birinci yüzyılda insanoğlunun karşı karşıya kaldığı en büyük sorunlardan biridir (Rizwan vd. 2008).

İklim değişikliğinin etkileriyle sıcak hava dalgaları daha sık ve geniş bir alanda görülmeye başlanmış, Türkiye'de de son yıllarda ılıman iklim koşullarının hakim olduğu alanlarda etkisi hissedilir olmuştur. Bu anlamda şehirleşmenin de etkisiyle Marmara Bölgesi kritik önem taşımaktadır. Bu sebeple çalışma alanı olarak son yıllarda sanayileşmenin ve nüfusun artış gösterdiği Sakarya ili tercih edilmiştir. Çalışmada T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, İklim ve Ziraat Meteoroloji Dairesi Başkanlığı veri tabanından on bir adet Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu (OMGİ) iklim verileri analiz edilmiştir. Çalışma 2013-2024 yıllarındaki Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül olmak üzere beş ay içerisinde meydana gelen sıcak hava dalgalarını belirlemeyi ve zamansal ve mekansal değişiminin incelenmesini kapsamaktadır. Bu çalışma dönemindeki sıcak hava dalgalarını belirlerken otuz yıllık bir referans dönem (1971-2000) dikkate alınmıştır. 1971-2000 iklim referans dönemi için, otuz yıllık veriye sahip olan Sakarya ve Geyve istasyonları tüm istasyonlar için referans istasyon olarak belirlenmiştir. Sakarya istasyonu değerleri dokuz istasyonda (Sakarya, Sapanca, Karapürçek, Ferizli, Karasu, Hendek, Akyazı, Kocaali, Kaynarca), Geyve istasyonu değerleri ise iki istasyonda (Geyve, Taraklı) kullanılmıştır.

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO 2024) sıcak hava dalgasını, alışılmadık derecede sıcak gün ve gecelerin ardı ardına gelmesiyle oluşan yerel aşırı ısının biriktiği dönem olarak tanımlamaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne (MGM 2024) göre ise günlük maksimum sıcaklığın, uzun yıllar ortalama maksimum sıcaklığın 3-5°C üzerinde gerçekleşmesi, sıcak hava dalgası olarak tanımlanmaktadır. Fischer & Schär (2010) uzun sıcak dönemlerdeki sıcak hava dalgalarını referans periyodu 1961-1990 olarak ve %90'lık dilimini aşan en az altı ardışık gün olarak ele almıştır. Medina-Ramón vd. (2006) ise yaptıkları çalışmada aşırı sıcak günler için eşik noktasını günlük minimum sıcaklığın 99. yüzdeliği şeklinde ele almıştır. Brogno vd. (2024) ise tanım olarak son otuz yılda değerlendirilen verilerin 90. yüzdelik değeri üzerinde günlük maksimum sıcaklığın üç veya daha fazla ardışık gün olduğu zamanları incelemiştir. Bu şekilde çok sayıda yapılan çalışma incelenmiştir ve çeşitli sıcak hava dalgası tespit parametreleri ve kriterleri araştırılmıştır. Nairn ve Fawcett (2015) çalışmalarında geliştirdikleri Aşırı Sıcaklık Faktörü (Excess Heat Factor [EHF]) indeksini kullanılarak 2013-2014 yılları için sıcak hava dalgası belirlenmesi amaçlanmıştır ve referans dönem olarak alınan 1971-2000 yıllarındaki günlük ortalama sıcaklık değerlerinin 95. yüzdeliği dikkate alınmıştır. Varghese vd. (2019) EHF ile ilgili yaptığı çalışmada EHF'nin hem tropikal hem ılıman bölgelerde uygulanabilirliği ile uluslararası kullanılmaya başlandığına ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından kabul görüldüğüne değinilmiştir. Ayrıca ısı maruziyeti

* Sorumlu Yazar: Tel: (0539) 580 92 97

E-posta: gezerd17@itu.edu.tr (Dilay Gezer), cikiel@sakarya.edu.tr (Cercis İkiel), aatalay@sakarya.edu.tr (Ayşe Atalay Dutucu), aogutlu@sakarya.edu.tr (Aziz Öğütü), abdulkadiraydin@sakarya.edu.tr (Abdülkadir Aydın), drselintunal@gmail.com (Selin Tunalı Çokluk), bustaoglu@sakarya.edu.tr (Beyza Ustaoglu)

metriği olarak kullanıldığı çalışmaların sağlık etki değerlendirmelerinde yararlı olduğundan bahsedilmiştir. Monteiro dos Santos vd. (2024) tarafından yapılan çalışmada ise 1981-2010 yılları arasında hesaplanan günlük ortalama sıcaklık verisinin 95. yüzdeleri dilimi ile EHF hesaplanması tercih edilmiştir. Pan vd. (2024) EHF'nin avantajlarından biri olarak hem gece hem gündüz sıcaklık verilerinin dahil edilmesiyle geceleri meydana gelen önemli sıcaklık artışlarının da dikkate alınması gerektiğini bildirmiştir.

Sakarya'daki sıcak hava dalgalarının belirlenmesi amacıyla Aşırı Sıcaklık Faktörü (EHF) hesabı için Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan günlük maksimum sıcaklık ($T_{\max}$ °C) ve minimum sıcaklık ($T_{\min}$ °C) sıcaklık değerleri kullanılmıştır. EHF sıcak hava dalgası yoğunluğu ve şiddeti hesaplamaları Eşitlik 1, 2, 3 ve 4'te gösterilmiştir (Nairn ve Fawcett 2015; Nairn vd. 2018). Aşırı Sıcaklık Faktörü ile 2014-2023 yıllarındaki Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında Sakarya ilindeki meydana gelen sıcak hava dalgası içeren günler belirlenmiştir ve bu on yıllık zaman içerisinde meydana gelen sıcak hava dalgası periyotları analiz edilmiştir. Çalışma sırasında on bir OMGİ için sıcaklık verisi kullanılmıştır ve her istasyonda ayrı ayrı sıcak hava dalgası tespit analizleri yapılmıştır. Aşırı Sıcaklık Faktörü hesabının temel faydası, olağandışı sıcaklık ölçümünde kullanılan göstergelerin herhangi bir yere uygulanabilir olması, ayrıca uzun vadeli ve kısa vadeli sıcaklık parametrelerini kullanmasıdır (Borg vd. 2019).

$$\square\square\square\square\square\square = \frac{\square\square + \square\square_{+1} + \square\square_{+2}}{3} - \square\square_{95} \quad (1)$$

$$\square\square\square\square\square\square = \frac{\square\square + \square\square_{+1} + \square\square_{+2}}{3} - \frac{\square\square_{-1} + \dots + \square\square_{-30}}{30} \quad (2)$$

$$\square\square\square = \square\square\square\square\square\square \times (I, \square\square\square\square\square\square) \quad (3)$$

$$\square\square\square\square\square\square = \square\square\square \div \square\square\square_{85} \quad (4)$$

Çalışmada sıcak hava dalgalarının etkili olduğu alanların, uydu görüntüleri kullanılarak Arazi Yüzeyi Sıcaklığı (Land Surface Temperature) ve Normalize Edilmiş Fark Bitki İndeksi (Normalized Difference Vegetation Index) analizleri yapılmış ve şehirleşmenin sıcak hava dalgaları üzerindeki etkisi de belirlenmeye çalışılmıştır. Arazi Yüzey Sıcaklığı (LST), yer yüzeyi ve atmosfer arasındaki etkileşimi açıklayan ve bu ikili arasındaki enerjiyi kontrol eden bir parametre olup, çevresel kaynakların sürekli değişimini yönlendiren bir etkidir. Uzaktan algılama verileri ile LST ve NDVI analizi, bölgesel iklim değişikliğinin gözlemlenmesi açısından önemli olmasının yanı sıra iklim modelleme ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) çalışmaları için de altlık veri olarak kullanılabilir (Molavizadeh vd. 2016; Şekertekin ve Maragoz, 2019). Bu indeksler aracılığıyla sıcaklık değişimlerinin mekansal dağılımı izlenebilecek, sıcak hava dalgalarının süre bakımından ve yoğunluk bakımından dağılımı mekansal ve zamansal olarak doğrulanabilecektir. Çalışmadan elde edilen bulgular, Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinden “İklim Eylemi” ve “Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar” amacı doğrultusunda iklime uyum stratejilerine katkı sağlamayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler

İklim Değişikliği, Zamansal Mekânsal Analiz, CBS Uygulamaları, Aşırı Sıcaklık Faktörü, Sıcak Hava Dalgaları

Kaynaklar

Brogno, L., Barbano, F., Leo, L. S., & Di Sabatino, S. (2024) A novel framework for the assessment of hydro-meteorological risks taking into account nature-based solutions. *Environmental Research Letters*, 19(7), 074040. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ad53e6>

Borg, M., Nitschke, M., Williams, S., McDonald, S., Nairn, J., Bi, P. (2019) Using the excess heat factor to indicate heatwave-related urinary disease: a case study in Adelaide, South Australia. *International Journal of Biometeorology*, 63(4), 435–447. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01674-5>

Değirmenci, R., Akşan, G.N., Hadımlıoğlu, S., Yılmaz, B. (2022) İklim Değişikliğine Karşı Dirençli Kent/Şehir Uygulamaları: Denizli Örneği. *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi*, 2(1), 203-224.

Fischer, E. M., Schär, C. (2010) Consistent geographical patterns of changes in high-impact European heatwaves. *Nature Geoscience*, 3(6), 398–403. <https://doi.org/10.1038/ngeo866>

Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2023) Sections. In Climate Change 2023: Synthesis Report. H. Lee and J. Romero (ed.) *Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

- Medina -Ramón, M., Zanobetti, A., Cavanagh, D. P., Schwartz, J. (2006) Extreme temperatures and mortality: Assessing effect modification by personal characteristics and specific cause of death in a multi-city case-only analysis. *Environmental Health Perspectives*, 114(9), 1331–1336. <https://doi.org/10.1289/ehp.9074>.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2024) Meteoroloji sözlüğü: Isı dalgası. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. <https://mgm.gov.tr/genel/meteorolojisozlugu.aspx?m=I&k=aa11>. [Erişim Tarihi: 25 Ekim 2024].
- Molavizadeh, N., Sertel, E., Demirel, H. (2016). Drought conditions in Turkey between 2004 and 2013 via drought indices derived from remotely sensed data. *Energy, Transportation and Global Warming*, 113-121.
- Monteiro dos Santos, D., Libonati, R., Garcia, B. N., Geirinhas, J. L., Salvi, B. B., Lima e Silva, E., Rodrigues, J. A., Peres, L. F., Russo, A., Gracie, R., Gurgel, H., Trigo, R. M. (2024) Twenty-first-century demographic and social inequalities of heat-related deaths in Brazilian urban areas. *PLOS ONE*, 19(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295766>.
- Nairn, J. R., Fawcett, R. J. B. (2015) The Excess Heat Factor: A Metric for Heatwave Intensity and Its Use in Classifying Heatwave Severity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(1), 227–253. <https://doi.org/10.3390/ijerph120100227>.
- Nairn, J., Ostendorf, B., Bi, P. (2018) Performance of excess heat factor severity as a global Heatwave Health Impact Index. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(11), 2494. <https://doi.org/10.3390/ijerph15112494>.
- Orusa, T., Viani, A., Moyo, B., Cammareri, D., Borgogno-Mondino, E. (2023) Risk Assessment of Rising Temperatures Using Landsat 4–9 LST Time Series and Meta® Population Dataset: An Application in Aosta Valley, NW Italy, *Remote Sensing* 15, no. 9: 2348. <https://doi.org/10.3390/rs15092348>.
- Pan, X., Wang, W., Shao, Q., Wei, J., Li, H., Zhang, F., Cao, M., & Yang, L. (2024) Compound drought and heat waves variation and association with SST modes across China. *Science of The Total Environment*, 907, 167934. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167934>.
- Rizwan, A.M., Dennis, L.Y.C., Liu, C. (2008) A Review on the Generation, Determination and Mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), 120-128.
- Şekertekin, A., Marangoz, A. M. (2019). Zonguldak metropolitan alanındaki arazi kullanımı arazi örtüsünün yer yüzey sıcaklığına etkisi. *Geomatik*, 4(2), 101-111.
- Tyler, S., Moench, M. (2012) A Framework for Urban Climate Resilience. *Climate and Development*, 4(4), 311-326. <https://doi.org/10.1080/17565529.2012.745389>.
- Ustaoglu, B. (2018) Sakarya'nın İklim Özellikleri. Cercis İkiel (ed.) *Sakaryanın Fiziki, Beseri ve İktisadi Coğrafya Özellikleri*, SAÜ yayın no: 190, Basım sayısı:1, ISBN:978- 605-2238-05-9, 165-214, Türkçe(Bilimsel Kitap).
- Varghese, B. M., Hansen, A., Nitschke, M., Nairn, J., Hanson-Easey, S., Bi, P., Pisaniello, D. (2018) Heatwave and work-related injuries and illnesses in Adelaide, Australia: A case-crossover analysis using the excess heat factor (EHF) as a universal heatwave index. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 92(2), 263–272. <https://doi.org/10.1007/s00420-018-1376-6>.
- World Meteorological Organization [WMO]. (2024) Natural Hazards: Heatwaves. World Meteorological Organization. <https://wmo.int/topics/heatwave> [Erişim Tarihi: 25 Ekim 2024].
- World Meteorological Organization [WMO]. (2023) Four Key Climate Change Indicators Break Records in 2021. World Meteorological Organization. <https://public.wmo.int/en/media/press-release/four-key-climate-change-indicators-break-records-2021> [Erişim Tarihi: 20 Mayıs 2023].

Çok Değişkenli Uyarlanabilir Regresyon Eğrileri Algoritmasına Dayalı Hibrit Sınıflandırma Modellerinin Geliştirilmesi

Azize Uyar*, Derya Öztürk

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 55200, Samsun

Genişletilmiş Özet

Arazi örtüsü/kullanımı sürdürülebilir çevre yönetimi ve doğal kaynakların korunması açısından kritik bir öneme sahiptir (Blaschke, 2010; Lillesand vd., 2015). Plansız kentleşme, tarımsal alanların kaybı ve ormansızlaşma gibi çevresel sorunlar, doğru arazi kullanım politikalarının geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu sorunların çözümünde geniş alanları kapsamalı, güncel ve güvenilir bilgiler sağlaması nedeniyle uzaktan algılama önemli bir yer tutmaktadır (Lu ve Weng, 2007; Mather ve Koch, 2011; Lillesand vd., 2015). Uydu görüntülerinin sınıflandırılması ile arazi örtüsü/kullanımının belirlenmesi, doğal kaynakların izlenmesi ve çevresel değişimlerin tespit edilmesi sağlanmaktadır. Bu doğrultuda, görüntü sınıflandırma yöntemlerinin doğruluğunu artırma çalışmaları sürekli olarak gelişmektedir (Herold vd., 2002; Lillesand vd., 2015).

Görüntü sınıflandırma analizlerinde, özellikle makine öğrenmesi gibi güçlü algoritmaların kullanılması giderek yaygınlaşmıştır. Rastgele Orman (Random Forest - RF), Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks - ANN), Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machines - SVM) ve Çok Değişkenli Uyarlanabilir Regresyon Eğrileri (Multivariate Adaptive Regression Splines - MARS) gibi ileri sınıflandırma teknikleri günümüzde yüksek performans gösteren algoritmalar (Lu ve Weng 2007; Waske vd., 2007; Li vd., 2014). MARS algoritması, Friedman (1991) tarafından parametrik olmayan regresyon analizlerinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Mevcut doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon modellerinin aksine, MARS bağımsız değişkenlerin çeşitli aralıkları için farklı katsayılar hesaplayarak ve etkileşim terimlerini dahil ederek, gerçek dünya yapılarını daha doğru yansıtan modeller oluşturur. Bu sayede, MARS algoritması karmaşık veri kümelerini daha etkili bir şekilde modelleyebilir ve piksel tabanlı klasik sınıflandırma yöntemlerinin çözümleyemediği doğrusal olmayan ilişkileri daha iyi yansıtabilir. Ancak, MARS algoritmasının da bazı kısıtları bulunmaktadır. Aşırı uyum sorunu, modelin eğitim verisine fazla uyum sağlamasına ve test verisindeki performansının düşmesine neden olabilir. Ayrıca, MARS algoritmasının karmaşıklığı ve parametrelerinin belirlenmesindeki zorluklar da diğer önemli kısıtlar arasındadır (Friedman, 1993).

Görüntü sınıflandırma analizlerinde performansı arttırmaya yönelik çalışmalar yeni yöntemlerin geliştirilmesi, klasik yöntemlerde değişiklikler yapılması ve ilave yöntemler eklenmesi çerçevesinde gerçekleştirilmektedir (Li vd., 2014; Mather ve Tso, 2016). Özellikle günümüzde yapılan çalışmalar, sınıflandırma performansını arttırmak için mevcut yöntemlerin avantajlarını birleştirmeye odaklanmıştır. Mevcut yöntemlerin birleştirilmesiyle oluşturulan hibrit modeller, farklı algoritmaların güçlü yönlerini bir araya getirerek daha yüksek doğruluk sağlar. Bu yöntemler, farklı sınıflandırma algoritmalarının birlikte kullanılması sayesinde, her bir algoritmanın zayıf yönlerini telafi eder ve daha iyi bir performans elde edilmesini olanaklı kılar (Ranawana ve Palade, 2006; Foody vd., 2007; Lv vd., 2017; Saini ve Ghosh, 2017).

Bu çalışmanın amacı, uydu görüntüsü sınıflandırma analizlerinde mevcut yöntemlerin güçlü yanlarını birleştirerek hibrit modeller oluşturup, doğruluğu ve performansı arttırmaktır. Bu amaca ulaşmak için MARS algoritmasına dayalı hibrit yöntemler geliştirilmiştir. MARS algoritmasının hibrit modellerde kullanımında literatürde sınırlı sayıda örnek bulunmaktadır; bu çalışmalar daha çok tıp, biyoloji ve mühendislik gibi farklı disiplinlerde görülmekte ve giderek artan bir ilgi görmektedir (Yao vd., 2013; Santoso ve Wulandari, 2018; Benemaran ve Esmaceli-Falak, 2020; Nguyen vd., 2022; Hanteh vd., 2023; Hai vd., 2023). Bu bağlamda, MARS algoritmasına dayalı hibrit modellerin uydu görüntülerinin sınıflandırma analizinde de benzer başarılar elde edebileceği öngörülmüştür.

Hibrit model oluşturulurken, algoritmaların güçlü ve zayıf yönleri dikkate alınır. Bu çalışmada hibrit sınıflandırmada kullanılacak tekniklerin seçiminde bu hususlar değerlendirilmiştir. Bu bağlamda öncelikle MARS algoritmasının avantaj ve kısıtları incelenmiş, kısıtları elimine edebilecek veya en aza indirgeyebilecek teknikler araştırılmıştır. Aynı zamanda araştırılan tekniklerin hibrit kullanım esnekliğine sahip olup olmadığı incelenmiştir. RF algoritması hibrit kullanımda etkinliği ve görüntü sınıflandırma çalışmalarındaki performansı ile öne çıkmaktadır (Zhou vd., 2002; Liu ve Ge, 2018; Ye ve Ding, 2018). Bu nedenle çalışma kapsamındaki ilk hibrit model olarak MARS-RF oluşturulmuştur. Ayrıca MARS algoritması incelendiğinde en uygun temel fonksiyon sayısı ve ceza parametresi belirleme kısıtının performansa etkisini optimizasyon yöntemleri ile elimine etme veya en aza indirmenin yapılabileceği öngörülmüştür. Optimizasyon, bir dizi işlem uygulanıp, amaç fonksiyonunu maksimum veya minimum yapan değerlerin elde edilmesidir. Günümüzde, optimize edilmiş hiper parametrelerin varsayılan ayarlara göre daha iyi olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir (Thornton vd., 2013; Mantovani vd., 2016; Sanders ve Giraud-Carrier, 2017). Bu çalışma kapsamında Parçacık Sürü Optimizasyonu (Particle Swarm Optimization - PSO) ve Bayes Optimizasyonu (Bayesian Optimization - BO), MARS algoritmasının hiper parametrelerinin optimize edilmesinde kullanılarak sırasıyla MARS-PSO ve MARS-BO hibrit modelleri geliştirilmiştir. MARS, RF, MARS-RF, MARS-PSO ve MARS-BO modelleri MATLAB ve RStudio yazılımları kullanılarak geliştirilmiştir.

* Sorumlu Yazar: Tel: (0362) 312 19 19

E-posta: azize.uyar@omu.edu.tr (Azize Uyar), dozturk@omu.edu.tr (Derya Öztürk)

Bu çalışma, uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında MARS algoritmasına dayalı üç hibrit model önererek, sınıflandırma doğruluğunu arttırmayı hedeflemektedir. Çalışma kapsamında, iki farklı uydu görüntüsü (Landsat-8 OLI ve Sentinel-2 MSI) ve iki farklı çalışma alanı (Samsun-Bafra ve Samsun-Atakum) seçilmiştir. Her iki çalışma alanı MARS ve RF tekil algoritmalar ayrıca MARS-RF, MARS-PSO ve MARS-BO hibrit modeller uygulanarak sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonucu toplam doğruluk, kappa ve F1 skor doğruluk ölçütleri ile karşılaştırılmıştır.

Sınıflandırma sonuçları incelendiğinde Bafra ilçesi Landsat-8 OLI veri seti için;

- MARS (%78,86) ve RF (%78,24) birbirine oldukça yakın toplam doğruluk değerine sahiptir. Ancak hibrit yöntemler daha iyi performans göstermektedir; MARS-RF (%79,17) ve MARS-PSO (%80,09) hibrit modelleri MARS ve RF algoritmalarına göre daha yüksek toplam doğruluk sağlamıştır. En yüksek toplam doğruluk ise MARS-BO (%81,02) hibrit modeliyle elde edilmiştir.
- MARS-BO hibrit modeli 0,7792 kappa değeriyle en yüksek sonucu vermiştir. MARS-PSO (0,7610) ve MARS-RF (0,7499) hibrit modelleri de RF (0,7388) ve MARS (0,7542) algoritmalarına göre daha iyi sonuçlar sunmuştur.
- MARS-BO hibrit modeli 0,8116 ile en yüksek F1 skorunu vermektedir. MARS-PSO (0,8024) ve MARS-RF (0,7931) hibrit modelleri de MARS (0,7899) ve RF (0,7839) algoritmalarına göre daha yüksek sonuçlar vermiştir.

Bafra ilçesi Sentinel-2 MSI veri seti için;

- En yüksek toplam doğruluk MARS-BO (%82,56) hibrit modeli ile elde edilmiştir. MARS-PSO (%81,94) ve MARS-RF (%80,71) hibrit modelleri de MARS (%80,25) ve RF (%79,78) algoritmalarına göre daha yüksek toplam doğruluk sağlamaktadır.
- MARS-BO (0,7907) hibrit modeli en yüksek kappa değerine sahiptir. MARS-PSO (0,7833) ve MARS-RF (0,7685) hibrit modelleri MARS (0,7629) ve RF (0,7574) yöntemlerine göre daha iyi sonuçlar vermektedir.
- MARS-BO hibrit modeli 0,8259 ile en yüksek F1 skoruna sahiptir. MARS-PSO (0,8199) ve MARS-RF (0,8074) hibrit modelleri MARS (0,8024) ve RF (0,7979) yöntemlerine göre daha iyi performans göstermektedir.

Atakum ilçesi Landsat-8 OLI veri seti için;

- MARS-BO hibrit modeli en yüksek toplam doğruluğu (%83,14) vermektedir. MARS-PSO (%82,57) ve MARS-RF (%81,42) hibrit modelleri MARS (%81,03) ve RF (%80,65) algoritmalarına göre daha iyi sonuçlar vermiştir.
- En yüksek kappa değeri yine MARS-BO (0,7892) hibrit modeli ile elde edilmiştir. MARS-PSO (0,7821) ve MARS-RF (0,7677) hibrit modelleri ile MARS (0,7629) ve RF (0,7581) yöntemlerine göre daha iyi kappa değerleri gözlemlenmiştir.
- En yüksek F1 skoru MARS-BO (0,8327) hibrit modeli ile elde edilmiştir. MARS-PSO (0,8272) ve MARS-RF (0,8164) hibrit modelleri MARS (0,8125) ve RF (0,8089) yöntemlerine göre daha iyi performans gözlemlenmiştir.

Atakum ilçesi Sentinel-2 MSI veri seti için;

- En yüksek toplam doğruluk MARS-BO (%84,67) hibrit modeli ile elde edilmiştir. MARS-PSO (%83,91) ve MARS-RF (%82,57) hibrit modelleri MARS (%82,18) ve RF (%81,80) yöntemlerine göre daha iyi sonuçlar sunmuştur.
- En yüksek kappa değeri MARS-BO (0,8084) hibrit modeli ile elde edilmiştir. MARS-PSO (0,7988) ve MARS-RF (0,7821) hibrit modelleri yine MARS (0,7773) ve RF (0,7725) yöntemlerine göre daha yüksek performans göstermektedir.
- En yüksek F1 skoru yine MARS-BO (0,8479) hibrit modelinde elde edilmiştir. MARS-PSO (0,8405) ve MARS-RF (0,8275) hibrit modelleri MARS (0,8239) ve RF (0,8198) yöntemlerine göre daha iyi F1 skor değerine sahiptir.

Sonuç olarak; önerilen hibrit modellerin, MARS ve RF tekil algoritmalarından daha yüksek doğruluk sağladığı görülmüştür. Toplam doğruluk, kappa istatistiği ve F1 skor doğruluk ölçütleriyle değerlendirilen sonuçlar, optimizasyon tekniklerinin kullanıldığı hibrit modellerin daha iyi performans gösterdiğini ve en iyi sonuçları MARS-BO hibrit modelinin verdiğini ortaya çıkarmıştır. Bu sonuçlar, hibrit modellerin sınıflandırma performansını arttırmada önemli bir rol oynadığını ve özellikle optimizasyon teknikleriyle entegrasyonun sonuçların iyileştirilmesinde etkisinin yüksek olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda hibrit modelleme yaklaşımlarının uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında önemli avantajlar sağlayarak daha doğru ve güvenilir sonuçlar elde edilmesine katkıda bulunduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler

Mekânsal Bilgi, Arazi Örtüsü/Kullanımı, Hibrit Sınıflandırma, Makine Öğrenmesi, Çok Değişkenli Uyarlanabilir Regresyon Eğrileri, Rastgele Orman, Optimizasyon

Kaynaklar

Benemaran, R. S., & Esmaili-Falak, M. (2020). Optimization of cost and mechanical properties of concrete with admixtures using MARS and PSO. *Computers and Concrete*, 26(4), 309-316.

- Blaschke, T. (2010). Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(1), 2-16.
- Foody, G. M., Boyd, D. S., & Sanchez-Hernandez, C. (2007). Mapping a specific class with an ensemble of classifiers. *International Journal of Remote Sensing*, 28(8), 1733-1746.
- Friedman, J. H. (1991). Multivariate adaptive regression splines. *The Annals of Statistics*, 19(1), 1-67.
- Friedman J. H. (1993). Fast MARS. Technical Report No:110.
- Hai, T., Theruvil Sayed, B., Majdi, A., Zhou, J., Sagban, R., Band, S. S., & Mosavi, A. (2023). An integrated GIS-based multivariate adaptive regression splines-cat swarm optimization for improving the accuracy of wildfire susceptibility mapping. *Geocarto International*, 2167005.
- Hanteh, M., Malek, H., & Kheyroddin, A. (2023). Proposing the combined MARS-PSO and ELM-PSO models for estimating the compressive strength of circular concrete columns wrapped with FRP sheets. *Soft Computing*, 27(21), 15937-15953.
- Herold, M., Scepan, J., & Clarke, K. C. (2002). The use of remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land uses. *Environment and Planning*, 34(8), 1443-1458.
- Li, M., Zang, S., Zhang, B., Li, S., & Wu, C. (2014). A review of remote sensing image classification techniques: the role of spatio-contextual information. *European Journal of Remote Sensing*, 47(1), 389-411.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W. & Chipman, J. W. (2015). *Remote sensing and image interpretation*. 7th Edition, Wiley, New York, USA.
- Liu, Y., & Ge, Z. (2018). Weighted random forests for fault classification in industrial processes with hierarchical clustering model selection. *Journal of Process Control*, 64, 62-70.
- Lu, D., & Weng, Q. (2007). A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing*, 28(5), 823-870.
- Lv, F., Han, M., & Qiu, T. (2017). Remote sensing image classification based on ensemble extreme learning machine with stacked autoencoder. *IEEE Access*, 5, 9021-9031.
- Mantovani, R. G., Horváth, T., Cerri, R., Vanschoren, J., & De Carvalho, A. C. (2016). Hyper-parameter tuning of a decision tree induction algorithm. 5th Brazilian Conference on Intelligent Systems (BRACIS), 9-12 October 2016, Recife, Brazil.
- Mather, P. M. & Koch, M. (2011). *Computer processing of remotely-sensed images: an introduction*. 4th Edition, Chichester: Wiley-Blackwell.
- Mather, P. & Tso, B. (2016). *Classification methods for remotely sensed data*, CRC Press: Boca Raton, FL, USA.
- Nguyen, H., Bui, X. N., Tran, Q. H., Nguyen, H. A., Nguyen, D. A., Hoa, L. T. T., & Le, Q. T. (2022). Prediction of ground vibration intensity in mine blasting using the novel hybrid MARS-PSO-MLP model. *Engineering with Computers*, 1-19.
- Ranawana, R., & Palade, V. (2006). Multi-classifier systems: review and a roadmap for developers. *International Journal of Hybrid Intelligent Systems*, 3(1), 35-61.
- Saini, R., & Ghosh, S. K. (2017). Ensemble classifiers in remote sensing: a review. *International Conference on Computing, Communication and Automation (ICCCA)*, 05-06 May 2017, Greater Noida, India
- Sanders, S. & Giraud-Carrier, C. (2017). Informing the use of hyperparameter optimization through metalearning. *IEEE International Conference on Data Mining (ICDM)*, 1051-1056.
- Santoso, N., & Wulandari, S. (2018). Hybrid support vector machine to preterm birth prediction. *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems (IJEIS)*, 8, 191-200.
- Thornton, C., Hutter, F., Hoos, H. H., & Leyton-Brown, K. (2013). Auto-WEKA: Combined selection and hyperparameter optimization of classification algorithms. *The 19th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 847-855.
- Waske, B., Menz, G., & Benediktsson, J. A. (2007). Fusion of support vector machines for classifying SAR and multispectral imagery from agricultural areas. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 23-28 July 2007, Barcelona, Spain.
- Yao, D., Yang, J., & Zhan, X. (2013). A novel method for disease prediction: hybrid of random forest and multivariate adaptive regression splines. *Journal of Computers*, 8(1), 170-177.

Ye, F., & Ding, F. (2018). Research and application of unbalanced data classification. *Computer Applications and Software*, 35(1), 132-136.

Zhou, Z. H., Wu, J. & Tang, W. (2002). Ensembling neural networks: many could be better than all. *Artificial Intelligence*, 137(1-2), 239-263.

İstanbul'da 1990-2018 Yılları Arasındaki Peyzaj Değişimlerinin Coğrafi Bilgi Sistemi Aracılığıyla Kompaktlık Metriklerine Dayalı Analizi

Selvinaz Gülçin Bozkurt*, Melih Başaraner²

¹Biruni Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, 34015, İstanbul.

²Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul.

Genişletilmiş Özet

Hızla artan insan nüfusu ve kentsel genişleme sonucunda, doğal ve kırsal çevreler hızla kentsel ekosistemlere dönüşmektedir. Bu durum peyzajın değişmesine, özellikle doğal alanlarda habitat kaybı ve parçalanmasına neden olmaktadır. Bu çalışmanın ana hedefi, İstanbul'da 1990-2018 yılları arasındaki peyzaj değişimlerinin habitatlar üzerindeki etkisinin coğrafi bilgi sistemi (CBS) aracılığıyla kompaktlık metrikleri kullanılarak analiz edilmesidir. Spesifik olarak, İstanbul peyzajının 1990-2018 yılları arasındaki arazi örtüsü/kullanımı dönüşümünün anlaşılması, peyzajlarda hangi faktörlerin değişime yol açtığı belirlenmesi, habitat parçalanmasının olup olmadığının anlaşılması, habitat parçalanmasının kompaktlık metrikleriyle (endeksleriyle) niceliksel olarak ortaya konması ve kompaktlık metriklerinin klasik peyzaj metrikleriyle karşılaştırıldığında benzer sonuçlar verip vermediğinin incelenmesidir. Bu amaçla, peyzaj mimarlığı ve harita mühendisliği disiplinlerinin kullandığı teknikler ve yöntemler çok disiplinli bir anlayışla kullanılmaktadır. Öte yandan, şehirlerin sürdürülebilirliği açısından çevre ve ekoloji boyutunun planlama aşamalarında daha kapsamlı olarak değerlendirilmesi ve dikkate alınması önemlidir. Bu bağlamda, anılan disiplinler ile şehir ve bölge planlama disiplinin işbirliğiyle daha ayrıntılı mekânsal analizlerin yapılması ve elde edilecek bulguların ışığında mekânsal planlama ilkeleri ve süreçlerinin iyileştirilmesine katkı sağlanması mümkün olabilir.

Konuyla ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Topaloğlu vd. (2021), İstanbul'un Arnavutköy ilçesinde (2009-2019), Doygun (2003), İskenderun-Arsuz kıyı bandında (1972-2000), Benliay (2009), Finike-Kumluca kıyı bandında, Yıldırım (2013), Manavgat Nehri havzası üzerinde (1955-2010), Güneröğlu vd. (2013), Trabzon ve Rize kentlerinde, Coşkun Hepcan vd. (2015) İzmir ili metropol kıyı ilçelerinde (Konak, Bayraklı, Karşıyaka, Çiğli, Balçova, Narlıdere ve Güzelbahçe) (1963-2005), Tağlı vd. (2018), Denizli'de (1987-2013), Atasoy (2018), Osmaniye kentindeki peyzaj değişimlerini ve peyzaj parçalanmasını incelemişlerdir. Ayrıca Bozkurt ve Başaraner (2024), CORINE 1990 ve 2018 arazi örtüsü veri setlerini kullanarak kentsel yayılmanın mekânsal-zamansal dinamiklerinin İstanbul'daki habitatlar üzerindeki etkisini araştırmışlar ve bu kapsamda CBS yardımıyla arazi örtüsü değişim analizi ve arazi örtüsü haritaları oluşturmuş, kentsel büyüme ve yayılmanın ölçülmesi için Shannon entropi yöntemi, habitat kaybı ve parçalanmasının değerlendirilmesi için de peyzaj metrikleri yöntemini uygulamışlardır.

Bu çalışmada, İstanbul'un 1990 ve 2018 yıllarına ait kentsel gelişimine bağlı olarak peyzaj değişimleri kompaktlık metrikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Klasik peyzaj metrikleri bu kapsamda daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bozkurt ve Başaraner (2024)'te kullanılan peyzaj metriklerine alternatif olarak bu çalışmada kompaktlık metrikleri esas alınmış ve değerlendirmeler bu metrikler göre yapılmıştır (Angel et al, 2010; Başaraner ve Çetinkaya, 2017). Çalışmanın ana materyallerini İstanbul'un 1990 ve 2018 yıllarına ait 1:100.000 ölçekli CORINE arazi örtüsü veri setleri oluşturmaktadır. Bu tarihli veriler, Avrupa Birliği Copernicus Arazi İzleme Servisi CORINE Programı kapsamında sağlanan sırasıyla en eski ve en güncel vektör arazi örtüsü verileri olduğu için seçilmiştir. CORINE arazi örtüsü sınıflandırma sistemi, taksonomik yapıda üç düzey içermektedir (Franec, 2016). Bu çalışmada, İstanbul ili 2. düzey arazi örtüsü sınıflandırma sistemi esas alınarak analiz edilmiştir.

Bu çalışma, "Veri Edinimi", "Veri Analizi" ve "Tartışma ve Sonuç" aşamalarından oluşmaktadır. Veri edinimi bölümünde, literatür taramaları yapılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde, veri analizi gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada, geometrik olarak en ayrıntılı düzey olan 3. düzeye karşılık gelen CORINE arazi örtüsü vektör veri setleri, analizde esas alınan 2. düzey semantik sınıflandırmaya göre birleştirme işlemiyle geometrik olarak bu düzeye uyumlu hale getirilmiştir. Ayrıca, İstanbul için daha az geometrik deformasyon üretecek şekilde uygun parametrelerle bir projeksiyon koordinat sistemi oluşturulmuş ve mekânsal veriler bu sisteme dönüştürülmüştür. Ön işlemde geçirilen bu verilere dayalı olarak İstanbul'da 1990 ve 2018 yılları için CORINE 2. düzey arazi örtüsü sınıflarında meydana gelen alansal değişimler ve yüzdeleri hesaplanmıştır. Ayrıca, CORINE 2. düzeye göre arazi örtüsü haritaları oluşturulmuştur. Ardından, habitat parçalanmasını değerlendirmek üzere her iki yıla ait arazi örtüsü sınıfları için kompaktlık metrikleri (*Circularity (CIR)*, *nCohesion endeksi (nCI)*, *nProximity endeksi (nPxi)*, *nExchange endeksi (nEI)*, *nPerimeter endeksi (nPmi)*, *nDepth endeksi (nDpi)*, *nRange endeksi (nRI)*, *nGirth endeksi (nGI)*, *nSpin endeksi (nSI)*, *nTraversal endeksi (nTI)* ve *nDetour endeksi (nDI)*) hesaplanmıştır. Kullanılan bu metriklerin odaklandığı en önemli özellik, en kompakt şeklin daire olarak kabul edilmesi ve farklı yaklaşımlarla mekânsal nesneleri temsil eden çokgenlerin daireden sapmalarını ölçmeleridir. Böylelikle, mekânsal değişimlerle ilgili değerlendirmeler yapılabilir. Çalışmanın son bölümünde, analiz sonuçlarına göre belirtilen yıllar arasındaki peyzaj değişimleri yorumlanarak bu değişimlerin ekosistem üzerindeki olumsuz etkileri vurgulanmış, bu kapsamda alınabilecek önlemler maddeler halinde sıralanmıştır.

* Sorumlu Yazar: Tel: 444 8 276 Faks: (0212) 416 46 46

E-posta: sbozkurt@biruni.edu.tr (Selvinaz Gülçin Bozkurt), mbasaraner@yildiz.edu.tr (Melih Başaraner)

Arazi örtüsü değişim analizine göre, yüzölçümü 546751.94 ha olan İstanbul'un büyük bir kısmı ormanlık, ekilebilir alanlar ve yapay yüzeylerden oluşmaktadır. İstanbul ilindeki arazi örtüsü sınıflarının toplam alan içindeki dağılımı, artış ve azalış oranları son 28 yıllık dönemde dramatik bir şekilde değişmiştir. Alansal artışın özellikle endüstri, ticaret ve ulaşım birimlerinde (%347.91) yaşandığı görülmüştür. Diğerleri, sırasıyla sürekli ürünler (%185.86), karasal bataklıklar (%116.59), şehir yapısı (%44.57), maden, boşaltım ve inşaat sahaları (% 41.71), yapay tarımsal olmayan yeşil alanlar (% 37.62), meralar (% 24.77), karasal sular (% 15.80)'dır. Azalış eğilimi gösteren alanların başında maki ve/veya otsu bitkiler (% 49.35) alanı gelmektedir. Bunu ekilebilir tarım alanları (% 12.95), karışık tarım alanları (% 8.24) ve ormanlık alanlar (% 2.12) izlemektedir (Bozkurt ve Basaraner, 2024).

Kompaktlık endekslerine göre alanda 1990-2018 yılları arasında şehir yapısı, maden boşaltım inşaat sahaları, yapay tarımsal olmayan yeşil alanlar, sürekli ürünler, meralar, karışık tarım alanları, bitki örtüsü az ya da olmayan alanlarda kompaktlığın azaldığı; endüstri ticaret ve ulaşım birimleri, ekilebilir alanlar, ormanlar, maki veya otsu bitkiler gibi arazi sınıflarında kompaktlığın arttığı gözlenmiştir. Bu durum alanda deniz suları hariç tüm arazi sınıflarında kenar türleri için yaşam alanlarının arttığı, iç türler için yaşam alanlarının daraldığı ve bağlantısallığın azaldığını göstermektedir. Genel olarak, bazı alanlarda kompaktlıktaki azalmanın nedeni, kentleşme baskısı ve tarımsal üretimin azalması nedeniyle bu alanların yapılaşmaya açılarak inşaat sahalarına dönüşmesi iken, bazı alanlarda kompaktlıktaki artışın nedeni ise özellikle endüstri, sanayi ve ticaret kuruluşlarının belli bir alanda yoğunlaşması, bozulan ormanlık alanların düzenli olarak ağaçlandırılması ve bitkilendirme çalışmalarının yapılması, baraj ve suni göletlerin artması ve deniz sularının limanlar için düzenlenmesi olarak değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışmada İstanbul'da kentleşme bu hızla devam edecek olursa doğal alanların giderek azalacağı öngörülmüştür. Bununla beraber çalışma alanının daha çok sahil kesimlerinde yoğunlaşan sürekli yerleşimin, zaman içerisinde dağılacağı tespit edilmiştir. Sürekli ürün veren tarım alanları, meralar, karışık tarım alanları, bitki örtüsü az ya da olmayan alanların parçalanacağı gözlenmiştir. Kentin son 28 yıldaki bu değişimleri üzerinde değişen yasalar, iklim koşulları, siyasi dengeler, sosyal değişimler ve ekonominin değişkenliği gibi etkenlerin de etkili olduğu söylenebilir. Ayrıca çalışmada İstanbul'da sürdürülebilir kentsel planlama ve yönetim politikaları uygulanmadığı takdirde, habitatların zarar göreceği veya yok olacağı buna bağlı olarak özellikle iç türlerin yaşam alanlarının azalacağı belirtilmiştir. Bunun önlenmesi için;

- Karasal habitatlarda peyzaj planlama ilkelerinden biri olan “tek ve büyük bir habitat parçası, aynı alana sahip olan birkaç küçük habitat parçasından daha iyidir” ilkesine göre habitat parçalanmalarının önüne geçilmelidir.
- Yama/lekelerin (en küçük homojen peyzaj alanı) birbirleriyle bağlantısı olması amacıyla yeni bağlantı koridorları oluşturulmalı bu amaçla ekolojik köprüler yapılmalıdır.
- Daire ve kare şeklinde olan yamalar, dikdörtgen veya uzun şekilli olan yamalara oranla daha fazla tercih edilmelidir.
- Şehir yapısı planlama ilkelerine uygun olarak inşa edilmeli ve özellikle verimli tarım arazileri üzerine ve akarsu koridorlarına konut yapılmamalıdır.
- Orman, ekilebilir ve karışık tarım alanlarında meydana gelen parçalanma/bölünmeleri ortadan kaldırmalı ve ekolojik denge kontrol altında tutulmalıdır.
- Kenar türler ve iç türleri tehlikeye atacak, parçalanma, kayıp, yangın, kuraklık, sel gibi tehditler yok edilerek, habitatlar korunmalıdır.
- Doğal türlerin yaşadığı alanlar devlet işbirliği ile yasalar yapılarak daha fazla koruma alanları oluşturulmalıdır. Belediyeler, il özel idareleri, diğer kamu kuruluşları, sivil toplum örgütleri ve üniversitelerde koruma ve yaşatmaya yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler

Arazi Örtüsü/Kullanımı, Değişim Analizi, Doğal Kaynak Yönetimi, Habitat Parçalanması, Kompaktlık Metrikleri

Kaynaklar

- Angel, S., Parent, J. & Civco, L. (2010). Ten compactness properties of circles: measuring shape in geography. The Canadian Geographer / Le Géographe canadien, 54(4), 441–461. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0064.2009.00304.x>
- Atasoy, M. (2018). Monitoring the urban green spaces and landscape fragmentation using remote sensing: a case study in Osmaniye, Turkey. Environmental Monitoring Assessment, 190, 713, <https://doi.org/10.1007/s10661-018-7109-1>
- Basaraner, M., Cetinkaya, S. (2017) Performance of shape indices and classification schemes for characterising perceptual shape complexity of building footprints in GIS. International Journal of Geographical Information Science 31(10), 1952-1977. <https://doi.org/10.1080/13658816.2017.1346257>

- Benliay, A. (2009). Peyzaj planı oluşturulması bağlamında Finike – Kumluca kıyı bölgesinin değerlendirilmesi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Bozkurt, S.G., Basaraner, M. (2024). Spatio-temporal investigation of urbanization and its impact on habitat fragmentation in natural ecosystems of Istanbul using Shannon's entropy and landscape metrics in GIS. *Environment, Development and Sustainability*, 26, 26879–26907. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-04410-7>
- Coşkun Hepcan, Ç., Özeren, M., Hepcan, Ş. ve Özkan, M.B. (2015). İzmir ili metropol kıyı ilçelerinin peyzaj yapı analizi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52(3), 353-362. <https://doi.org/10.20289/euzfd.58229>
- Doygun, H. (2003). İskenderun Arsuz (Uluçınar) Kıyı Bandı Örneğinde Kentsel Gelişmeler ve Etkilerinin Sürdürülebilir Alan Kullanımı Açısından İncelenmesi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Adana.
- Feranec, J. (2016). Project CORINE land cover. In J. Feranec, T. Soukup, G. Hazeu, G. Jaffrain (Eds.), *European Landscape Dynamics: CORINE Land Cover Data*, CRC Press, Boca Raton, 37–41.
- Güneroğlu, N., Acar, C., Dihkan M., Karsli, F., Guneroglu, A. (2013). Green corridors and fragmentation in South Eastern Black Sea coastal landscape. *Ocean & Coastal Management* 83(October 2013) 67–74. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.02.025>
- Topaloğlu, R.H., Aksu, A.G., Ghale, Y.A.G., Sertel, E. (2021). High-resolution land use and land cover change analysis using GEOBIA and landscape metrics: A case of Istanbul, Turkey. *Geocarto International*, 37(25), 9071–9097. <https://doi.org/10.1080/10106049.2021.2012273>
- Tagil, S., Gormus, S., Cengiz, S. (2018). The relationship of urban expansion, landscape patterns and ecological processes in Denizli, Turkey. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 46, 1285–1296. <https://doi.org/10.1007/s12524-018-0801-3>

Düşük Maliyetli Lidar Cihazı ile Yapıların 3 Boyutlu Modellenmesi

Yasin Demirel^{1,2}, Tarık Türk^{2*}

¹Bartın Üniversitesi, Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, Bartın.

²Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 58140, Sivas.

Genişletilmiş Özet

Lazer tarama sistemleri bir yapının boyut ve şeklini hızlı ve doğru bir şekilde ölçmek ve üç boyutlu modeller üretmek için sıklıkla kullanılmaktadır. Bu teknolojiler, birçok sektörde geniş uygulama alanı bulmuş olup, özellikle inşaat/mimarlık ve geomatik disiplinlerinde ölçüm süreçlerini hızlandırarak proje maliyetlerini düşürmektedir. Özellikle son zamanlarda popülerliği oldukça artan lazer tarama sistemleri düşük hata payı ve yüksek doğrulukla ölçüm sağlayan modern teknikler arasında yer almaktadır. Yüksek doğruluklu bu sistemler, hata payını azaltmanın yanı sıra, detaylı bir veri akışı sunarak daha güvenilir projelerin oluşturulmasına katkı sağlamaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, kültürel mirasın 3 boyutlu veriler yardımıyla toplanmasında büyük gelişmeler olmuştur. Üç boyutlu veri toplama yöntemlerinin gelişimi, kültürel miras varlıklarının korunmasında çok önemli bir araç haline gelmiştir. Bu süreçlerde detaylı veri elde edilmesi, yapıların gelecek nesillere aktarılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Yıllardan beri kullanımda olan Yersel Lazer Tarama ve fotogrametri sistemleri son yıllarda daha popüler hale gelmiştir. Bu bağlamda akıllı telefonlar, tabletler ve düşük maliyetli sensörler veri toplamayı daha kolay ve uygun fiyatlı hale getirmiştir. Bu cihazlar sayesinde yüksek doğrulukla veri toplanarak, detaylı analizlerin yapılabilmesi mümkün hale gelmiştir. Mobil Haritalama Sistemleri (MMS), büyük ölçekli projelerde mekânsal veri toplamak için yaygın olarak kullanılan bir teknolojidir. MMS, hareketli cihazların lazer tarama veya görüntüleme sensörleri ile donatılmasıyla çalışır ve bu teknoloji, şehir haritalama gibi projelerde etkili olduğu kadar, tarihi yapıların belgelenmesinde de kullanılabilir. Buna ek olarak, MMS sistemleri, esneklikleri ve kullanım kolaylıkları sayesinde birçok farklı uygulama alanında tercih edilmektedir. MMS, sınırlı erişilebilirlik ve eşit olmayan aydınlatma koşulları nedeniyle Yersel Lazer Tarama (TLS) yönteminin neredeyse hiç kullanılmadığı yer altı senaryolarında bile kullanılabilir. Son araştırmalar, unutulmuş tarihi eserleri belgelemek için MMS'in yanı sıra TLS ve Havadan LiDAR Sensörleri (ALS) gibi diğer LiDAR teknolojilerinin de kullanıldığını göstermiştir. Bu sistemlerin ortak kullanımı, özellikle karmaşık coğrafi özelliklere sahip alanların detaylı belgelenmesinde benzersiz avantajlar sunmaktadır. Dijital kameralar ve çoklu kamera LiDAR sistemleri gibi düşük maliyetli sensörler, kültürel mirasın korunması için birçok araştırmacı tarafından inceleme konusu olmuştur. Bu tür cihazlar, düşük maliyetli yapıları ile geniş bir kullanıcı kitlesine hitap ederek kültürel mirasın korunmasına önemli katkılar sağlamaktadır.

Apple cihazlarındaki LiDAR sensörü, 2020 yılında piyasaya sürülmesinden bu yana çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır. Küçük nesneler üzerinde endüstriyel 3D tarama, orman envanteri, kar derinliğinin izlenmesi, kayaların ve uçurumların jeolojik amaçlarla 3B incelenmesi ve insan vücudu ölçümleri gibi alanlarda bu sensör kullanılmaktadır. Apple'ın sunduğu bu teknoloji, lazer taramanın taşınabilir cihazlarla kullanımını sağlayarak birçok araştırmacı ve profesyonel için pratik bir çözüm sunmuştur. Apple, lidar sensörünü iPad Pro serisinin 4. Nesli ve iPhone Pro serisinin 12. Nesli ile piyasaya sürmesi ile Artırılmış Gerçeklik (AR) gibi alanlarda yeni bir seviye yakalamayı amaçlamıştır. Anlık olarak görüş alanı için yüksek çözünürlüklü verileri elde etmek, bir ortamın sürekli olarak anlık haritalamasını sağlayabilir. Mevcut ölçüm teknikleri arasında iPad Pro M4'te bulunan sensörler, kısa bir süre içinde doğru bilgilerin alınmasını sağlayan lazer tarama ve fotogrametri tekniklerinden yararlanır. Bu tekniklerin bir araya gelmesiyle hem zaman hem de maliyet açısından avantajlı sonuçlar elde edilmektedir. Apple'ın bu ürün yelpazesi Lidar teknolojisinin pahalı olmasına karşın mobil cihazlara eklenmiş bir şekilde harici bir maliyet olmaksızın sunulması 3B modelleme çalışmalarını açısından önemli bir avantaj sunmaktadır.

Daha önce yapılan çalışmalarla bakıldığında, tarihi yapıların doğru ve bilimsel bir şekilde belgelenmesinin minimum hata payı ile ölçümleriyle başladığını ortaya koymaktadır. Lazer tarama, mimari yapıların boyut, şekil ve detaylarını hızlı ve doğru bir şekilde kaydederek üç boyutlu modellerin oluşturulmasına olanak tanır. Elde edilen veriler, dijital arşivleme yoluyla geniş kitlelere ulaştırılabilir ve yapıların korunmasına katkıda bulunabilir. Apple ürünleri ile mobil lazer tarama, Lidar özellikli IOS cihazlarının kameralarını kullanarak tarihi yapıların belgelenmesini mümkün kılmıştır. Ayrıca bu tür mobil teknolojiler, kültürel mirasın belgelenmesi sürecinde taşınabilirlik ve kullanım kolaylığı açısından da avantaj sağlamaktadır. Ancak, bu cihazların konum hizmetleri, görüntülerde kaymalara neden olmakta ve taramaların koordinat sistemine yerleştirilmesini zorlaştırmaktadır. Bu yöntemin doğruluğunu artırmak için ek donanım ve yazılımlar gerekmektedir.

Günümüzde IOS işletim sistemine sahip iPhone/iPad Pro cihazlar ile bütünleştirilmiş ViDoc Real Time Kinematic (RTK) antenlerinin kullanılması sonucunda yüksek doğruluklu lazer tarama işlemleri ve 3B konum elde etmek mümkün olabilmektedir. Bu sayede, mobil cihazlarla daha detaylı ve hassas veri toplama imkânı sağlanmaktadır. ViDoc RTK anteni ise Lidar algılayıcıyla donatılmış Apple iPad Pro tablet, iPhone 12 Pro ve iPhone 12 Pro Max ve üst model telefonlara takılabilen bir RTK antenidir. Bu antenin bütünleştirilmesi, lazer tarama cihazlarının çok daha geniş bir kullanım alanına hitap etmesini sağlamaktadır. Literatürde, ViDoc RTK Anteni ile IOS cihazı kullanılarak yapılan

* Sorumlu Yazar: Tel: (0346) 487 2438

E-posta: tarikurk@gmail.com (Tarık Türk), ysnmdmr158@gmail.com (Yasin Demirel)

taramalar değerlendirilmiş, tarihi yapıların ölçüm aşamaları incelenmiş, elde edilen verilerin kullanımı ve yöntemin avantajları ile dezavantajları tartışılmıştır. Bu tür çalışmalar, ilerleyen süreçlerde daha büyük veri kümelerinin daha hassas analizler ile işlenmesine olanak tanıyacaktır fakat mevcut halde yüksek konumsal doğrulukla hassas modellemelerin yapılabilmesine karşın özellikle yüksek yapıların uç kısımlarını modellenmesinde birtakım zorlukların bulunduğu vurgulanmıştır. Benzer şekilde yapılan diğer bir çalışmada Iphone 15 Pro'yu harici bir GNSS sensörü olmaksızın ViDoc RTK anteni ile birlikte kullanarak elde edilen veri setlerinin doğruluğu üzerinde araştırmalar yapılmış ve RTK anteni kullanımının cm düzeyinde konumsal doğruluk sağlarken ölçüm süreci ve ekipman yükünü oldukça kolaylaştırdığı ortaya konulmuştur. Bununla birlikte, RTK antenlerinin sunduğu bu hassasiyet, projelerdeki hataları en aza indirmek için oldukça önemlidir. Lidar sensörüne sahip iPad Pro cihazı ile bütünleştirilmiş ViDoc RTK anteni yardımıyla TUSAGA Aktif (CORS) istasyonlarından anlık düzeltme bilgileri alınarak RTK yöntemi ile anlık 3 boyutlu konum bilgileri elde edilebilmektedir. Bu anlık veri akışı, projelerde gerçek zamanlı veri analizi imkânı sunarak, projelerin hızlı ve güvenilir bir şekilde tamamlanmasına katkıda bulunmaktadır. ViDoc RTK anteni, hassas konum belirleme sürecinin önemli bir bileşenidir ve iPad'de dahili olarak bulunan GNSS alıcısının koordinat belirleme sürecinin doğruluğunu artırmak için TUSAGA aktif (CORS) sisteminin bütünleşik kullanımı ile gerçek zamanlı kinematik (RTK) konumlandırma sağlanmaktadır. Kısaca TUSAGA Aktif (CORS) sistemi ülkemizde yeterli sayıda GNSS uydusu görebildiği ve iletişim imkanlarının mümkün olduğu yerlerde herhangi bir yer ve zamanda, birkaç saniye içerisinde santimetre doğruluğunda gerçek zamanlı coğrafi konum bilgisi elde etmek amacıyla kurulmuş ve faaliyetini sürdüren bir sistemdir. Bu sistemin etkin kullanımı, ülkemizde hassas konumlandırma projelerine önemli katkılar sağlamaktadır. Bu bağlamda CORS istasyonları uydulardan gelen sinyalleri ViDoc RTK alıcısına iletebilmekte ve bu verilerin kullanılmasıyla santimetre düzeyinde konumlandırma elde edilebilmektedir.

Bu çalışmada, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi yerleşkesinde iPad Pro ile bütünleştirilmiş ViDoc RTK anteni yardımıyla Açık Hava Tiyatro Sahnesi'nin ve yüksek bir saat kulesinin modellenmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Pix4D Catch yazılımı ile belirlenen çalışma alanında taramalar gerçekleştirilerek kullanılan sistemin kullanım kolaylıkları, 2B ve 3B konum hassasiyetleri, düzlemsel ve kule gibi yapıların modellenmesinde kullanımının olumlu ve olumsuz yönleri tartışılmıştır. Sonuç olarak, bu tür sistemlerin ileride geliştirilmesiyle 3B modelleme çalışmalarında daha avantajlı hale getirilebileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler

Lidar, ViDoc RTK, 3B Modelleme, Yapı Bilgi Modellemesi

tmmob

8. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi

Uzamsal Zekâ ile Kolektif Bilinç



Poster Sunumlar



TMMOB 8. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ KONGRESİ
20 - 22 KASIM 2024

İzmir Büyükşehir Belediyesi Parselasyon Planı Bilgi Sistemi (PARBİS)

Dr.Gökhan Gündüzoğlu^{1,*}, Vuslat Ayça Duman Kaya², Mehmet Erenoğlu² Okan Köletelioğlu², Çağlar Üçeş

¹İzmir Büyükşehir Belediyesi Kent Bilgi Sistemleri, ⁵İzmir Büyükşehir Belediyesi Coğrafi Bilgi Sistemleri Müdürlüğü

Genişletilmiş Özet

Arsa ve arazi düzenlemeleri imar planlarının uygulanabilmesi için kullanılan en önemli yöntemlerden birisidir. Bu yöntem teknik olarak İmar planı sınırları içerisinde mevcut durumu ile yapı yapmaya elverişli olmayan binalı ya da binasız kadastro parsellerinin, imar planları ile öngörülen kullanım ve yoğunluk kararları açısından yapılanmaya elverişli duruma getirilmesi şeklinde tanımlanmaktadır (Ersoy, 2000). Bu yöntemin temel amacı imar planlarında belirlenen imar adalarında bağımsız yapı yapmaya elverişli imar parsellerinin üretilmesi ve İmar planında belirlenen sosyal donatı alanlarının kamu yararı ilkesi doğrultusunda kamu eline geçmesini sağlamaktır. 3194 sayılı imar kanununun 18. Maddesi kapsamında yapılan bu uygulamalar sonucunda yeteri kadar arsa konut yapımına hazır duruma getirilmektedir.

5216 sayılı yasanın yürürlüğe girmesi sonrasında 3194 sayılı yasa kapsamında yapılan parselasyon planlarının onama yetkisi Büyükşehir Belediyelerine verilmiştir. Bu bağlamda ilçe Belediyeleri tarafından onaylanan parselasyon planları ilgili yasa kapsamında gerekli onama işlemlerinin yapılması için Büyükşehir Belediyelerine gönderilmektedir. Parselasyon planları gerek hukuki gerekse teknik açıdan birçok konuyu içermektedir. Parselasyon planlarına askı süresi içerisinde yapılan itirazların değerlendirilmesi, parselasyon planlarının tescili sonrasında açılan iptal davaları, parselasyon planı yapılması planlanan alan çevresinde daha önce yapılan parselasyon planlarına ait verilere ihtiyaç duyulması gibi etmenler parselasyon planlarının bütünde değerlendirilmesi ihtiyacını ortaya çıkartmaktadır.

İzmir Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde 30 ilçe yer almaktadır. Bu 30 ilçenin tamamında 3194 sayılı yasanın 18. maddesi kapsamında parselasyon planları yapılmaktadır. İlçe Belediye Encümenlerince onaylanan parselasyon planları 5216 sayılı yasanın 7/c maddesi kapsamında onaylanmak üzere İzmir Büyükşehir Belediye Başkanlığına gönderilmektedir. İzmir Büyükşehir Belediyesi bünyesinde kurulmuş olan Kent Bilgi Sistemleri Daire Başkanlığına yılda ortalama 200 parselasyon planı gerekli teknik kontrollerin yapıp Belediye Encümen kararı alınmak üzere gönderilmektedir. Parselasyon planlarının her aşamasında gerekli onama işlemlerinin Kent Bilgi Sistemleri Daire Başkanlığınca onaylandığı göz önüne alındığında ilçe sınırları içerisinde yer alan 30 ilçe tarafından yapılan parselasyon planlarının yönetilmesi için bir bilgi sistemi tasarlanması ihtiyacını ortaya çıkartmaktadır.

Bilgi sahibi olmanın güç sahibi olmak anlamına geldiği günümüzde bilgi teknolojilerinin etkili bir şekilde kullanılması kamu bünyesinde önemli rol oynamaktadır (Tataroğlu, 2007). Verilerin depolanması, düzenlemesi, paylaşımı, yeniden değerlendirilmesi ve analizi gibi karar destek sistemlerinin oluşumunu sağlayan konuların yapılabilirliği Bilgisayar teknolojisinde meydana gelen gelişmeler ile birlikte artış göstermiştir (Aras vd., 2011). Parselasyon planlarının hem teknik hem de hukuki unsurlar barındırması sebebi ile sözel ve sayısal bilgilerin birlikte işlendiği, sorgulandığı birbiri ile ilişkili olduğu Parselasyon Planı Bilgi Sistemi (PARBİS) oluşturulmuştur. Bu sistemin oluşturulması için ilk olarak ilgili yasada belirtilen parselasyon planlarına ilişkin iş akış süreçleri analiz edilmiştir. Yapılan analizin ardından sistemde hangi sözel verilerin tutulması gerektiği, bu verilerin hangi veri yapısında olması gerektiğinin belirlenmesi için Kent Bilgi Sistemleri Daire Başkanlığı bünyesinde parselasyon planı kontrol eden harita mühendislerine anket yapılmış, yapılan anket sonucunda sistemde hangi sözel bilgilerin olması gerektiği belirlenmiştir. Ayrıca Parselasyon planlarının iş akışlarına ilişkin veri setlerinin belirlenebilmesi için üst yöneticilerle gerekli görüşmeler yapılmış; iş akış süreçleri metinleri oluşturulmuştur. Daha sonra CAD yazılımında yazılım geliştirici kullanılarak (.net) ortamında c# dili ile eklenti ara yüzü geliştirilmiştir. Geliştirilen bu arayüz kullanılarak girilen sözel veriler ile sayısallaştırılan geometriler oracle veri tabanında eşleştirilmiştir. Parselasyon planlarının takibi, analizi ve üst yöneticilere sunumu gibi işlemlerin web tabanlı sorgulanabilmesi için ayrıca web tabanlı bir sistem oluşturulmuştur. Bu sistem ise ArcGIS javascript api ile tamamen kullanıcı dostu olarak geliştirilmiş, web tabanlı ve responsive sorgulama ekranları yardımı ile kullanıcılara rest servis üzerinden sunulmaktadır. İzmir Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde yer alan 30 ilçede 3194 sayılı yasa kapsamında yapılan ve onaylanmak üzere İzmir Büyükşehir Belediyesine gönderilen tüm parselasyon planları bu sisteme işlenmektedir. Parselasyon planına ait düzenleme sahası, yeni oluşacak imar ada ve parselleri grafik veri olarak bu sisteme girilmektedir. Daha sonra düzenleme sahasına ilişkin alınan encümen kararları, parselasyon planını onaylayan ilçe Belediye encümen kararı gibi bilgiler sözel tarafta girilmektedir. Ayrıca bu sistemde Büyükşehir Belediyesi tarafından yürütülen iş akışları belirtilmektedir. Böylelikle parselasyon planının kontrol sürecinin hangi aşamada olduğu üst yöneticiler tarafından takip edilebilmektedir. Parselasyon planının Büyükşehir Belediye Encümenince onaylanıp gerekli askı süreçlerinin başlatılması için ilçe belediyelerine gönderilmesi aşamasında bu durum sistemde işaretlenmektedir. Parselasyon planının Tapu Müdürlükleri nezdinde tescili sonrasında yine sisteme planın tesciline ilişkin gerekli veri girilmektedir. Ayrıca parselasyon planlarının tescili sonrasında plana ait onaylı durum haritası, dağıtım cetveli, ölçü krokileri .pdf formatında sisteme yüklenmektedir. Bu şekilde dijital arşiv sistemine veri temini sağlanmaktadır. Bu şekilde

* Gökhan Gündüzoğlu, E-posta: gokhangunduzoglu@izmir.bel.tr (Gökhan Gündüzoğlu), @izmir.bel.tr (Ayça Duman Kaya), @izmir.bel.tr (Çağlar Üçeş), @izmir.bel.tr (Mehmet Erenoğlu)

parselasyon planının iptali yönünde dava açılması halinde kurum tarafından yazılacak olan savunmaya esas veri sağlanmaktadır.

Bilindiği üzere parselasyon planları ilgililerinin tetkiki için 1 ay süre ile askıya çıkartılmaktadır. Askı süresi içerisinde parselasyon planlarına parsel maliklerince itirazda bulunulmakta, yapılan itirazlar belediye encümenlerince değerlendirilmektedir. İlgili yasa gereği yapılan itirazların değerlendirilmesi yine Büyükşehir Belediyeleri yetkisindedir. Askı süresi sonunda ilçelere gelen itirazlar gerekli onama işlemleri için yine Belediyemize gönderilmektedir. Parselasyon planlarının iptali yönünde idari yargı nezdinde açılması muhtemel davalarda kurum görüşümüze altlık teşkil edecek şekilde maliklerce yapılan itirazlar PARBİS sistemine girilmektedir. Web tabanlı hazırlanan gerek İzmir Büyükşehir Belediyesi kullanıcı kent rehberinde gerekse yönetici kent rehberinde yetki tanımı yapılan kullanıcılar tarafından parselasyon planlarına ilişkin her türlü sorgu yapılabilmesi mümkün hale getirilmiştir. Örneğin herhangi bir ilçede belirli bir zaman periyodunda onaylanan veya tescil edilen parselasyon planları bu sistem ile hızlı bir şekilde sorgulanabilmektedir. Parselasyon planlarının iptali sonrasında yapılan geriye dönüş planları ile bu alanda yapılacak yeni parselasyon planları farklı plan numaraları ile yine sisteme girilmektedir. Yapılan sorgulamalarda bir alanda daha önce yapılan ancak herhangi bir sebeple iptal edilen parselasyon planı sistemde ayrıca gösterilmektedir. Her iki parselasyon planı birbiri ile konumsal olarak ilişkilendirilmektedir. Böylelikle yeni parselasyon planı yapılması halinde eski plan altlık olarak kullanılabilir. Ayrıca derdest olan davalarda verilen yürütmeyi durdurma kararları bu sisteme işlenerek yürütmenin durdurulması kararı verilen planların sorgulanması durumunda uyarı ekranı ile kullanıcı bilgilendirilmektedir. Yine parselasyon planlarının mahkeme kararı ile iptal edilmesi durumunda iptal sebepleri sisteme girilmektedir. Yapay zekâ kavramının birçok uygulamada kullanıldığı göz önüne alındığında; parselasyon planlarının bozulma sebepleri belirli bir düzende girilmekte; ileride yapılması muhtemel yapay zekâ projelerinde kullanılmak üzere altlık oluşturulmaktadır. PARBİS sisteminin web tabanlı sorgulanabilmesi ile birlikte gerek üst yöneticiler gerekse kullanıcılar tarafından planın hangi aşamada olduğu bilgisi sorgulanabilmekte, bürokratik işlemler de ayrıca takip edilebilmektedir. İzmir Büyükşehir Belediyesi bünyesinde kullanılan PARBİS sisteminin geliştirilmesi için çalışmalar devam etmektedir. Sisteme verilerin ilçe belediyelerce girilmesi; parselasyon planının üst yazı ile Elektronik Belge Yönetim Sistemi (EBYS) ile gönderilmesi sırasında ilçenin PARBİS sistemine giriş yapmasının zorunlu hale getirilmesi gibi çalışmalar devam etmektedir. Bu sistemin ilçe belediyelerce de kullanılmaya başlanması, parselasyon planlarının onama işlemi için Büyükşehir Belediyesine gönderilmeden önce sisteme yüklenmesi halinde parselasyon planlarının kontrol süreçlerinde azalma meydana gelecektir.

Anahtar Kelimeler

Mekânsal Web Servisleri, Parselasyon planları, Açık Bağlantılı Veri, PARBİS, CBS Proje Yönetimi

Kaynakça

- Aras, İ., & Yıldız, F. (2011). İnternet tabanlı CBS'nin sivil ve askerî amaçlı acil durum uygulamalarında kullanılmasında yeni bir yaklaşım. *Harita Dergisi*, 145, 38-51.
- Ersoy, M. (2000) İmar Planı Uygulamalarında Düzenleme İşlemi, Mekân Planlama ve Yargı Denetimi, Yargı Yayınevi, Ankara
- Tataroğlu, M., 2007, "Kamu Yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Teknolojisi ve Etik", Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar, 44 (513):47-61

İstanbul İlinde Kampüs Yapısına Sahip Hastanelerde Mekansal Sorunlar Ve Mekansal Veri Kalitesi

Özgür Elmas^{1,*}, Rahmi Nurhan Çelik¹

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul.

Geniştirilmiş Özet

Amaç; Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), yeryüzüne ait uzamsal/mekânsal verilerin elde edilmesi, güvenli bir şekilde depolanması, işlenmesi, görüntülenmesi ve kullanıcıların kullanımına sunulmasını içeren tüm araç ve uygulamaları içerir (1). Kuşkusuz, CBS'nin en önemli bileşeni farklı kaynaklar kullanılarak üretilen veriler oluşturmaktadır. Bu nedenle verinin elde edilmesi, düzenlenip işlenmesi, kayıt altına alınması, işlenip kullanıcılara sunulacak hale getirilmesi prosedürlerine ilişkin uygun ve kullanışlı standartlarının geliştirilip uygulanması büyük önem taşımaktadır (2). Uzamsal/Mekansal Veri Altyapısı (MVA) sayesinde, mevcut verilere en kısa sürede ulaşılarak, oluşturulan yeni verilerin kullanıcıların paylaşımına sunulması mümkün olur (3, 4). MVA'larda kullanılan web servis ve portal gibi teknolojiler, sayısal halde elde edilen verilerin tekrar tekrar üretilmesinin önüne geçerek, mevcut verinin verimli ve etkin bir şekilde kullanılmasını sağlar (5). Uzamsal/Mekansal verinin kalitesi, kullanım amacına uygunluğu ve kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamadaki yeterliliği ile yakından ilgilidir (6). Uzamsal/Mekansal Bilgi Sisteminin yeterli kalitede olması, kullanıcıların arzu ettikleri doğru sonuçları almasına büyük katkı sunar (7).

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknolojilerinin önemli uygulama alanlardan birini, sağlıkla ilgili planlama ve yönetsel süreçler oluşturmaktadır (8). Sağlıkla ilgili uygulamanın ilkinin, 1854 Londra kolera salgını sırasında Dr. John Snow'un salgının bulaşma yolu olarak kirli suyu tanımlamasını sağlayan, noktasal harita yapım yöntemi ile kolera ölümlerini gösterildiği haritası olduğu kabul edilmektedir (9).

Bu çalışmada, sağlık hizmet sunumunda veri kalitesini değerlendirebilmek üzere, İstanbul ilinde kampüs yapılanmasına sahip üniversite hastanelerinin yönetici pozisyonunda görev almış kişilerle görüşmeler yapılarak, hastane birimlerinin mekânsal yerleşim durumları, aranan birimlere ulaşımında yaşanan sorunlar, bu sorunların aşılması için sunulan kolaylaştırıcı imkan ve seçenekler ile uzamsal/mekânsal veri sistemlerinin mevcudiyeti sorgulanarak, hastanelerin mekânsal yeterlilik durumları ve uzamsal/mekansal veri alt yapısı değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın amacını, doğru mekansal analiz yöntemi sayesinde, devlet ve özel kurumlarının sağlık alanında gösterdikleri hizmet sunumunda daha etkin kaynak kullanımı ve hastaların hastane hizmetlerine en verimli şekilde ulaşmasına katkı sağlayıcı yaklaşımların belirlenmesi oluşturmaktadır.

Gereç ve Yöntem: Sağlık hizmet sunumunda veri kalitesini değerlendirebilmek amacıyla, İstanbul ilinde kampüs yapılanmasına sahip olan biri devlet üniversitesine bağlı tıp fakültesi hastanesi (DTFH), diğeri vakıf üniversitesine bağlı tıp fakültesi hastanesi (VTFH) ile bir şehir hastanesi (ŞH) seçilerek, bu hastanelerde yönetici pozisyonunda (Başhekim Yardımcısı) görev almış kişilerle görüşmeler yapılarak, hastanelerin mekânsal yeterlilik durumları ve konumsal veri altapı kalitesi değerlendirilmiştir.

Bulgular: Hastane kampüsüne giriş ve aranan ünitelere ulaşım imkanları sorgulandığında;

- Özel oto, yük araçları ve ambulans ile yaya girişine imkan veren geçiş kapılarının yeterlilik düzeyi; DTFH'de orta, VTFH ve ŞH'de iyi düzeyde olduğu,
- Sağlık ünitelerinin kampüs ana girişlerine göre mesafe ve konumları ile otoparkların yeterlilik durumu; DTFH'de orta, VTFH ve ŞH'de iyi düzeyde olduğu,
- Aranan mekanları bulmayı kolaylaştırıcı ve yönlendirici tabelaların yeterlilik durumu DTFH ve VTFH'de orta, ŞH'de iyi düzeyde olduğu,
- Hastane duvarlarında birimlerin yerini gösteren harita, plan veya kroki gibi uygulamaların yeterlilik durumu DTFH'de yetersiz, VTFH ve ŞH'de iyi düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Uzamsal/Mekansal Bilgi Sistemi sorgulandığında;

- Hastane yönetimi ile çalışanlarının kullanımına açık, yerleşim koordinatlarının görülebildiği Uzamsal/Mekansal Bilgi Sisteminin DTFH ve VTFH'de mevcut olmadığı, ŞH'de mevcut olduğu ancak aktif kullanımda olmadığı,
- Mekansal değişimlerin takibi ve bilgi sistemine kayıt durumu DTFH'de olmadığı, VTFH ve ŞH'de iyi düzeyde olduğu,
- Mekânsal yerleşim plan ve krokilerin mevcudiyeti ve koordinatlarının plana işleme durumunun DTFH'de olmadığı, ŞH'de iyi, VTFH orta yeterlilik düzeyinde olduğu,
- Sağlık birimleri, çalışan odaları vb. yerlerin koordinatlarının varlığı, hastanenin drone ile görüntüleme ve koordinatlandırma durumu ile hastanenin 3 boyutlu (3D) panoramik fotoğraflarının çekilme durumunun DTFH ve VTFH'de olmadığı, ŞH'de iyi düzeyde mevcut olduğu,
- Acil durum çıkışları, yangın söndürme talimatları, güvenlik kameralarının görünen yerlerde ve uzamsal/mekansal bilgi sistemindeki kayıt durumunun her üç hastanede iyi düzeyde olduğu belirtilmiştir.

Mekansal alanların ve mekânsal hizmetlerin yeterlilik durumu sorgulandığında;

- Hastane kampüs alanı yeterlilik durumu DTFH ve VTFH’de orta, ŞH’de iyi düzeyde olduğu.
- Yürüyüş yolları ve engelli erişim alanları durumu DTFH’de yetersiz iken, VTFH ve ŞH’de iyi düzeyde olduğu,
- Engelli veya yaşlı hastaların evinden alınmasıyla ilgili üç hastanede de herhangi bir uygulamanın olmadığı,
- Hastane tedarik mal dağıtımında mekânsal yeterlilik durumu her üç hastanede iyi düzeyde olduğu,
- Hastane içinde veya yakınında taksi durağı DTFH’de olmamasına karşın, VTFH ve ŞH’de mevcut olduğu,
- Hastaların birimleri arasında taşınmasında kolaylık sağlama düzeyi, DTFH ve VTFH’de orta, ŞH’de iyi düzeyde olduğu,
- Hastalar için hastane içinde ring veya servis sistemi, DTFH ve VTFH’de orta, ŞH’de iyi düzeyde olduğu,
- VTFH ve ŞH’nin tek kampüs halinde olduğu
- Çalışanlar için ev servislerinin her üç hastanede iyi düzeyde olduğu belirtilmiştir.

Uzamsal/Mekansal bilgi sistemine yönetsel yaklaşımlar sorgulandığında;

- Google haritalar gibi sistemlerde hastane tek bir nokta olarak işaretlenseydi, en uygun yer; DTFH yanıtı başhekimlik ve dekanlık binaları, ŞH’nin yanıtı Acil veya Başhekimlik, VTFH yanıtı ise hastane ana girişi olarak belirtilmiştir.
- Bir hastane yöneticisinin hangi uzamsal/mekansal bilgilere ihtiyaç duyar sorusunu; DTFH güvenlik düzeyi, bölümlerin mekânsal ihtiyaç ve yeterlilik durumunu, ŞH yerleşimlerin dağılım durumunu, VTFH ise mekansal alan büyüklükleri, birimler arası ve kritik alanlar arası uzaklık ve hasta transferinin kolaylık durumu olduğunu belirtmiştir.
- Kampüs Uzamsal/Mekansal Bilgi Sistemleri Sağlık Bakanlığı ile entegre olması konusunun yararı sorgulandığında; DTFH hasta yataklarının doluluk durumu gibi konularda kısmi entegrasyon olduğunu, ŞH yatan hastaların hastanede içi dolaşımını gösteren RFID sistemi mevcut olduğunu, VTFH ise fikrinin olmadığını belirtmiştir.
- Bir hastanede Uzamsal/Mekansal Bilgi Sisteminin eksikliği çok büyük problem oluşturuyor mu ve maliyeti sorusuna; DTFH ve ŞH gerekli ve maliyetli olduğunu belirtirken, VTFH acil durumlarda hasta ve tıbbi malzeme taşınmasında ciddi problemler yaşandığını belirtmiştir.
- Sormadan, aranan mekânı kolaylıkla bulunabildiği bir sistemi DTFH ve VTFH önerirken, ŞH böyle bir sistemin şu an mevcut olduğunu belirtmiştir.
- Hastane mevcut alanlarının yeterli durumuna, ŞH şu an yeterli diye yanıt verirken, DTFH ve VTFH yeni alanlara ihtiyaç olduğunu belirtmiştir.

Sonuçlar: DTFH kampüs binaları, 17 Ağustos 1999 Gölcük depreminden ciddi boyutta etkilenmiş bu nedenle daha az etkilenen tarihsel binalar dışında kalan tüm binalar yeniden yerinde yapılanma sürecine girmiştir. Bu durum, DTFH kampüsünde yaşanan mekansal sıkıntıların ve veri kalitesindeki yetersizliklerin temel nedeni olarak değerlendirilmektedir. Buna karşın, VTFH ve ŞH kampüsleri deprem sonrası süreçte yapılanmış olduğundan depremden etkilenmemiş, depremin neden olduğu yapısal sorun karmaşasını yaşamamışlardır. VTFH ve ŞH kampüs binaları, DTFH kampüsünden farklı olarak, kurulduğu andan itibaren, bir sağlık kompleksinin gerektirdiği ihtiyaçlar göz önünde tutularak yapılanmış olup, bu durumun yansıması olarak veri altyapısına ilişkin sorunların daha alt düzeyde olduğu belirlenmiştir. DTFH kampüsündeki mekanların rahat ve hızlı bir şekilde bulunabilmesini kolaylaştırıcı ve yönlendirici tabela, harita, plan veya kroki gibi uygulamadaki yetersizliklerin, yapılanma sürecinin tamamlanmasına paralel olarak giderilmesi beklenmektedir. Hastane yönetimi ve hastane çalışanlarının kullanımına açık, yerleşim koordinatlarının görülebildiği Uzamsal/Mekansal Bilgi Sisteminin DTFH ve VTFH’de mevcut olmaması, ŞH’de mevcut olduğu halde aktif olarak kullanmıyor olması, esasen maddi imkan ve ödeneklerle çözümlenebilecek sorunlar olarak değerlendirilmektedir. Mekansal değişimlerin takibi ve bilgi sistemine kayıt durumu ile mekânsal yerleşim koordinatlarının plana işleme durumu da benzer bir yaklaşımla çözümlenebilecek sorunlar olarak ele alınabilir. Sağlık birimleri, çalışan odaları vb. yerleşim mekansal koordinatlarının mevcudiyeti, kampüsün drone ile görüntüleme ve koordinatlandırma durumu ve 3 boyutlu panoramik görüntülerinin ve yapı modelinin elde edilme durumu geniş mekânsal alanlara sahip ŞH kampüsünde iyi düzeyde olduğu belirlenmiştir. Yürüyüş yolları ve engelli erişim alanları, taksi durağı, otopark gibi konularda yaşanan yetersizliklerin doğrudan mekânsal yetersizlikle ilgili olduğu değerlendirilmektedir. Hastane kampüslerindeki mekansal sorunların çözümlenmesi, beraberinde KVA’nın güçlenmesi ve uzamsal/mekânsal veri kalitesinin artmasına yol açacağı, bunun ise yönetim iş yükünün önemli ölçüde azaltacağı ve hastane çalışanları ile hasta memnuniyetini ise orantısız olarak artıracığı beklenmektedir. KVA, gerek ulusal düzeyde gerekse bölgesel ve küresel düzeyde karar vericilere yol gösterici bir rol oynamaktadır. Buradaki temel yaklaşımı; coğrafi veri ve bilginin üretilmesi, güncelliğinin sağlanması, erişim ve güvenliğinin sağlanması, paylaşılması ve dağıtımına ilişkin usul, esas ve standartlara uyulmasıdır (10).

Anahtar Kelimeler

Hastanelerde Mekansal Sorunlar, Mekansal Veri Kalitesi

Kaynaklar

1. Drummond, W.J. ve French, S.P. (2008). The Future of GIS in Planning: Converging Technologies and Diverging Interests. Journal of the American Planning Association, 74, 161-174.
2. ISO/TS 19139-1:2019 Geographic information XML schema implementation, <https://www.iso.org/standard/67253.html> , 2024
3. Güney C, Doğru AÖ , Başaraner Melih, Çelik R N , Uluğtekin N, Özlüdemir T , Keskin M. (2015) “TUCBS Açmazı” ve Açık Bir Ulusal Mekansal Veri Altyapısına Yönelim, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 25-28 Mart 2015, Ankara.
4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Hakkında Cumhurbaşkanlığı 49 Sayılı Kararnamesi, Resmî Gazete, Sayı: 30941, 7.11. 2019
5. WFS (Web Feature Service), Open Geospatial Consortium (OGC), <https://www.ogc.org/standard/wfs/>
6. Demirel H, (2009) Kullanıcı Odaklı Mekansal Veri Kalitesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 12.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 11-15 Mayıs 2009, Ankara.
7. Demirel H., Altan M.O., (2005) Mekansal Veri Kalitesinde Güncel Yaklaşımlar, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart - 1 Nisan 2005, Ankara.
8. Ambulance Response Times, Nuffield Trust, QualityWatch (The Nuffield Trust is an independent health think tank), <https://www.nuffieldtrust.org.uk/resource/ambulance-response-times>
9. Snow J., (1854) John Snow's Cholera Map, <https://education.nationalgeographic.org/resource/mapping-a-london-epidemic/>
10. Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, Türkiye

Açık İşletme Maden Sahası Harita ve Harita Bilgilerinin RTK/PPK Özellikli ve RTK/PPK Özelliği Olmayan İHA Kullanılarak Üretilmesi ve Ürünlerin Karşılaştırılması

Feyzi Kantar^{*1}, Murat Akın, Uğur Yaman¹

¹YMN Proje Geliştirme Orman San.Ltd.Şti., Emek Mahallesi 16.Cad. Erim İş Merkezi, No:15/11, Çankaya 06490, Ankara.

Genişletilmiş Özet

Maden sahalarının imalat ve halihazır haritaları, Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG) Harita Standartlarına uygun olarak yersel veya fotogrametrik yöntemlerle üretilmektedir. Yersel ölçülerle harita üretiminde istenilen hassasiyetin elde edilebilmesi için gereken personel sayısı, risk, süre ve maliyetin yüksek oluşu yöntemin uygulanabilirliğini düşürmektedir. Bu nedenle, maden sahalarının haritalanmasında genellikle fotogrametrik yöntem kullanılmaktadır.

Fotogrametri, üç boyutlu objelerin geometrik ve radyometrik parametrelerinin iki boyutlu fotoğraflar yardımıyla elde edilme bilim ve teknolojisidir. Fotogrametrik harita üretimi yönteminde, coğrafi detayların konum, geometrik ve radyometrik özellikleri fotoğraflar üzerinden yapılan ölçme ve kıymetlendirme çalışmasıyla belirlenmektedir (Ankara Üniversitesi Açık Ders Malzemeleri, (t.y.)).

Fotogrametri yönteminde kullanılan dijital fotoğraflar günümüzde hava kamerası yerleştirilen uçaklar ve insansız hava araçları (İHA) ile çekilmektedir. Elde edilen ürün bakımından karşılaştırıldığında hava kamerası fotogrametrisi ile İHA fotogrametrisi benzerlik gösterse de izlenen işlem adımları arasında çeşitli farklılıklar mevcuttur. Bu farklılıkların esas nedeni, klasik fotogrametrinin geometrik ve matematik temellere dayanırken İHA fotogrametrisinin bilgisayar destekli nesne tanıma ve sık nokta bulutundan katı model oluşturmaya yarayan görüntü eşleme ve geometrik dönüşüm algoritmalarına dayanmasıdır (Torun, 2016).

Madencilik, tarım ve orman, hava fotoğraf alımı, tarihi ve turistik yerlerin 3B modellerinin oluşturulması gibi çalışmalarda İHA fotogrametrisine sıklıkla başvurulmaktadır. Geleneksel haritalama yöntemlerine kıyasla daha fazla esneklik sunan İHA fotogrametrisi yönteminde arazi çalışması daha kısa sürede tamamlanırken önemli maliyet avantajları da elde edilmektedir (Gül, Poyraz ve Hastaoglu, 2019; Ulvi, 2021).

İHA fotogrametrisi yönteminde fotoğraf alımında sabit kanatlı ve döner kanatlı İHA'lar kullanılmaktadır. Sabit kanatlı İHA'lar uzun süre havada kalabilmekte ve kısa sürede daha büyük bir alanın fotoğrafını alabilmektedir. Döner kanatlı İHA'lar ise havada sabit kalabilme ve yüksek manevra kabiliyetlerine sahiptirler (ADA İHA, (t.y.)).

Ulvi (2021) çalışmasında, İHA fotogrametrisiyle harita üretiminde döner kanatlı İHA ve sabit kanatlı İHA kullanımını maliyet açısından karşılaştırmış ve sabit kanatlı İHA kullanımıyla üretilen haritanın maliyetinin %38.91 oranında daha yüksek olduğunu belirlemiştir. Bu farkın temel sebebi sabit kanatlı İHA temin bedelinin döner kanatlı İHA'ya göre daha yüksek oluşudur.

Bu çalışmada, açık işletme maden sahası haritasının İHA Fotogrametrisi yöntemiyle üretiminde Gerçek Zamanlı Kinematik/Post-Process Kinematik (RTK/PPK) konum belirleme özelliği olan ve olmayan döner kanatlı insansız hava aracı kullanımı karşılaştırılmıştır. Her iki üretimde de MAPEG tarafından belirlenen standartlara uyulmuş ve elde edilen doğruluk karşılaştırılmıştır.

Çalışmada, ilk olarak RTK/PPK özelliği olmayan bir İHA kullanılarak İHA Fotogrametrisi yöntemiyle imalat haritası üretilen açık işletme maden sahasında bir yıl sonra RTK/PPK özelliği olan başka bir İHA ve aynı yöntem kullanılarak tekrar imalat haritası üretilmiştir. Her iki haritanın üretiminde de aşağıdaki iş akışı izlenmiştir.

Hazırlık çalışmaları

- İşletme ruhsat alanı ve işletme izin alanı koordinatlarının ve diğer bilgilerin Yetkilendirilmiş Tüzel Kişi (YTK) firmasından alınması
- Haritalanacak alana göre tesis edilecek sabit istasyon, yer kontrol noktaları (YKN) ve kontrol noktalarının (KN) konumlarının planlanması
- Meteorolojik koşulların değerlendirilerek uçuş gün ve saatinin planlanması
- İHA'nın görev için hazırlanması (bataryaların şarj edilmesi, hafıza kartının formatlanması vb.)
- Uçuş planının yapılması

Yersel ölçmeler

- RTK yönteminde kullanılacak sabit istasyonun koordinatının CORS-TR üzerinden belirlenmesi
- Olası PPK kullanım ihtiyacı nedeniyle sabit istasyonda GNSS ham veri kaydının başlatılması
- YKN ve KN'lerin zemine işaretlenmesi ve koordinatlarının RTK yöntemiyle belirlenmesi

Uçuş ve Fotoğraf alımı

- İHA'nın fiziksel olarak uçuşa hazırlanması
- Uçuşun gerçekleştirilmesi ve fotoğrafların alımı
- Uçuş sonrası kalite kontrolünün yapılması

* Sorumlu Yazar: Tel: (0212) 285 34 14 Faks: (0212) 2856587

E-posta: ozgur.dogru@itu.edu.tr (Ahmet Özgür Doğru), ozguravsar@comu.edu.tr (Emin Özgür Avşar)

Fotogrametrik işlemler

- Fotoğrafların fotogrametrik kıymetlendirme yazılımına yüklenmesi
- YKN ve KN koordinatlarının yazılıma yüklenmesi ve noktaların ortometrik yüksekliklerinin hesaplanması
- Fotoğrafların eşlenmesi ve dengeleme (Photo Allign)
- Sık nokta bulutunun üretilmesi (Dense Cloud)
- Sayısal katı modelin üretilmesi (Mesh)
- Sayısal Yüzey Modelinin üretilmesi
- Ortofoto üretilmesi
- Ortofoto giydirilmiş katı modelin üretilmesi (Texture)
- Fotogrametrik kıymetlendirme

Kartografik işlemler

- Fotogrametrik kıymetlendirme yazılımından alına vektör verilerin ortamına aktarılması
- Eş yükseklik eğrilerinin hazırlanması
- Katman ve semboloji düzenlemelerinin MAPEG standartlarına göre yapılması
- Lejantın hazırlanması
- Haritaların üretimde kullanılan yazılımın kendi formatında (.dgn, .ncz, .geo, .dwg vb.) ve .dxf formatında hazırlanması

Sunum

- Harita ve harita bilgilerinin MAPEG tarafından belirlenen klasör yapısına göre organize edilmesi ve E-MADEN sistemine yüklenmesi

Yersel Ölçmelerin Gerçekleştirilmesi

MAPEG Harita Standartlarına göre fotoğraf alımında RTK/PPKözelliği olmayan bir İHA sistemi kullanılacaksa, haritalanacak alanı kapsayacak en az dört nokta ve bu sahanın içerisine girecek en az üç nokta veiki nokta arasındaki uzaklık en fazla 250 m olacak şekilde homojen dağılımda Yer Kontrol Noktaları (YKN) tesis edilmelidir.Ayrıca, topografyanın ani değişim gösterdiği (kot farkı 50 m veya daha yüksek olan) yerlerde YKN tesis edilmelidir.YKN'lere ilave olarak en az üç Kontrol Noktası (KN) da tesis edilmelidir. (MAPEG Harita Standartları, 2021)YKN ve KN'lerin tesisi ve ölçmeleri aynı şekilde yapılmaktadır. Aralarındaki fark KN'lerin fotogrametrik dengeleme işlemine dahil edilmemeleridir.

MAPEG Harita Standartlarına göre fotoğraf alımında RTK/PPKözelliği olan bir İHA sistemi kullanılacaksa en az dört nokta haritalanacak sahayı kapsayacak şekilde YKN ve en az ikinokta haritalanacak saha içine girecek şekilde homojen dağılıma sahip en az altı nokta tesis edilmesi gerekmektedir. (MAPEG Harita Standartları, 2021)

Birinci haritalama çalışmasının fotoğraf alımında RTK özelliği olmayan ve DJI Phantom 4 Promodel İHA kullanılmıştır (DJI, 2016). Bu İHA'nın arazi takibi özelliği olmadığı için uçuş sabit yükseklikte yapılmaktadır. Dolayısıyla yüksekliğin değiştiği yerlerde alınan fotoğrafların resim ölçeği de değişmektedir. Arazideki yükseklik değişimi göz önünde bulundurularak resim ölçeğinde büyük değişiklikler olmaması için fotoğraf alımı birkaç seferde yapılabilir.

İkinci çalışmada RTK özelliği olan DJI Phantom 4 RTKmodel İHAKullanılmıştır(DJI, 2020). İHA'nın RTK özelliği sayesinde resim orta noktalarının koordinatları TUSAGA-Aktif (CORS-TR) üzerinden Ağ-RTK yöntemiyle hassas şekilde belirlenmektedir. Ayrıca, bu İHA'nın arazi takibi özelliği de bulunduğu için resim ölçeği sorunu yaşanmamaktadır çünkü her bir resim için uçuş yüksekliği yüklenen sayısal arazi modeline göre ayarlanmaktadır. Böylece, arazinin büyüklüğüne ve batarya durumuna göre fotoğraf alımı tek seferde gerçekleştirilebilmektedir.

Fotoğraf alımı sonrasında İHA uçuş başlangıç noktasına dönmekte ve alınan fotoğraflar hafıza kartından bilgisayara yüklenerek kalite kontrolünden geçirilmektedir. Çalışmada Agisoft Metashape yazılımının görüntü analiz uygulaması kullanılmıştır. Agisoft Metashape her bir görüntünün kalitesini resmin en çok odaklanılan kısmının keskinlik seviyesine göre hesaplayarak tahmin etmektedir. Yazılımın kılavuzuna göre, kalite değeri 0.5'ten küçük fotoğraflar hesaplamalara dahil edilmez. Çalışmamızda bu değerler 0.73-0.92 arasında bulunmuştur.

Fotogrametrik işlemler

Fotogrametrik işlemler, Agisoft Metashape Professional fotogrametrik kıymetlendirme yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Fotogrametrik kıymetlendirme öncesinde aşağıdaki iş akışı takip edilerek Sayısal Arazi Modeli ve ortofoto üretilmektedir.

- Fotoğrafların eşlenmesi
- Yer kontrol noktaları ve kontrol noktalarının fotoğraflar üzerinde işaretlemesi
- Fotoğrafların optimize edilmesi
- Projeksiyon hatasına göre fotoğrafların yeniden optimize edilmesi
- Yeniden yapılandırma belirsizliğine göre fotoğrafların yeniden optimize edilmesi
- Projeksiyon doğruluğuna göre fotoğrafların yeniden optimize edilmesi
- Sık nokta bulutu, sayısal arazi modeli ve ortofotonun üretilmesi

Birinci çalışmada yer kontrol noktalarının ve kontrol noktaların ortalama konum hatası sırasıyla 1.3 cm ve 2.2 cm; ikinci çalışmada ise yer kontrol noktalarının ortalama konum hatası 1.4 cm ve kontrol noktaların ortalama konum hatası 3.0 cm olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu hata değerleri MAPEG standartları kabul sınırları içindedir.

Sık nokta bulutu oluşturulup ardından Sayısal Yüzey Modeli (SYM) ve Sayısal Arazi Modeli üretilir. Sayısal Arazi Modeli kullanılarak haritalanacak bölgenin ortofoto görüntüsü elde edilir ve sonrasında ortofoto giydirilmiş katı model (mesh) oluşturulmaktadır.

Katı model oluşturulduktan sonra fotogrametrik kıymetlendirme işlemine geçilmekte ve MAPEG Harita Standardında belirtilen 172 detay ve ilave detaylar ortofoto giydirilmiş katı model üzerinden toplanmaktadır.

Ayrıca, ilk çalışmada ve son çalışmada üretilen sayısal arazi modelleri kullanılarak hacim hesapları yapılmaktadır. Böylece, maden sahasında kazı yapılan ve dolgu yapılan yerler ile kazı ve dolgu hacimleri belirlenmektedir.

Kartografik işlemler

Fotogrametrik kıymetlendirme yazılımından alınan vektör veriler çizimin yapılacağı CBS veya CAD ortamına aktarılmaktadır. Bu çalışmada her iki harita da Netcad 8.0 GIS yazılımı kullanılarak hazırlanmıştır.

Haritanın katman ve semboloji düzenlemeleri MAPEG semboloji kütüphanesine uygun olarak yapılmaktadır. Bu kapsamda fotogrametrik yöntemle toplanan detaylar ve katmanlar MAPEG standartlarında belirtilen şablona uygun olarak düzenlenmektedir. Bu çalışmada, lejant Netcad 8.0 GIS ortamında geliştirilen makrolar kullanılarak otomatik olarak oluşturulmuştur.

Bu çalışmada, aynı maden sahasının RTK/PPK özelliği olmayan ve olan İHA'lar kullanılarak iki farklı zamanda imalat haritası üretilmiştir. İlk çalışmada 10 YKN ve 3 KN olmak üzere toplam 13 nokta tesisi edilip ölçüm yapılmışken ikinci çalışmada 6 YKN ve 2 KN olmak üzere toplam 8 noktada ölçü yapılmıştır. İlk çalışmada ölçme çalışması 124 dakika sürmüşken ikinci çalışmada ölçme çalışması 59 dakika sürmüştür. Çalışmalarda ortalama konum hatası sırasıyla 1.3 cm ve 1.4 cm olarak hesaplanmıştır. Bu değerler MAPEG standartları kabul sınırları dahilindedir.

Sonuç olarak açık işletme maden sahası harita ve harita bilgilerinin RTK/PPK özelliği olan İHA kullanılarak üretilmesi zaman, enerji ve maliyet avantajı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler

3B Maden Haritalarının Üretimi, İHA Fotogrametrisi, İnsansız Hava Araçları, Gerçek Zamanlı Kinematik, MAPEG Standartları

Kaynaklar

Ankara Üniversitesi Açık Ders Malzemeleri. (t.y.). Fiziki Coğrafya Araştırma Yöntemleri Ders Notu-Fotogrametri ve Temel Haritacılık Becerileri. Erişim Adresi: https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani_137d4.pdf

Gül, Y., Poyraz, F., Hastaoğlu, K.Ö. (2019). Madencilik Faaliyetlerinde İnsansız Hava Aracı Fotogrametrisi Uygulamaları. Türkiye 26. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi, 16-19 Nisan 2019, Antalya.

Torun, A. (2016). İnsansız Hava Aracı (İHA) Sektörü ve İHA Fotogrametrisinin Ölçme Bağlamında Konumlandırılması. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 3-6 Mayıs 2017, Ankara.

Ulvi, A. (2021). İHA Fotogrametrisine Genel Bakış: Geleneksel Topografik Harita Yapımı Tekniği ile Maliyet Karşılaştırması. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8(1), 458-471. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.885579>

ADA İHA. (t.y.). İHA Sistemlerinin Sınıflandırılması. Erişim Adresi: <https://adaiha.com/iha-sistemlerinin-siniflandirilmasi/>

DJI. (2016). Phantom 4 Pro User Manual. Erişim Adresi: https://dl.djicdn.com/downloads/phantom_4_pro/Phantom+4+Pro+Pro+Plus+User+Manual+v1.0.pdf

DJI. (2020). Phantom 4 RTK User Manual. Erişim Adresi: https://dl.djicdn.com/downloads/phantom_4_rtk/20200721/Phantom_4_RTK_User_Manual_v2.4_EN.pdf

Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü. (2021). MAPEG Harita Standartları. Erişim Adresi: <https://mapeg.gov.tr/Uploads/MadenHaritaStandartlari/MAPEG%20HAR%C4%B0TA%20STANDARTLARI.pdf>

USGS National UAS Project Office. (2017). AgisoftPhotoScan Workflow. Erişim Adresi: https://rmgsc.cr.usgs.gov/outgoing/UAS/workshop_data/2017_UAS_Federal_Users_Workshop/

Dijital İkiz Büyükçekmece

Yasin Sezer Türk^{1,*}, Onur Işık²

¹Büyükçekmece Belediyesi, Bilgi İşlem Müdürlüğü, Proje Destek Uzmanı, 34500, İstanbul

²Netcad Yazılım AŞ, Proje Yönetimi-Yerel Yönetim, Proje Müdürü, 34730, İstanbul

Özet

Büyükçekmece Dijital İkiz Projesi, şehirlerin dijital temsillerini oluşturarak, verilerin dijital ortamda minimum maliyetle yönetilmesini hedeflemektedir. Proje, şehirdeki binaların 3 boyutlu görüntülerini oluşturup, bu binalara ait öznel bilgilerine hızlı ve kolay erişim sağlamaktadır. Binaların bağımsız bölümlerine ait detaylı bilgiler, borçlar ve beyanlarla birlikte görüntülenebilir hale gelmektedir. Dijital ikiz teknolojileriyle gerçek zamanlı veri toplama, bu verilerin analizi ve simülasyonlar sayesinde karar alma süreçleri hızlandırılmaktadır. Bu sayede kaynak kullanımı optimize edilerek çevresel fayda sağlanmakta ve şehirlerin sürdürülebilirliği artırılmaktadır. Ayrıca, sensörler aracılığıyla ışık, gürültü, sıcaklık ve nem gibi çevresel faktörler sürekli izlenmekte, anormal durumlarda hızlı müdahaleler yapılmaktadır. Proje, şehir kameralarıyla canlı izleme imkânı sunmakta ve şehrin yönetimini daha etkin kılmaktadır. Büyükçekmece Dijital İkiz Projesi, dijital dönüşümde önemli bir adım olup, kaynakların etkin kullanımıyla şehirdeki yaşam kalitesini artırmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler

Dijital İkiz, Mekânsal Veri Yönetimi, Mekânsal Planlama, Sanal 3B Kent Modelleri, Sürdürülebilir Şehirler

1. Giriş

Dijital ikiz teknolojisi, fiziksel varlıkların dijital ortama taşınarak yönetilmesi ve izlenmesi konusunda yeni bir paradigma sunmaktadır. İlk olarak endüstriyel üretimde kullanılan bu teknoloji, son yıllarda şehir yönetimi ve kentsel planlamada da kendine önemli bir yer edinmiştir. Dijital ikizler, fiziksel bir nesnenin veya sistemin dijital bir kopyasını oluşturarak, bu sistemin sürekli olarak izlenmesine ve optimize edilmesine olanak tanır (Jones ve Wright 2021). Şehirlerde dijital ikiz kullanımı, binaların, altyapıların ve çevresel koşulların dijital temsillerini oluşturarak karar alıcıların anlık ve doğru verilerle hareket etmesini sağlar. Bu teknoloji, büyük veri analitiği ve yapay zeka ile entegre edilerek, şehirlerdeki sürdürülebilirlik ve verimlilik hedeflerine ulaşılmasını destekler (Li 2020).

Büyükçekmece Dijital İkiz Projesi, bu teknolojiyi şehir yönetimine entegre ederek şehrin 3 boyutlu dijital bir modelini oluşturmaktadır. Bu model, binaların fiziksel özellikleriyle birlikte, şehirdeki tüm altyapı sistemlerini kapsamaktadır. Proje kapsamında ses, radyasyon, gürültü, ışık, duman, titreşim, nem, sıcaklık ve rüzgar gibi çevresel veriler sensörler aracılığıyla toplanarak, şehir genelinde anlık olarak izlenmektedir. Ayrıca, otopark doluluk-boşluk durumları gibi şehirdeki dinamik unsurlar da sürekli izlenebilmekte ve optimize edilebilmektedir. Bu sayede şehir yönetimi, kaynak kullanımını daha verimli hale getirirken, aynı zamanda çevresel risklere karşı daha proaktif önlemler alabilmektedir (Rizos ve Clementini 2005).

Dijital ikizlerin şehir yönetimindeki en önemli avantajlarından biri, afet yönetimi ve önlem alma süreçlerindeki etkileridir. Büyükçekmece Dijital İkiz Projesi, özellikle tsunami ve sel gibi doğal afetler sırasında su basma riski altındaki alanları ve etkileyecek bina ve daire sayılarını önceden belirleyerek afet planlamasını daha etkili hale getirmektedir. Ayrıca dijital ikizler, şehirdeki enerji verimliliğini artırmak amacıyla güneş enerjisi potansiyeli, trafik yoğunluğu, hava kalitesi gibi unsurları analiz etmek için de kullanılmaktadır (Bossler vd. 2017).

Büyükçekmece Dijital İkiz Projesi, çevresel verilerin yanı sıra sosyal ve ekonomik verilerin de toplanmasına ve analiz edilmesine olanak tanır. Bu sayede şehirdeki nüfus yoğunluğu, bina yapıları ve ulaşım gibi kritik veriler daha etkili bir şekilde izlenebilir. Projenin bu geniş kapsamlı yapısı, akıllı şehirler konseptine büyük katkı sağlamaktadır. Şehir kameraları sayesinde şehrin her bölgesi canlı olarak izlenebilirken, elde edilen verilerle şehir yönetimi daha etkin ve hızlı kararlar alabilmektedir. Dijital ikizlerin sağladığı bu gerçek zamanlı veriler, acil durumlar, trafik yönetimi, kaynak dağıtımı ve altyapı bakım süreçlerinde daha iyi karar verme olanakları sunmaktadır (Li 2020).

Ayrıca, dijital ikiz teknolojisi sayesinde binaların 3 boyutlu modelleri, kentsel dönüşüm projeleri sırasında mevcut durumun simülasyonlarının yapılmasına ve yapılacak değişikliklerin etkilerinin önceden incelenmesine olanak tanımaktadır. Bu durum, şehir planlamasında daha sağlıklı kararların alınmasına ve gelecekteki yapıların daha

* Sorumlu Yazar: Yasin Sezer Türk Tel: 444 0 340 Dahili:7006

E-posta: yasin.turk@bcekmece.bel.tr

sürdürülebilir olmasına katkıda bulunmaktadır. Dijital ikizlerin getirdiği bu simülasyon yeteneği, sadece yapısal düzenlemelerle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda iklim değişikliği gibi çevresel etkilerin şehir üzerindeki sonuçlarını da analiz etme imkanı sunar (Jones ve Wright 2021).

Büyükçekmece Dijital İkiz Projesi, bu teknolojik altyapıyı kullanarak şehrin sürdürülebilirlik ve çevreye duyarlılık hedeflerini gerçekleştirmeye yönelik somut adımlar atmaktadır. Bu proje, dijital dönüşüm süreçlerinin yerel yönetimlerde etkin bir şekilde uygulanmasına yönelik başarılı bir örnek teşkil eder. Şehrin dijital ikizi, yönetim ve planlama süreçlerini iyileştirirken, çevresel ve sosyal faydalar sağlamaktadır. Özellikle kaynakların daha verimli kullanılması ve dışa bağımlılığın azalması, belediyenin öz kaynaklarıyla yürütülen bu projeyi maliyet açısından da avantajlı hale getirmektedir (Bossler vd. 2017).

2. Büyükçekmece Dijital İkiz Projesi'nin Geliştirilmesi

Büyükçekmece Dijital İkiz Projesi, şehir yönetiminde dijital teknolojilerin en ileri seviyede kullanıldığı bir projedir. Projenin temel amacı, şehirdeki binaların ve altyapıların dijital ortamda yüksek doğrulukla modellenmesi ve gerçek zamanlı veri entegrasyonu sağlanarak, yönetim süreçlerini optimize etmektir. Bu bölümde projenin geliştirilme sürecinde kullanılan yöntemler ve teknolojiler detaylandırılacaktır.

2.1. Projenin Teknik Altyapısı

Dijital ikiz projeleri, başarılı olabilmek için sağlam bir teknik altyapıya ihtiyaç duyar. Büyükçekmece projesi de belediyenin kendi öz kaynaklarını kullanarak, bu altyapıyı başarıyla oluşturmuştur.

2.1.1. Drone ile Görüntü Toplama

Projenin başlangıcında, Büyükçekmece'nin tamamının yüksek çözünürlüklü görüntülerinin alınması hedeflenmiştir. Belediye bünyesindeki dronelar kullanılarak gerçekleştirilen bu çekimler, yerden 90 metre yükseklikte yapılmış ve 2.5 cm hassasiyet sağlanmıştır. RTK (Real-Time Kinematic) ve PPK (Post-Processed Kinematic) teknolojilerinin kullanılması, yüksek doğruluğa sahip verilerin elde edilmesini mümkün kılmıştır. Bu teknolojiler, coğrafi veri toplamada hassasiyeti artırarak, dijital ikizin doğruluğunu sağlamaktadır. Görüntülerin alınması sırasında yapılan hassas ölçümler, şehrin detaylı ve gerçekçi bir dijital kopyasını oluşturmuştur (Jones ve Wright 2021).



Şekil 1: Görüntü Çekimlerinde Kullanılan Ebee X Drone

2.1.2. Görüntü İşleme ve Yayına Hazırlık

Toplanan görüntü verileri, belediye bünyesindeki uzman personel tarafından işlenmiştir. Görüntü işleme sürecinde, çeşitli yazılım araçları kullanılarak görüntüler optimize edilmiş ve Cesium JSON formatında düzenlenmiştir. Cesium formatı, 3 boyutlu coğrafi verilerin hızlı bir şekilde görüntülenmesine ve işlenmesine olanak sağlayan modern bir formattır. Görüntü işleme sırasında, 2.5 cm hassasiyet ve yükseklik verileri dikkate alınarak binalar ve diğer yapılar modellemiş ve dijital platformda yayınlanmaya hazır hale getirilmiştir (Li 2020).

3. Yazılım Geliştirme Süreci

Dijital ikiz projelerinde yazılım altyapısının doğru kurgulanması ve entegrasyon süreçlerinin etkin bir şekilde yönetilmesi kritik önem taşır. Büyükçekmece Dijital İkiz Projesi'nde kullanılan yazılım altyapısı, Netcad desteğiyle geliştirilmiş ve çeşitli sensör, kamera ve API entegrasyonları başarıyla gerçekleştirilmiştir. Proje, şehirdeki altyapıların ve çevresel verilerin dijital ikiz platformunda sürekli izlenmesine olanak tanır.

Proje kapsamında üretilen veriler ve dijital ikiz modeli, belediyenin web tabanlı sisteminde halkın erişimine açılmıştır. Şehrin 3 boyutlu modeli ve diğer veriler, şu adresten görüntülenebilir: [Büyükçekmece Dijital İkiz Web Sitesi](#).

3.1. Yazılım Altyapısı ve Netcad Desteği

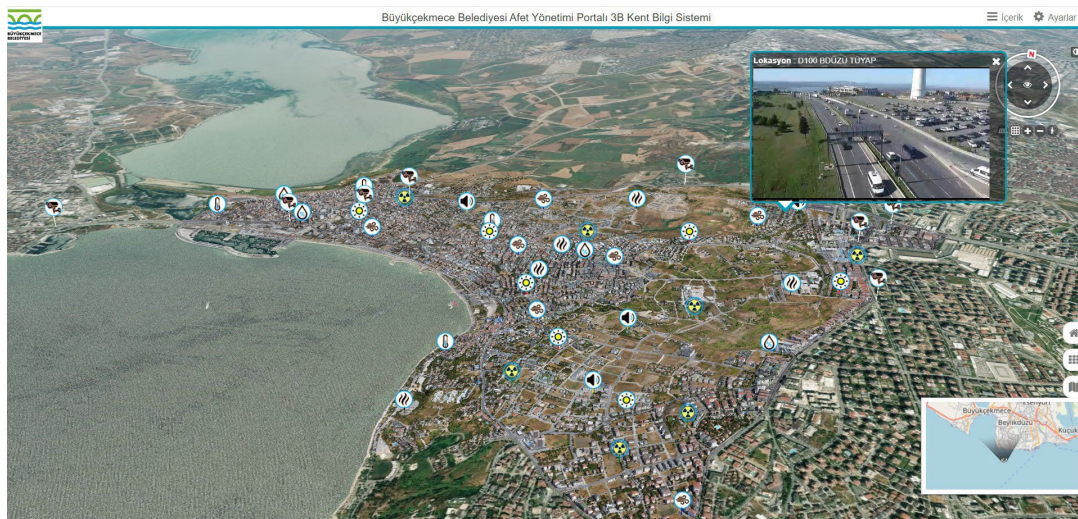
Netcad desteği ile proje, sensör entegrasyonları, kamera sistemleri ve çeşitli API bağlantıları gibi özelliklerle donatılmıştır. Bu yazılım altyapısı, şehir genelinde toplanan verilerin tek bir platformda toplanarak analiz edilmesini mümkün kılmaktadır. Yazılım altyapısında kullanılan teknolojiler, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile entegre edilerek, şehirdeki çevresel ve yapısal verilerin analiz edilmesini sağlamaktadır (Bossler vd. 2017).

3.2. Sensör ve Kamera Entegrasyonları

Dijital ikiz projelerinde sensör entegrasyonları, gerçek zamanlı veri toplama ve analiz süreçlerinde kritik rol oynamaktadır. Büyükçekmece projesinde, şehir genelinde yerleştirilen sensörler aracılığıyla ışık, ses, gürültü, sıcaklık, nem, duman ve radyasyon gibi çevresel faktörler sürekli olarak izlenmektedir. Bu veriler, anlık olarak analiz edilip, şehir yönetimine önemli katkılar sunmaktadır. Ayrıca, şehirdeki kamera sistemleri ile entegre edilen dijital ikiz platformu, şehrin her bölgesinin canlı olarak izlenmesini sağlamaktadır. Bu sistem, güvenlik, trafik yönetimi ve çevresel risklerin izlenmesi açısından büyük avantajlar sunmaktadır (Rizos ve Clementini 2005).

3.2.1. API Entegrasyonları ve Anlık Bildirimler

Dijital ikiz platformu, farklı veri kaynaklarından gelen bilgileri birleştirebilmek için çeşitli API entegrasyonlarına sahiptir. Bu entegrasyonlar, yazılımın esnekliğini artırmakta ve diğer sistemlerle veri alışverişini mümkün kılmaktadır. Ayrıca, sistem anlık bildirim özellikleri ile donatılmıştır. SMS ve e-posta yoluyla ilgili birimlere anında bildirimler yapılmakta ve acil durumlar için hızlı müdahale sağlanmaktadır. Bu özellikler, afet yönetimi, trafik kazaları ve çevresel tehlikeler gibi durumlarda şehir yönetiminin hızlı aksiyon almasına olanak tanımaktadır (Li 2020).



Şekil 2: Büyükçekmece Merkez Bölgesi 3 Boyutlu Kent Görünümü

4. Projenin Faydaları ve Sonuçlar

Büyükçekmece Dijital İkiz Projesi, şehir yönetiminde devrim niteliğinde bir teknoloji sunmaktadır. Bu bölümde, projenin sunduğu somut faydalar ve elde edilen sonuçlar ele alınacaktır.

4.1. Sürdürülebilir Şehir Yönetimine Katkıları

Dijital ikiz teknolojisi, şehir yönetiminde sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada kritik bir rol oynamaktadır. Proje sayesinde enerji tüketimi, su kaynakları yönetimi ve çevresel etkiler daha iyi izlenmekte ve optimize edilmektedir. Şehirdeki binaların enerji tüketimlerinin izlenmesi, güneş enerjisi potansiyeli analizleri ve trafik yönetimi gibi süreçler bu teknoloji sayesinde daha verimli hale getirilmiştir. Bu sistem, şehirdeki kaynakların daha etkin kullanılması ve çevresel ayak izinin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır (Jones ve Wright 2021).

4.2. Afet Yönetimi ve Kriz Müdahale Sistemleri

Büyükçekmece Dijital İkiz Projesi, doğal afetlere karşı önlem almak ve kriz anlarında hızlı müdahale sağlamak amacıyla da önemli faydalar sunmaktadır. Sel ve tsunami gibi doğal afetlerde, su baskınına uğrayacak alanlar ve bu afetlerden etkilenecek binalar, dijital ikiz platformu aracılığıyla önceden belirlenebilir. Bu sayede afet sırasında ve sonrasında daha etkin müdahale planları geliştirilebilmektedir. Ayrıca, anlık bildirimler ile afet sırasında ilgili birimler bilgilendirilmekte ve daha hızlı müdahale sağlanmaktadır (Rizos ve Clementini 2005).

5. Sonuç ve Öneriler

Büyükçekmece Dijital İkiz Projesi, şehir yönetiminde dijital dönüşümün somut bir örneği olarak, belediyeçilik hizmetlerinin daha verimli ve etkin bir şekilde yürütülmesini sağlamaktadır. Bu projede kullanılan ileri teknolojiler ve yöntemler, şehirdeki binaların, altyapının ve çevresel faktörlerin dijital ortamda gerçek zamanlı izlenmesi ve yönetilmesini mümkün kılmaktadır. Drone destekli veri toplama, görüntü işleme ve sensör entegrasyonları ile sağlanan bu sistem, sadece belediye hizmetlerinin optimize edilmesine yardımcı olmakla kalmamış, aynı zamanda afet yönetimi, çevre izleme ve sürdürülebilirlik gibi alanlarda da önemli katkılar sunmuştur.

Projenin en önemli sonuçlarından biri, şehirdeki doğal afet risklerinin önceden tespit edilmesi ve bu risklere karşı hızlı müdahale sağlanmasıdır. Bunun yanında, dijital ikiz platformunun sağladığı veri tabanlı karar destek sistemleri, belediyenin maliyetlerini düşürmüş ve kaynak kullanımını daha verimli hale getirmiştir. Özellikle su, enerji ve trafik yönetiminde yapılan iyileştirmeler, şehrin çevresel etkilerini azaltarak sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli adımlar atılmasını sağlamıştır.

Bu proje, sadece Büyükçekmece için değil, aynı zamanda diğer şehirler için de önemli bir model teşkil edebilir. Dijital ikiz teknolojinin sunduğu çözümler, yerel yönetimlerin dijital dönüşüm süreçlerini hızlandıracak ve şehir yönetiminin daha bütünsel ve veri odaklı hale gelmesine katkıda bulunacaktır.

5.1. Dijital İkiz Teknolojisinin Geleceği

Dijital ikiz teknolojinin, önümüzdeki yıllarda akıllı şehirler için vazgeçilmez bir araç haline gelmesi beklenmektedir. Teknolojik gelişmelerin hız kazanmasıyla birlikte, şehirlerin dijital dönüşümü kaçınılmaz hale gelmiştir. Dijital ikizler, bu dönüşümün merkezinde yer alarak, şehirlerin daha verimli, sürdürülebilir ve yaşanabilir olmasını sağlayan temel unsurlardan biri olacaktır.

Büyükçekmece Dijital İkiz Projesi, bu teknolojinin sunduğu yenilikçi çözümler açısından örnek bir modeldir. Projenin sunduğu gerçek zamanlı veri toplama ve analiz yetenekleri, diğer şehirlerin de benzer teknolojilere yatırım yaparak kendi dijital ikiz sistemlerini geliştirmelerine öncülük edebilir. Özellikle büyük ölçekli şehirlerde, altyapı sistemlerinin daha karmaşık olduğu yerlerde, dijital ikiz teknolojisi şehir yönetimi için kritik bir araç haline gelecektir. Ulaşım, enerji yönetimi, atık yönetimi, kentsel planlama ve afet risk yönetimi gibi farklı alanlarda kullanılacak olan dijital ikizler, şehirlerin gelecekteki ihtiyaçlarına daha esnek ve uyumlu çözümler sunacaktır (Bossler vd. 2017).

Dijital ikiz teknolojisi, ayrıca yapay zeka, büyük veri ve nesnelerin interneti (IoT) gibi ileri teknolojilerle entegre edilerek, şehirlerin dinamik bir şekilde yönetilmesine olanak tanıyacaktır. Bu entegrasyon sayesinde, şehirlerdeki çevresel ve sosyal veriler analiz edilerek, kaynak kullanımı ve altyapı yönetimi daha da optimize edilecektir. Örneğin, enerji verimliliği için binaların enerji tüketimlerinin izlenmesi, trafik yoğunluğunun optimize edilmesi ve atık yönetim sistemlerinin iyileştirilmesi dijital ikizlerin sunduğu avantajlardan sadece birkaçıdır (Li 2020).

Sonuç olarak, dijital ikiz teknolojisinin gelecekte daha yaygın bir şekilde kullanılması, şehirlerin dijitalleşme süreçlerini hızlandıracak ve daha akıllı, sürdürülebilir şehirler yaratılmasına katkı sağlayacaktır. Büyükçekmece Projesi, bu alanda bir öncü niteliğinde olup, diğer yerel yönetimler için yol gösterici bir örnek teşkil etmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde katkı sağlayan İstanbul Büyükşehir Belediyesi Bilgi İşlem Müdürü Sayın Başak Kılıç'a, projenin her aşamasında teknik destek sağlayan Netcad Yazılım A.Ş. bünyesindeki ilgili personel ve yetkililere teşekkürlerimizi sunarız. Projenin başarıyla tamamlanmasında sağladıkları destek ve öneriler, çalışmanın etkinliğini ve kalitesini artırmada büyük rol oynamıştır.

Kaynaklar

- Bossler, J.D., Snay, R. (2017). "Dijital İkizlerin Şehir Yönetiminde Kullanımı." *Geospatial Technology Journal*, 12(4), 45-62.
- Jones, T., Wright, P. (2021). "Akıllı Şehirler için Dijital İkiz Teknolojileri." *International Journal of Smart Cities*, 31(2), 192-210.
- Li, D. (2020). "Dijital İkizlerin Yapay Zeka ile Entegrasyonu." *Smart Cities Research Conference*, 18-21 Kasım, Redlands, CA, USA.
- Rizos, C., Clementini, E. (2005). "Afet Yönetiminde Dijital İkiz Uygulamaları." *Disaster Management Systems*, 22(1), 67-78.

3B Maden Haritalarının Maden Yaşam Döngüsündeki Verimlilik, Güvenlik ve Sürdürülebilirliğe Katkıları

Yavuz TÖRE¹, Mustafa SERT^{2,*}

¹Netcad Yazım A.Ş., Bilkent Cyberpark, 06970, Ankara.

Genişletilmiş Özet

Günümüzde madencilik sektöründe dijital teknolojilerin kullanımının artmasıyla, maden sahalarının verimli bir şekilde yönetilmesi ve kaynakların doğru tahmin edilmesi büyük bir önem kazanmıştır. Bu bağlamda, üç boyutlu (3B) maden haritalarının üretimi, maden kaynaklarının modellenmesi ve madencilik operasyonlarının optimize edilmesi için vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir. Bu çalışma, modern madencilik yazılımları ve metodolojileri kullanılarak 3B maden haritalarının nasıl üretildiğini ve bu haritaların karar verme süreçlerine nasıl katkı sağladığını incelemektedir.

Yer kabuğunun yüzeyinde ya da ulaşılabilir derinliklerinde, ekonomik açıdan anlamlı potansiyele sahip olan ve varlığı nitelik ve nicelik olarak ortaya konulmuş cevher kaynaklarının büyük yatırımlar sayesinde hayata geçirilmesi ve bu kaynaklardan üretilen maden projelerinin ekonomik olarak sürdürülebilir olması oldukça önemli bir konudur. Madencilik endüstrisinde yaşam döngüsü maden arama operasyonları ile başlayıp geliştirme ve üretimle devam eder ve sonrasında da reklamasyon çalışmalarıyla son bulur. Madencilik döngüsünün tüm aşamalarının doğrudan ekonomik teşvik sağlamasıyla birlikte her maden için yaşam döngüsü zinciri sürdürülebilir hale gelir.

Maden yaşam döngüsünün başlangıcı olan madenin keşfi, hem maden arayıcıları hem de keşif şirketleri tarafından birçok biçimde gerçekleştirilebilir ve süreç genellikle hedef alanları seçmek için yapılan araştırmalarla başlar. Hedefler seçildikten sonra, jeolojik haritalamanın yanı sıra çeşitli türde jeokimyasal ve jeofiziksel araştırmalar yapılır. Bu tür faaliyetler, en basit haliyle bile, her gün kullandığımız hammaddelerin ve mamul ürünlerin çoğu için ihtiyaç duyulan ekonomik maden yataklarının keşfedilmesini sağlar.

Yaşam döngüsü içerisinde, bir madenin işletmeye alınabilmesi için fizibilite, jeoloji ve mühendislik çalışmalarının tamamlanması gerekir. Elde edilen analiz ve hesaplama sonuçlarına dayanarak, ilgili madencilik şirketleri projeye devam edilip edilmeyeceğine karar verir. Madencilik kararının alınması itibarıyla, hazırlık ve işletme aşamalarını finanse edecek sermayenin temin edilmesi ve harcama akışının planlanması gibi süreçlere geçilir. Üretime başlamış bir madenin üretimde kalma süresi, cevher yatağındaki değerli mineral veya metalin miktarına, kalitesine ve işletmenin karlılığına bağlı olur. Döngünün son aşaması olan maden sahasının rehabilitasyonu, arazinin hazırlanması ve bitkilendirme gibi iyileştirme süreçleri projenin başlangıcı itibarıyla başlatılır, tesis ve maden üretimi sonlandıktan sonra da devam eder. Arazinin madencilik öncesi kullanımına, fauna ve flora özelliklerine göre rehabilite edilmesi, madencilüğün sürdürülebilir olması açısından önem arz etmektedir.

Dünya genelinde madencilik en organizasyonel iş alanlarından biridir ve pek çok disiplinin uyum içerisinde eş zamanlı hareket ederek çalışmasını gerektirir. Gerek jeolojinin alt dalları olan jeokimya ve jeofizik gerekse madencilik ve diğer ilgili alanların süregelen olarak birbirlerine bilgi akışı sunmaları istenir. Bu gereklilikler, bütünsel bir koordinasyonla birlikte eylemsel olarak beraber hareket edilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bilgilerin yanı sıra maden yaşam döngüsünün aşamalarında da açıklandığı üzere yatırım maliyetlerinin oldukça yüksek olduğu bu sektörün finansal kısmı ise en az teknik kısmı kadar yatırımcıları ilgilendirmektedir. Yatırımcılar, ortaya konulan sermayenin ne kadar bir süre içerisinde geri kazanılacağını, dönemlik gelir ve gider miktarlarını, karlılık ölçütlerini ve kalan proje süresini, kısaca madenin kısa, orta ve uzun dönem planlamasında hangi parametre ve değişkenlerin etkin olacağı bilgilerini, proje öncesi ve sırasında tekrarlayan şekilde analiz ederler. Bu aşamada, maden üretimi başlamadan önce ve maden ömrü boyunca yinelemeli olarak gerçekleştirilen üretim planları ve bunların üç boyutlu haritaları, uzun vadeli kurumsal üretim hedeflerine ulaşılması için önem arz eder.

Çalışmada, çeşitli veri kaynaklarının (jeolojik, jeofizik, sondaj verileri vb.) entegrasyonu, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve ileri modelleme teknikleri kullanılarak 3B maden modellerinin oluşturulma süreci detaylandırılmıştır. Sondaj veri validasyonu, stratigrafik ve implicit (örtük) modelleme ile katı (solid) model üretimi, blok modelleme, farklı jeostatistik kestirim yöntemlerinden ters uzaklık, kriging vb. gibi teknikler ile verilerin nasıl analiz edildiği ve eksik verilerin nasıl tahmin edildiği üzerinde durulmuştur. Ayrıca, 3B modellerin üretim senaryolarının geliştirilmesi uzun dönem optimizasyon ve orta dönem planlama süreçlerine olan etkileri, saha güvenliği ve operasyonel verimlilik açısından ele alınmıştır.

Maden haritalama süreci ile ilgili temel girdi veriler sondaj verileri ve topoğrafik verilerdir. Sondaj verileri; koordinat, kot, derinlik, açı, azimuth, eğim, litoloji, ham örneklem vb. gibi birçok bilgiyi barındırmaktadır. Bu veriler yardımıyla yer altında konumlanan madeni temsil eden kaynaklar farklı modelleme teknikleriyle modellenenilmektedir. Farklı maden türleri için tercih edilen; enkesit çizim yöntemi (explicit), örtük modelleme (implicit), FEM, stratigrafik modelleme, jeostatistik yöntemlerle yüzey üretme gibi teknikler ile yer altında konumlanan tüm jeolojik birimler modellenenilmektedir. Üretilen katı modeller farklı boyutlarda blok modellere dönüştürülmektedir. Sondajlar içerisinde bulunan analiz değerlerini kullanarak üretilen blok model verilerine jeostatistik kestirim yöntemlerini kullanarak değer

* Sorumlu Yazar: Tel: 05547229711

E-posta: yavuz.tore@netcad.com (Yavuz Töre), mustafa.sert@netcad.com (Mustafa Sert)

atama işlemi gerçekleştirilir. Blok modellere atanmış olan değerler ile yer altında bulunan maden kaynağına ait analiz dağılımları tematik olarak haritalanabilmektedir. Üretilen tematik değerleri kullanarak filtreleme işlemleri yapılabilmektedir.

Maden yaşam döngüsünde elde edilen doğru sondaj verisi ile doğru jeolojik katı model ve blok model üretilmesi, sondaj analiz değerlerinin bloklara en doğru şekilde atanması, sonrasında yapılacak olan maden üretim planlama süreçleri ile en yüksek ekonomik katkı sunacak üretim planlamasının yapılmasına temel teşkil edecektir.

Topografik verilerin kullanımı ile ilgili farklı girdi veriler kullanılabilmektedir. Nokta bulutu verileri (*.las, *.laz) , eşyükselti eğrileri, ölçüm cihazlarından elde edilmiş olan kotlu nokta verileri vb. gibi veriler ile 3D maden haritalama süreçlerinde topografik veriler üretilebilmektedir. Üretilen yüzey verileri üzerine uydu görüntüleri veya haritalar drape edilerek 3D görüntüleme sağlanabilmektedir. Üretilen veriler uzun dönem maden optimizasyon süreçlerinde temel girdi olarak kullanılmaktadır.

Uzun dönem optimizasyon çözümleri ile üretim aşamaları optimize edilebilmekte ve 3D ekonomik maden planlaması yapılabilmektedir. Bir mineral kaynağı ile ilgili bir dizi ekonomik ve metalürjik parametre girilerek optimum ocak sınırlarının, yüzeylerinin ve periyodlara göre üretim miktarının hesaplanması sağlanır. Farklı optimizasyon parametrelerini kullanarak sonuçlar üretilip, sonuçları karşılaştırarak daha düşük maliyetler ile yüksek karlılıkta planlar üretilebilmektedir. 3D maden haritalama süreçlerinde açık ocak ve yeraltı galeri planlarının üretilebilmesi için uzun dönem optimizasyon yüzey çıktıları referans olarak kullanılabilmektedir.

3D maden yazılımlarının sunmuş olduğu planlama araçları ile açık ocak ve yer altı galeri tasarım süreçlerinde ekonomik olarak üretilebilir referans yüzeyleri dikkate alarak genel şev açısı, basamak açısı, basamak yüksekliği, basamak genişliği, galeri eğimi, galeri profili ve farklı tahkimat türleri ile otomatik veya manuel planlar üretilebilmektedir. 3 boyutlu haritalama için temel girdi olarak kullanılan bu veriler ile 3D ortamda sondajlar, yüzeyler, katı modeller, blok modeller, açık ocak ve yeraltı tasarımları görüntülenebilmekte, stil özelliklerine müdahale edilerek farklı renklerde, çizgi kalınlıklarında ve etiket yapısında görüntülenmesi sağlanabilmektedir.

Ekonomik maden sınırı belirlendikten sonra orta dönem planlama süreçlerine geçiş sağlanır. Ocak içerisinde kalan üretilebilir ekonomik maden blokları için orta dönemde belirlenen bir üretim periyodunda (yıllık, çeyreklik, aylık) birçok parametre ve kısıt girilerek üretim süreçleri planlanır. Orta dönem planlama süreçleri maden işletmelerinin maksimum karlılığa ulaşabilmesi için kaynakların nasıl tahsis edileceği, üretim ve kapasiteyi nasıl dengeleyeceğimiz ve hedeflere her zamankinden daha verimli bir şekilde nasıl ulaşacağımız konusunda bilinçli kararlar almamızı ve en önemlisi 3 boyutlu olarak bu süreçlerin haritalamasının yapılmasını sağlar.

3B maden haritalarının kullanımının, kaynak tahminlerinde yüksek doğruluk sağladığını ve madencilik operasyonlarının planlama ve simülasyon aşamalarında önemli avantajlar sunduğunu göstermektedir. Optimizasyon teknikleri ile birlikte kullanıldığında, bu haritalar, maliyet etkinliği sağlayarak maden sahasının daha verimli bir şekilde işletilmesine olanak tanımaktadır. Bu bağlamda, 3B maden haritalarının gelecekte madencilik endüstrisinin dijitalleşme sürecine olan katkısının daha da artacağı öngörülmektedir.

Sonuç olarak madenler yenilenebilirliği olmayan, çıkarılması ve işlenmesi açısından yüksek verim ve kazanımla planlanması gereken ülkemiz ve dünyamız için kritik öneme sahip olan doğal kaynaklardır. Bu kaynakları arayıp keşfetmek, gerçeğe uygun şekilde modellemek, ekonomik katkısı en yüksek üretim planlamalarını yapmak, üretimde verimlik ve karlılığı gözetmek, üretim sonrası madenlerin doğaya vermiş olduğu tahribatı en aza indirgeyerek doğaya geri kazandırmak, maden yaşam döngüsünün temel hedefleridir. Bu hedeflere ulaşabilmek için 3 boyutlu olarak madenlerin haritalanabilmesi büyük bir zorunluluktur.

Anahtar Kelimeler

3B maden haritaları, Jeolojik Veri Entegrasyonu, Sondaj Veri Validasyonu, Stratigrafik Modelleme, Implicit Modelleme, Katı (Solid) Model, Blok Modelleme, Jeostatistik Kestirim, Maden Kaynak Tahmini, Uzun Dönem Optimizasyon, Orta Dönem Planlama, Ekonomik Maden Modelinin Üretimi, Açık Ocak Tasarımı, Yeraltı Galeri Tasarımı, Dijital Madencilik Teknolojileri

İçerik Tabanlı Görüntü Erişimi ile Uzaktan Algılama Verilerinde Obje Arama

Özge Tokmak^{1,*}, Nebiye Musaoğlu²

¹*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 34469, İstanbul.*

²*İstanbul Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul.*

Genişletilmiş Özet

Uzaktan algılama, mevcut durum tespiti, çevresel değişikliklerin izlenmesi, kentsel planlama gibi birçok konuda kritik role sahiptir. Özellikle erişimi zor ve geniş coğrafi bölgelerde bilgi çıkartılmasında amaca uygun uzaktan algılama verisi ve görüntü işleme yöntemleri ile farklı ölçeklerde bilgi üretilebilir. İnsan yaşamı için büyük önem taşıyan ulaşım ağları ve enerji iletim hatları geniş alanlara yayılan ve sürekli olarak izlenerek oluşacak sorunlara zamanında müdahale edilmesi gereken altyapı unsurlarıdır. Bu yapıların planlanması, yönetimi, izlenmesi gibi çalışmalarda uzaktan algılama verilerinden bilgi çıkarmak mümkündür (Matikaenen vd., 2016). Temel bir altyapı bileşeni ve elektrik enerjisinin yüksek gerilim enerji nakil hatlarından tüketicilere ulaştırılması aşamalarında üretim, iletim, dağıtım sistemlerinin bağlantı noktası olan trafo merkezleri; açık alanlarda inşa edilen yapılar oldukları için doğal afetler ve atmosferik şartlardan sıklıkla etkilenir. Bu nedenle trafo merkezlerinin mevcut durumunun izlenmesi, yönetilmesi, doğal afetler sonrası hasar tespiti gibi konularda aksiyonlar alınması için hızlı ve etkili bir şekilde bilgi çıkartılması gerekmektedir. Bu amaçla optik ve yapay açıklıklı radar (Syntetic Aperture Radar, SAR) (Acar, 2020) uydu görüntüleri, LİDAR (Tan vd., 2021), interferometri ve İHA'dan (Hu vd., 2023) sağlanan verilerden bilgi çıkartılmaktadır. Farklı algılama sistemlerinden sağlanan yüksek çözünürlüklü uzaktan algılama verilerinden klasik yöntemlerle bilgi çıkartılabildiği gibi günümüzde yapay zekâ yöntemleri ile de hızlı ve güvenilir bilgiler üretilmektedir (Hu vd., 2020).

İçerik Tabanlı Görüntü Erişimi, büyük veri setlerindeki görüntülerin etkili bir şekilde aranması için güçlü bir yöntemdir. Temel çalışma mekanizması olarak bir veri setindeki görüntülerin özelliklerinin çıkarılmasının ardından çıkarılan özelliklere dayanarak sorgu görüntüsüne en benzer görüntülerin otomatik olarak geri getirilmesi sağlanır. Yöntem, öznitelik çıkarma, öznitelik indeksleme ve benzerlik ölçümü olmak üzere üç modülden oluşmaktadır (Kalkan vd., 2022). Öznitelik çıkarımı ile görüntülerin en belirgin anlamsal öznitelikleri çıkarılır ve çıkarılan bu öznitelik vektörleri büyük veri setlerinde hızlı erişim sağlamak amacıyla indekslenir. Öznitelik vektörleri arasındaki benzerlik ise; sorgu görüntüsü ve veri setindeki görüntüler arasındaki benzerliğin çeşitli metrikler kullanılarak hesaplanması ile elde edilir. Geleneksel görüntü sınıflandırması yaklaşımlarında etiketler doğru ve eksiksiz bir şekilde tanımlanmadıysa sonuç doğruluğu önemli ölçüde düşer. Ancak İçerik Tabanlı Görüntü Erişimi yönteminde, verilen sorgu görüntüsüyle eşleşen veri tabanındaki hedef görüntüleri benzerliğe dayalı yaklaşımlarla otomatik olarak bulunur.

Bu çalışmada, PatternNet veri seti kullanılarak İçerik Tabanlı Görüntü Erişimi yöntemi ile trafo merkezlerinin ayırt edilmesi amaçlanmıştır. PatternNet veri seti özellikle İçerik Tabanlı Görüntü Erişimi uygulamalarında kullanılmak üzere doğal veya insan yapımı yapıların yer aldığı, içinde trafo merkezi sınıfının da bulunduğu 38 sınıftan oluşan bir veri seti olarak kullanıcılara sunulmuştur (Zhou vd., 2018). Bu veri setinde her bir sınıf, Google Earth veya Google Map API'den sağlanan 256×256 piksel boyutunda 800 adet yüksek çözünürlüklü görüntüden oluşmaktadır. Çalışmada trafo merkezlerinin ayırt edilmesi amacıyla İçerik Tabanlı Görüntü Erişimi yöntemi derin öğrenme temelli Evrişimli Sinir Ağı (Convolutional Neural Network, CNN) modelleri ile uygulanmıştır. CNN, görüntü analizlerine yönelik çalışmalarda tercih edilen en başarılı derin öğrenme yöntemlerindendir. Çalışma, Google Colab ortamında, Python Programlama Dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Trafo merkezi gibi ayırt edilmesi zor bir nesnenin tespiti için derin öğrenme tabanlı popüler CNN modellerinden VGG19, Resnet50 ve EfficientNetB0 modelleri kullanılarak deneyler yapılmıştır. VGG19 modeli, Oxford Üniversitesi Görsel Geometri Grubu tarafından 2014 yılında önerilen evrişimli sinir ağı tabanlı bir modeldir. 16 evrişim, 5 MaxPool, 3 tam bağlı ve 1 SoftMax katman olmak üzere toplam 19 derin katmandan oluşur (Sudha vd., 2021). ResNet50, nesne tanıma görevleri için büyük ölçekli ImageNet veri kümesi üzerinde eğitilmiş bir CNN modelidir (Asiri vd., 2023). 48 evrişim katmanı, 1 MaxPool katmanı ve 1 Ortalama havuz katmanından oluşan 50 derin katmana sahiptir (AlAreqi vd., 2022). EfficientNet ise, görüntü sınıflandırma görevlerinde daha iyi performans elde etmek amacıyla optimize edilmiş bir derin öğrenme modelidir. EfficientNetB0, EfficientNet ailesinin temel modelidir ve bu aile 8 farklı CNN modelini içerir. EfficientNetB0 bu 8 model içinde 224×224 giriş boyutuna sahip temel sürümü temsil eder (Hoang vd., 2021). Bu modellerin eğitimi ve özellik çıkarımı için Tensorflow ve Keras kütüphaneleri kullanılmıştır. Bu çalışmadaki İçerik Tabanlı Görüntü Erişimi deneyleri, bellek kısıtlaması nedeniyle her sınıftan rastgele seçilen 100 görüntü ile oluşturulan 3800 eğitim görüntüsü ile yapılmıştır. Sorgu görüntüleri için trafo merkezlerinin yer aldığı sınıftan rastgele seçilen ve eğitimde kullanılan görüntü sayısının %20'si kadar test görüntüsü kullanılmıştır. Eğitim görüntülerinin tamamı çalışmada kullanılan CNN mimarilerinin sahip olması gereken standart 224×224 piksele göre yeniden boyutlandırılmıştır. Daha sonra sırasıyla VGG19, Resnet50 ve EfficientNetB0 modelleri için eğitim görüntülerinin sahip olduğu özellik vektörleri çıkarılmıştır. Bu vektörler, görüntülerin sahip olduğu renk dağılımları, desen, kenar, şekil ve formlar gibi özellikleri çıkarmaktadır. Yapılan çalışmada bu özellik vektörleri kullanılarak sisteme verilen sorgu görüntüsüne istenilen sayıda en benzer görüntüler bulunmuştur. Sistemde sorgu ve sonuç görüntüler arasındaki benzerlik, iki vektör arasındaki açısız benzerliği ölçmeye dayalı olan Kosinüs Benzerliği yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır (Kaur vd., 2013). Bu yöntem ile, sisteme verilen sorgu görüntüsü ile kullanılan modeller aracılığıyla çıkarılan özellik vektörleri karşılaştırılarak vektörler arasındaki açısız benzerlikler hesaplanmıştır. Tüm bu aşamalardan sonra sisteme test veri setinden rastgele seçilen bir trafo merkezi sorgu görüntüsü yüklenmiştir. Çalışmada kullanılan toplam 38 farklı sınıftan yer alan 3800 görüntü arasından VGG19, Resnet50 ve EfficientNetB0 modelleri ile ilk aşamada en benzer ilk-5 görüntünün getirilmesi sağlanmıştır. Sonrasında sırayla ilk-10 ve ilk-50 görüntü trafo merkezi tespiti açısından incelenmiş ve geri getirilmesi istenilen benzer görüntü sayısı değişikçe modellerin performansları hesaplanmıştır. Bu işlemler tüm test görüntüleri için yapılmış ve modellerin trafo merkezlerini geri getirme performansları, geri getirilen görüntülerin doğruluğu ve sıralamasına göre Ortalama Kesinlik (AP) ve Genel Ortalama Kesinlik (MAP) doğruluk metrikleri kullanılarak hesaplanmıştır. Üç modelin Genel Ortalama Kesinlik (MAP) sonuçları ilk-5, 10 ve 50 için MAP@5=%96, MAP@10=%93 ve MAP@50=%75 olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda üç modelin de

ilk-k kıyasına bağlı olarak başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Beklenildiği gibi ilk-k en benzer görüntü sayısı arttıkça performans sonuçlarının ilk-5'e kıyasla düşük olduğu gözlenmiştir. İlk-5 en benzer görüntü getirme performansı ise tüm modellerin sonuçları ayrı ayrı incelendiğinde de en yüksek performansı göstermiştir.

Bu çalışmada, elektrik unsurlarının yönetimi açısından büyük önem taşıyan trafo merkezlerinin görüntülerden otomatik olarak tespitine farklı bir yaklaşımda bulunularak İçerik Tabanlı Görüntü Erişimi ile derin öğrenme temelli modellerin ilk-k en benzer trafo merkezi görüntüsünü getirme performansları incelenmiştir. Sisteme trafo merkezi sorgu görüntüsü verilerek veri setinde yer alan tüm görüntüler içerisinde VGG19, Resnet50 ve EfficientNetB0 CNN modelleri ile diğer trafo merkezi görüntülerinin bulunması amaçlanmıştır. İçerik Tabanlı Görüntü Erişimi Yöntemi, etiketlemeye gerek duymadan görsel özellikleri kullanarak bilgi üretmesi nedeniyle görüntüler arasındaki benzerliğin hesaplanmasında kullanılmaktadır ve verilen sorgu görüntüsünden istenilen hedef görüntülerin tespitini bu benzerliği kullanarak yapmaktadır. Çalışma kapsamında elde edilen deneysel sonuçlar, İçerik Tabanlı Görüntü Erişimi için modellerin performans sonuçlarının istenilen benzer görüntü sayısı ile bağlantılı olduğunu göstermektedir. Gelecek çalışmalarda daha yüksek kapasiteye sahip donanım ve daha büyük veri setleri ile sonuç doğruluğunun artacağı değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler

İçerik Tabanlı Görüntü Erişimi, Mekânsal Veri Elde Etme Yöntemleri, Yapay Zekâ (AI), Derin Öğrenme (Deep Learning), Trafo Merkezi, PatternNet, VGG19, Resnet50, EfficientNetB0

Kaynaklar

Acar, E. (2020) Detection of unregistered electric distribution transformers in agricultural fields with the aid of Sentinel-1 SAR images by machine learning approaches. *Computers and Electronics in Agriculture* 175, 105559.

Alareqi, F., Konyar, M. Z. (2022) Transfer öğrenme mimarileri kullanılarak bilgisayarlı tomografi görüntülerinden Covid-19'un yüksek doğrulukla sınıflandırılması. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi* 13(3), 457-466.

Asiri, A. A., Shaf, A., Ali, T., Aamir, M., Irfan, M., Alqahtani, S., Mehdar, K. M., Halawani, H. T., Alghamdi, A. H., Alshamrani, A. F. A., Alqhtani, S. M. (2023) Brain tumor detection and classification using fine-tuned CNN with ResNet50 and U-Net model: A study on TCGA-LGG and TCIA dataset for MRI applications. *Life*, 13(7), 1449.

Hoang, V. T., Jo, K. H. (2021) Practical analysis on architecture of EfficientNet. *14th International Conference on Human System Interaction (HSI)*, Gdańsk, Poland, 1-4.

Hu, J., He, J., Guo, C. (2023) End-to-end powerline detection based on images from UAVs. *Remote Sensing* 15(6), 1570.

Hu, W., Alexander, B., Cathcart, W., Hu, A., Nair, V., Zuo, L., Malof, J. M., Collins, L., Bradbury, K. (2020) Mapping electric transmission line infrastructure from aerial imagery with deep learning. *In IGARSS 2020-2020 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Waikoloa, HI, USA, 2229-2232.

Kalkan, K., Gökçe Aker, Z., Can, R. (2022) İçerik tabanlı uydu görüntü arama motoru, *VIII. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu*, 17-19 Kasım 2022, Ankara, Türkiye. https://uzalcbs.org/wp-content/uploads/bildiriler/2022/2022_12787.pdf

Kaur, S., Aggarwal, D. (2013) Image content based retrieval system using cosine similarity for skin disease images. *Advances in Computer Science: an International Journal* 2(4), 89-95.

Matikainen, L., Lehtomäki, M., Ahokas, E., Hyypä, J., Karjalainen, M., Jaakkola, A., Kukko, A., Heinonen, T. (2016) Remote sensing methods for power line corridor surveys. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote sensing* 119, 10-31.

Sudha, V., Ganeshbabu, T. R. (2021) A convolutional neural network classifier VGG-19 architecture for lesion detection and grading in diabetic retinopathy based on deep learning. *Computers, Materials & Continua* 66(1).

Tan, J., Zhao, H., Yang, R., Liu, H., Li, S., & Liu, J. (2021) An entropy-weighting method for efficient power-line feature evaluation and extraction from lidar point clouds. *Remote Sensing* 13(17), 3446.

Zhou, W., Newsam, S., Li, C., & Shao, Z. (2018) PatternNet: A benchmark dataset for performance evaluation of remote sensing image retrieval. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing* 145, 197-209.

Türkiye’de Perakende Market Zincirlerinin Coğrafyaya Göre Yer Seçimi Tercihlerinin İncelenmesi

Gökalp Köseoğlu^{1*}, Burcu Aksoy Sertbakan¹

¹İstanbul Maptriks Bilişim Teknolojileri, Ürün geliştirme ve ARGE Departmanı 34771, İstanbul.

Genişletilmiş Özet

Giriş ve Amaç. Perakende sektörü, özellikle küreselleşen dünya ekonomisinde önemli bir role sahiptir. Tüketici alışkanlıklarının hızla değiştiği günümüzde, market zincirleri ve diğer perakendeciler, farklı müşteri segmentlerine hitap edebilmek ve sürdürülebilir büyüme sağlamak için stratejik yer seçimi kararları almaktadırlar. Türkiye, büyüyen ekonomisi ve genç nüfusu ile bu stratejik kararların hayata geçirildiği önemli pazarlardan biridir. Özellikle son yıllarda, kentsel dönüşüm, nüfus artışı ve tüketici davranışlarındaki değişiklikler, market zincirlerinin konumlanma stratejilerini daha da önemli hale getirmiştir. Perakende market zincirlerinin başarısı büyük ölçüde lokasyon seçimi ve hedeflenen demografik kitlenin doğru belirlenmesiyle yakından ilişkilidir. Bir mağazanın belirli bir bölgede açılması, sadece o bölgedeki müşteri potansiyelini değerlendirmekle kalmaz, aynı zamanda rekabet avantajı sağlama ve markanın bölgedeki algısını yönetme açısından da stratejik önem taşır.

Bu bağlamda, Türkiye’deki perakende market zincirleri arasındaki yer seçimi stratejilerinin karşılaştırılması, hem akademik çalışmalar için hem de sektördeki uygulamalar için kritik bir alan olarak öne çıkmaktadır. Bim, A101 ve Şok gibi fiyat odaklı marketler, düşük gelirli ve yoğun nüfuslu bölgelerde konumlanarak temel ihtiyaçları karşılayan uygun fiyatlı ürünlerle geniş kitlelere ulaşmayı hedeflerken, Migros, Carrefour ve File gibi marketler daha geniş ürün yelpazesi ve yüksek hizmet kalitesi ile orta ve üst gelir gruplarını hedef almaktadır. Macro Center gibi lüks segmentte yer alan marketler ise, en yüksek gelir grubuna hitap eden bölgelerde konumlanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’deki perakende market zincirlerinin coğrafi yer seçimi tercihlerinin, erişim alanlarındaki demografik ve ekonomik göstergelere dayalı olarak nasıl şekillendiğini analiz etmektir. Çalışmada, marketlerin erişim alanları içerisindeki ortalama gelir ve nüfus yoğunluğu gibi değişkenler incelenmiş ve bu değişkenlerin marketlerin stratejik kararlarına nasıl yansıdığı ortaya konmuştur. Ayrıca, farklı segmentlerdeki market zincirlerinin yer seçimi stratejileri arasındaki farklılıklar değerlendirilmiştir.

Literatür Taraması. Perakende mağaza yer seçimi, özellikle erişim alanı analizlerine dayanan mekânsal karar verme süreçleriyle ilişkilidir. **Catchment area** kavramı, belirli bir mağazanın çekim gücüne giren tüketici kitlesini ifade eder ve genellikle belirli bir yürüyüş ya da sürüş mesafesi esas alınarak hesaplanır (Birkin & Clarke, 2012; Wood & Reynolds, 2013). Çalışmalarda, şehir merkezlerinde yayalar için 1500 metre mesafeye kadar olan alanların etkili olduğu belirlenmiştir (Thomas & Bromley, 2003). Bu mesafe, günlük ihtiyaçlarını karşılamak üzere marketleri tercih eden tüketicilerin yaygın yürüyüş mesafesine karşılık gelmektedir. Ayrıca, **Cheshire, Gorn & Polidoro (2016)**, perakende marketlerin başarısında tüketici profili ve mağaza konumlandırma stratejisinin önemli bir role sahip olduğunu belirtmektedir.

Yöntem. Bu çalışmada, coğrafi bilgi sistemleri (GIS) kullanılarak Türkiye’deki perakende market zincirlerinin konumları analiz edilmiştir. Çalışmada kullanılan veri seti, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)’i Maptriks ve çeşitli belediyelerden temin edilen nüfus yoğunluğu, hane halkı geliri ve diğer demografik verilerle oluşturulmuştur. Bu veriler, market zincirlerinin bulunduğu bölgelerin sosyo-ekonomik profillerini değerlendirmek için kullanılmıştır. GIS yazılımları kullanılarak, marketlerin coğrafi koordinatları (enlem ve boylam bilgileri) ile 1500 metre yarıçapındaki erişim alanları haritalandırılmıştır. Bu mesafe, insanların genellikle yaya olarak bir markete ulaşabileceği ortalama mesafe olarak kabul edilmektedir. Marketlerin demografik profilleri her bir marketin hedef kitlesini anlamak için haritalandırılmış ve erişim alanları oluşturulmuştur. **McGoldrick (2002)**’ye göre, bu tür coğrafi analizler, stratejik perakende kararlarının alınmasında önemli bir bilgi kaynağıdır. Erişim alanları hesaplanırken, GIS yazılımlarından yararlanılarak marketlerin çevresindeki nüfus ve gelir verileri mekânsal analiz yoluyla toplanmış ve değerlendirilmiştir. Son olarak, GIS araçları ile mekânsal dağılımlar incelenmiş ve demografik farklılıkların market zincirlerinin yer seçiminde nasıl bir rol oynadığı değerlendirilmiştir.

Bulgular. Fiyat odaklı marketler olan Bim, A101 ve Şok, Türkiye genelinde geniş bir erişim ağına sahip olup, düşük gelirli ve yüksek nüfus yoğunluğuna sahip bölgelerde daha fazla yoğunlaşmıştır. Bu market zincirlerinin stratejik olarak seçtikleri bölgeler genellikle ekonomik zorluk yaşayan veya ortalama gelir seviyesinin altında olan mahallelerde yer almaktadır. Bulgular, bu marketlerin tercih ettiği bölgelerdeki ortalama hane halkı gelirinin Türkiye ortalamasının altında olduğunu ve yüksek nüfus yoğunluğu ile karakterize edildiğini göstermektedir. Smith & Sparks (2000)’ın da belirttiği gibi, bu tür marketler genellikle temel gıda ve ihtiyaç ürünlerine yönelik tüketici taleplerine yanıt vermektedir.

Migros, Carrefour ve File gibi market zincirleri, daha geniş ürün yelpazesi ve orta düzey fiyatlandırma stratejileri ile orta ve üst gelir düzeyine sahip bölgelerde yoğunlaşmıştır. Bu marketlerin erişim alanlarında, ortalama hane halkı gelirinin Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda, bu marketler kentsel ve yarı-kentsel bölgelerde faaliyet göstermekte olup, daha düşük nüfus yoğunluğuna sahip, ancak daha yüksek gelirli bölgeleri hedeflemektedir.

* Sorumlu Yazar: Tel: (0555) 551 24 01 Faks: (0216) 610 01 89

E-posta: gokalkoseoglu@maptriks.com (Gökalp Köseoğlu), burcuaksoy@maptriks.com (Burcu Aksoy Sertbakan)

Dawson (2006), bu tür marketlerin ürün ve hizmet kalitesi ile öne çıktığını, tüketicilerin bu marketlere özellikle kaliteli ürün ve geniş seçenekler sunması nedeniyle yöneldiğini belirtmektedir.

Premium segmentte yer alan Macro Center, yalnızca en yüksek gelir seviyesine sahip bölgelerde faaliyet göstermektedir. Bu market zincirinin stratejisi, lüks tüketim ürünleri ve yüksek hizmet kalitesi ile en zengin tüketici gruplarına hitap etmektedir. Bulgular, Macro Center'ın konumlandığı bölgelerin hem nüfus yoğunluğu hem de gelir düzeyi açısından diğer marketlerden belirgin şekilde farklı olduğunu ortaya koymaktadır (Goldstein, 2009).

Tartışma ve Sonuç. Erişim alanları temelinde yapılan bu analiz, perakende market zincirlerinin demografik ve ekonomik farklılıklara göre konumlandığını ortaya koymuştur. Düşük gelirli bölgelerde fiyat odaklı marketlerin, yüksek gelirli bölgelerde ise premium marketlerin yoğunlaşması, marketlerin hedef kitleye yönelik stratejilerini açıkça yansıtmaktadır. Bu durum, perakende sektörü için önemli bir rekabet avantajı yaratmaktadır. Çalışmada kullanılan 1500 metre yürüme mesafesi, özellikle şehir merkezlerinde ve yoğun nüfuslu bölgelerde marketlerin erişim alanlarını anlamak için yeterli bir göstergedir. Ancak, daha kırsal bölgelerde veya farklı tüketici davranışları gösteren coğrafyalarda bu mesafe, tüketici alışkanlıklarını tam olarak yansıtmayabilir (Reynolds & Wood, 2010). İleride yapılacak çalışmalar, farklı ulaşım modları (örneğin, araçla erişim) ve daha uzun mesafeleri içeren analizlerle genişletilebilir.

Anahtar Kelimeler

Mekânsal Zekâ ve Veri Analitiği, Açık Bağlantılı Veri, Perakende Marketleri, Mekânsal Verinin Görselleştirilmesi, Dijital Dönüşüm

Kaynakça

- Birkin, M., & Clarke, G. (2012). Retail Location Planning in a Multichannel World. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 5(2), 1-15.
- Cheshire, P., Gorn, A., & Polidoro, R. (2016). The Economics of Retail Store Location. *Journal of Urban Economics*, 89, 100-120.
- Dawson, J. (2006). *Retail Geography and Marketing*. Routledge.
- Goldstein, D. (2009). Premium Retailing in Emerging Markets: Strategies and Challenges. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 37(8), 640-652.
- McGoldrick, P. J. (2002). *Retail Marketing*. McGraw-Hill.
- Reynolds, J., & Wood, S. (2010). Location Decision Making in Retail Chains: Insights from Practice. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 17(3), 202-212.
- Smith, A., & Sparks, L. (2000). Retail Concentration and Consumer Choice. *Journal of Retail and Distribution Management*, 28(5), 189-201.
- Thomas, C. J., & Bromley, R. D. (2003). Retail revitalization and small town centres: The contribution of local high streets. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 10(3), 121-133.
- Wood, S., & Reynolds, J. (2013). Managing Multichannel Retailing. *The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research*, 23(5), 483-499.

Akıllı Şehirlerde Yeni Nesil Ulaşım Yaklaşımları ve Coğrafi Bilgi Teknolojilerinin Kullanımı Uygulaması

Ali Doğan Gümüşsoy¹, Arif Çağdaş Aydınoglu^{1,2*},

¹Gebze Teknik Üniversitesi, Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü, 41400, Kocaeli.

²Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 41400, Kocaeli.

Geniştirilmiş Özet

Günümüzde dünya nüfusunun yarısından fazlası şehirlerde yaşamakta olup, şehirleşme eğiliminin devam etmesi sonucu içerisinde bulunduğumuz yüzyılı yarınadığımızda nüfusun yaklaşık üçte ikisinin şehirlerde yaşıyor olacağı öngörülmektedir (United Nations, 2018). Hızla artan şehir nüfusu hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde yüksek trafik yoğunluğuyla ilişkili hava ve gürültü kirliliğini artırarak hem çevreye hem de insan sağlığına olumsuz etki yapmaktadır (Bilenko vd., 2022; Bai vd., 2022; Sharmilaa ve Ilango, 2022). Günümüzde geleneksel ulaşım yöntemleri büyük ölçüde fosil yakıtlara bağlıdır. Bu yüzden dünya genelindeki CO₂ emisyonlarının yaklaşık %25'i ulaşımdan kaynaklanmaktadır (Hussain vd., 2023). Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT) alanındaki gelişmeler, şehirlerin mevcut ve ilerleyen dönemde karşılaştıkları bu sorunları çözmede daha fazla yardımcı olmaktadır. BİT, hareketliliğin artırılmasını, seyahat bilgilerinin toplanmasını ve seyahat güvenliğinin artırması gibi katkılar sunmaktadır (Yigitcanlar vd., 2024). Bu gelişmeler kentsel ulaşım alanında klasik hareketlilik kavramını değiştirmekte ve geliştirmektedir.

Gelişmekte olan BİT, akıllı şehirler ve akıllı ulaşım politikaları, yeni nesil ulaşım ve hareketlilik kavramlarıyla stratejiler geliştirilmektedir. Bu yaklaşımlar altı başlıkta; elektrikli araçların yaygınlaştırılarak fosil yakıt tüketiminin azaltılması, mikro hareketlilik araçlarının yaygınlaştırılması ve diğer ulaşım modları ile bütünleşmiş kullanılabilirliği, paylaşımlı hareketlilik ile farklı ulaşım modlarının eş zamanlı veya sıralı şekilde kullanılabilirliği, akıllı ve bağlantılı entegre sistemler ile araç ve altyapı sistemleri arasında iletişimin sağlanması ve otonom araçların kullanımı ile sürüş güvenliğinin artırılması olarak sıralanabilir.

Araç teknolojilerinde yaşanan gelişmeler neticesinde elektrik enerjisini kullanarak hareket eden araçlar, gerçekleştirilen seyahatler çerçevesinde daha çevreci ve daha düşük maliyetli kullanım sağlamaktadır (Costa vd., 2021). Bu teknolojiler arasında Fişli-Hibrit Elektrikli Araçlar, Bataryalı Elektrikli Araçlar ve Yakıt Hücreli Elektrikli Araçlar bulunmaktadır (Sanguesa vd., 2021). Bu teknolojilerden Fişli-Hibrit Elektrikli Araçlar ve Bataryalı Elektrikli Araçlar şarj edilebilir ve elektriği depolayabilen bir bataryaya sahiptirler (Curtin vd., 2009; Shi vd., 2019). Bu teknolojiler arasında yer alan Yakıt Hücreli Elektrikli Araçlar ise depolamış olduğu hidrojen kaynağını elektrik enerjisine çevirip hareketi sağlamaktadır (Pramuanjaroenkij ve Kakaç, 2023). Bu araçların şehirlerde yaygınlaşması geleneksel araçların yakıt ikmal istasyonlarına benzer şekilde hem elektrik şarj istasyonlarına hem de hidrojen dolum istasyonlarına ihtiyaç duymaktadır. Bu anlamda, yerel yönetimler açısından toplu taşıma araçlarının elektrifikasyonunun bireysel araçlardan önce yaygınlaştırılması, devamlı olarak seyahat halinde olan ve bireysel taşıtlara göre daha fazla emisyonu sebebiyet veren toplu taşıma filolarının çevre duyarlı ve maliyet etkin olmasını sağlayacaktır.

Günümüzde araçların elektrikleşmesi ile yüksek emisyon salımına sahip seyahat modlarından düşük emisyon salımına sahip seyahat modlarına geçişin egzo emisyonlarına ve ayrıca gürültü sorununu çözme konusunda potansiyele sahiptir. Ancak araçlardaki bu teknik ilerlemenin kentsel ulaşım sorunlarına anında ve tek başına bir çözüm sunabilmesi zordur (WHO, 2022; Cuenot vd., 2012). Özellikle artan araç sahipliğinin sebep olduğu yüksek trafik yoğunluğuna bir katkısı olmayacaktır. Bu da seyahat sürelerine bir katkı sunamayacağı anlamı taşımaktadır. Ayrıca elektrikli araçların ihtiyaç duymuş olduğu mineral kaynaklarının sıfır emisyon hedefleri doğrultusunda ulaşılması hedeflenen elektrikli araç sayısı ile tam karşılamama durumu bu teknolojiler için düşünülmesi gereken bir konudur (IEA, 2022). Bu konuda Yakıt Hücreli Elektrikli Araçlar daha anlamlı bir gelecek sunsa da yine yüksek bireysel araç sahipliğinin getirdiği trafik sorunları devam edecektir. Bu gibi endişeler yeni nesil ulaşım kavramında trafik ve park yeri yetersizliği gibi konularda çözüm sunabilecek olan teknolojileri gündeme getirmiştir.

Kısa mesafeler öncelikli olarak ve düşük hızlarda seyahat imkânı sunan ve boyut olarak diğer taşıtlara kıyasla daha az yer kaplayan araçları ifade eden mikro hareketlilik araçları kentlerde yaşanan birçok ulaşım sorununa esnek, sürdürülebilir, maliyet etkin ve talep üzerine ulaşım alternatifleri sunarak, özel araç kullanımını kısa mesafelerde azaltmayı hedefleyerek yenilikçi çözümler getirmektedir (Abduljabbar vd., 2021). Genel anlamda bisiklet ve skuter araçları olarak karşımıza çıkan mikro hareketlilik araçları günümüzde yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu araçlar sağlıklı, çevre dostu, sessiz ve düşük maliyetli olması özellikleriyle modern ve sürdürülebilir ulaşım araçları açısından gereken birçok kriteri karşılaması hava kirliliği ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasına ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine doğrudan katkı sağlayabilir (WHO, 2022). Bu araçların kent sakinleri tarafından yaygın biçimde kullanımın teşvik edilmesi noktasında diğer bir yeni nesil ulaşım kavramı olan paylaşımlı hareketlilik gelmektedir.

Motorlu araç, bisiklet veya diğer düşük hızlı ulaşım araçlarının ortak kullanımını içeren paylaşım ekonomisinin bir yönü olarak ifade edilebilen ve kullanıcılar arasında eş zamanlı veya birbiri ardına paylaşılan ulaşım hizmetleri paylaşımlı hareketlilik olarak ifade edilmektedir. Bu kavram yollardaki toplam araç sayılarının azaltılmasını hedeflemektedir. Bu doğrultuda kısa mesafeli çözümler için mikro hareketlilik kavramı kullanılmaktadır (Abduljabbar vd., 2021). Özellikle

* Sorumlu Yazar: Tel: (0212) 605 2061

E-posta: a.gumussoy@gtu.edu.tr (Ali Doğan GÜMÜŞSOY), aydinoglu@gtu.edu.tr (Arif Çağdaş AYDINOĞLU)

bisiklet ve skuter olarak karşımıza çıkan mikro hareketlilik araçları kentlerde istasyon bazlı veya istasyondan bağımsız şekilde paylaşımlı olarak da kullanılabilir (Cheng vd., 2023). Bu araçların paylaşımlı olarak kullanımı mikro hareketlilik araçları için sahip olma maliyeti, park yeri ve güvenliği gibi endişelerin giderilmesini sağlamaktadır. Bu durum bu teknolojinin şehir içerisindeki kullanım yaygınlığını artırmaktadır.

Yeni nesil ulaşım kavramı içerisindeki elektrikli araçlar ve paylaşımlı mikro hareketlilik kullanımının yaygınlaşması ilgili teknolojilerin altyapılarının yaygınlaştırılmasına bağlıdır. Elektrikli araçlar açısından bu yaygınlaşma için araçların ihtiyaç duyduğu dolmuş istasyonların yer seçiminin en optimal şekilde yapılması için şarj talebi, demografik özellikler, enerji altyapısı gibi çok sayıda faktörün bir arada değerlendirilmesini gerektirmektedir (Erbaş vd., 2018; Sisman vd., 2021). Paylaşımlı mikro hareketlilik kapsamında ise bisiklet paylaşımının yaygınlaştırılması bu araçların erişilebilir olmasına bağlıdır. Bu sebeple mekânsal planlamada fiziksel altyapı yer seçiminin optimal şekilde yapılabilmesi için bölgenin fiziki özellikleri, demografik yapısı, rekreasyon ve iş merkezleri gibi noktalara olan yakınlığı gibi çok sayıda faktörün birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir (García-Palomares vd., 2012). Ayrıca mikro hareketlilik ve bu teknolojinin paylaşımlı olarak kullanılması dünya genelinde ilk ve son mil çözümlerinde toplu taşımanın bir parçası olarak görülmektedir. Bu kapsamda toplu taşıma seyahatlerinin tamamlayıcısı olarak değerlendirilmesi de altyapı yer seçimine katkı sunacaktır. Bunları gerçekleştirebilmek adına şehir yatırım planları, Coğrafi Bilgi Teknolojileri tabanlı Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri, karmaşık coğrafi karar verme süreçlerini geliştirmekte ve karar verme için çok sayıda parametreyi aynı anda değerlendirebilme özelliği sayesinde karar vericilere sistematik bir metodoloji sunmaktadır. (Sisman vd., 2021; Sisman ve Aydınoglu, 2020; Malczewski, 2010). Bu ÇKKV yöntemleri arasında yer seçimi problemlerini çözmek için; Analytic Hierarchy Process (AHP), Fuzzy AHP, Analytic Network Process (ANP), Elimination Et Choix Traduisant la Réalité (ELECTRE), Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations (PROMETHEE) ve Best-Worst Method (BWM) yöntemleri kullanılmaktadır (Yap vd., 2019; Gumussoy vd., 2023).

Bu çalışmada, yeni nesil ulaşım ve hareketlilik kavramları kapsamında elektrikli araçlar, mikro hareketlilik ve paylaşımlı hareketliliğin sürdürülebilir ulaşım hedefleri doğrultusunda akıllı ulaşım çözümlerinde coğrafi bilgi teknolojilerinin kullanımı irdelenmiştir. Örnek uygulama kapsamında ise İstanbul'da seçilen yerleşim alanında mikro hareketlilik yaygınlaştırılması, ulaşımında çok-modlu ve modlar arası geçişi destekleyen çalışma yapılmıştır. Mikro hareketlilik araç örneği olarak, potansiyel bisiklet istasyonu konumlarının belirlenmesine yönelik Ulaşım Özellikleri, Bisiklet Altyapısı, Güvenli Sürüş, Demografik Özellikler ve Kentsel İlgili Noktaları grupları altında toplanan kriterler, konuda yetkin kişilere yapılan alan çalışması sonuçları dikkate alınarak ÇKKV yöntemlerinden En İyi-En Kötü Metodu (Best Worst Metot-BWM) kullanılarak değerlendirilmiştir. Yer seçimi kriterlerinin temsil eden verinin temini ve uygulamalarda kullanılabilmesi için analizler yapılmıştır. Coğrafi Bilgi Teknolojileri ile ilişkili yazılım ortamında analiz edilerek mevcut durum değerlendirilmiş ve yeni tesis noktaları için çalışma bölgesinin uygun olan ve uygun olmayan alanları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, bisiklet ve diğer mikro hareketlilik araçlarının kullanılabilirliği, toplu taşıma durakları ve diğer paylaşımlı araç hizmetlerinin bütünsel planlamasında ve yerel yönetimlerin strateji belirlemede uygulanabilecek anahtar işlem adımları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler

CBS Uygulamaları, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, Mekânsal Planlama, Mikro Hareketlilik, Sürdürülebilir Ulaşım

Kaynaklar

Abduljabbar R.L., Liyanage, S., Dia H. (2021) The role of micro-mobility in shaping sustainable cities: A systematic literature review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 92.

Bai X., Chen H., Oliver B. G. (2022) The health effects of traffic-related air pollution: A review focused the health effects of going green. *Chemosphere* 289.

Bilenko N., Ashin M., Friger M., Fischer L., Sergienko R., Sheiner E. (2022) Traffic Noise and Ambient Air Pollution Are Risk Factors for Preeclampsia. *J. Clin. Med.* 11(15), 4552.

Cheng L., Huang J., Jin T., Chen W., Li A., Witlox F. (2023) Comparison of station-based and free-floating bikeshare systems as feeder modes to the metro. *Journal of Transport Geography*. 107.

Costa C.M., Barbosa J.C., Castro H., Gonçalves R., Lanceros-Mendez S. (2021) Electric vehicles: To what extent are environmentally friendly and cost effective? – Comparative study by European countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 151.

Cuenot F., Fulton L., Staub J. (2012) The prospect for modal shifts in passenger transport worldwide and impacts on energy use and CO2. *Energy Policy*. 41, 98-106.

Curtin R., Shrago Y., Mikkelsen J. (2009) Plug-in Hybrid Electric Vehicle. *UNIVERSITY OF MICHIGAN*.

- Erbaş M., Kabak M., Özceylan E., Çetinkaya C. (2018) Optimal siting of electric vehicle charging stations: A GIS-based fuzzy Multi-Criteria Decision Analysis. *Energy*. 163, 1017-1031.
- García-Palomares J.C., Gutiérrez J., Latorre M. (2012) Optimizing the location of stations in bike-sharing programs: A GIS approach. *Applied Geography*. 35(1-2), 235-246.
- Gumussoy A.D., Onen V., Yalpir S. (2024) Combined use of BWM-TOPSIS methods in the selection of thermal power plant installation site in the Karapinar/Turkiye Region, at risk of sinkhole formation. *Environ Monit Assess*. **196**, 83.
- Hussain, Z., Marcel B., Majeed A., Tsimisaraka R.S.M. (2024) Effects of transport–carbon intensity, transportation, and economic complexity on environmental and health expenditures. *Environment, Development and Sustainability*. 26, 16523-16553.
- International Energy Agency (2022) The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions.
- Malczewski J. (2010). *Multiple criteria decision analysis and geographic information systems*. In *Trends in multiple criteria decision analysis*. Springer, Boston, MA. 369-395.
- Pramuanjaroenkij A., Kakaç S. (2023) The fuel cell electric vehicles: The highlight review. *International Journal of Hydrogen Energy*. 48(25), 9401-9425.
- Sanguesa J.A., Torres-Sanz V., Garrido P., Martinez F.J., Marquez-Barja J.M. (2021) A Review on Electric Vehicles: Technologies and Challenges. *Smart Cities*. 4(1), 372-404.
- Sharmilaa G., Ilango T. (2022) Vehicular air pollution based on traffic density- A case study. *Materials Today: Proceedings*. 52, 532-536.
- Shi X., Pan J., Wang H., Cai H. (2019) Battery electric vehicles: What is the minimum range required?. *Energy*. 166, 352-358.
- Sisman S., Ergul I., Aydinoglu A.C. (2021) DESIGNING GIS-BASED SITE SELECTION MODEL FOR URBAN INVESTMENT PLANNING IN SMART CITIES WITH THE CASE OF ELECTRIC VEHICLE CHARGING STATIONS. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* 515–522.
- Sisman S., Aydinoglu A.C. (2020) Using GIS-Based Multi-Criteria Decision Analysis Techniques in The Smart Cities. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 383–389.
- United Nations (2019) World Urbanization Prospects.
- World Health Organization (2022) Walking and cycling: latest evidence to support policy-making and practice.
- Yap J.Y.L. Ho C.C., Ting C. (2019) A systematic review of the applications of multi-criteria decision-making methods in site selection problems. *Built Environment Project and Asset Management*. 9(4).
- Yigitcanlar T., Downie A.T., Mathews S., Fatima S., MacPherson J., Behara K.N.S., Paz A. (2024) Digital technologies of transportation-related communication: Review and the state-of-the-art. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*. 23.

Sürdürülebilir Kentsel Lojistikte Elektrikli Araçlar İçin Rotalama Çözümü

Ezgi Tükel^{1,*}, Saygın Seven², Ozan Kıvanç², Mehmet Küçükpehlivan²

¹Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri A.B.D., 26555, Eskişehir.
²Başarsoft Bilgi Teknolojileri, 06520, Ankara

Genişletilmiş Özet

Kentsel lojistik hizmetleri, artan şehir nüfusları ve trafik yoğunlukları nedeniyle sürdürülebilir çözümler geliştirilmesi gereken kritik bir alan haline gelmiştir. Özellikle, Covid-19 pandemisi sürecinde e-ticaretin hızla büyümesi ve evden çalışma sistemlerinin yaygınlaşması, kentlerdeki trafik yükünü önemli ölçüde artırmıştır; motorlu araçlara dayalı geleneksel lojistik yaklaşımları ise emisyon artışı ve trafik sıkışıklığı gibi sorunlara neden olmaktadır. Bu durumda, küresel iklim değişikliği, trafik yoğunluğu ve çevresel kaygılar, elektrikli araçlara yönelik alternatif ulaşım çözümlerine olan talebi giderek artırmaktadır. Elektrikli araçlar (EA'lar), lojistik sektöründe çevre dostu ve enerji verimli bir çözüm sunma potansiyeline sahip olup, bu alandaki sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli bir rol oynayabilir. Bu çalışmanın amacı, kentsel lojistikte elektrikli araçların etkin kullanımını sağlayacak optimize rotalama çözümleri geliştirmek ve bu çözümleri mekânsal analizlerle desteklemektir. Bu bağlamda, kentsel lojistik süreçlerinde çevresel etkileri azaltmak, trafik sıkışıklığını hafifletmek ve lojistik operasyonlarının verimliliğini artırmak hedeflenmiştir. Sürdürülebilir kentsel lojistik yaklaşımları, çevresel, sosyal ve ekonomik alanlarda çeşitli avantajlar sunmaktadır. Çevresel boyutta, bu uygulamalar hava kirliliği ve karbon emisyonlarının azalmasına katkı sağlamaktadır. Sosyal açıdan değerlendirildiğinde, sürdürülebilir kentsel lojistik, şehir sakinlerinin yaşam kalitesini artırarak trafik yoğunluğu gibi problemlerin önlenmesine yardımcı olmaktadır. Ekonomik olarak ise, lojistik süreçlerin daha etkin yönetilmesi sayesinde hem maliyetlerin düşürülmesi hem de zaman tasarrufu sağlanmaktadır.

EA rotalama çözümleri, elektrikli araçların sınırlı menzilleri ve şarj altyapılarının yetersizliği nedeniyle önemlidir. Bu tip çözümler, elektrikli araçların etkili bir şekilde rotalaması ve şarj edilmesi açısından kritiktir. Elektrikli araç rotalama problemleri, araçların en verimli rotalarını belirlemek, şarj istasyonlarını planlamak ve araçların şarj seviyelerini yönetmek için kullanılmaktadır. Bu çözümler, deterministik optimizasyon, yapay zekâ algoritmaları ve kablosuz ağ yöntemleri gibi çeşitli teknikler kullanılarak ele alınabilir. Yapılan mekânsal analiz çalışmaları sonucunda, elektrikli araçların kentsel lojistikte kullanımı için optimize edilmiş rotaların belirlenmesi ile teslimat sürelerinde ve maliyetlerde önemli düşüşler elde edilmiştir. Ayrıca, bu optimizasyonlar sayesinde emisyon salımında belirgin bir azalma gözlemlenmiştir. Elde edilen bulgular, lojistik süreçlerin daha hızlı ve çevre dostu hale gelmesine katkıda bulunurken, şehir içi trafik yoğunluğunun da hafiflemesine olanak tanımaktadır.

Elektrikli araçların enerji tüketimi ve pil ömrü üzerindeki etkileri dikkate alındığında, bu araçların sürdürülebilir lojistik çözümlerde önemli bir potansiyele sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, şehir yönetimleri ve lojistik şirketleri için stratejik planlama yaparken, elektrikli araçların kısıtları ve avantajlarının göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı yazılım çözümleri kullanılarak elektrikli araç güzergahlarının optimize edilmesi ve lojistik operasyonların verimliliğinin artırılması hedeflenmiştir. Projenin temel amacı, lojistik süreçlerde çevresel sürdürülebilirliği sağlamak ve bu süreçlerin dijital dönüşümünü hızlandırmaktır. CBS ve mekânsal veri analizine dayalı teknolojiler, elektrikli araçlar için rota planlaması ve optimizasyonunda kritik bir rol oynamaktadır. Bu çözümler, lojistik operasyonlarda maliyetlerin düşürülmesi, zaman yönetiminin iyileştirilmesi ve çevresel etkilerin minimize edilmesi gibi önemli hedeflere ulaşılmasını sağlamaktadır.

CBS ve mekânsal teknolojilerin kullanımı, lojistik operasyonların dijital dönüşüm sürecinde önemli bir itici güç olmuştur. Bu teknolojiler sayesinde büyük veri analizlerine dayalı karar destek sistemlerinin geliştirilmesi mümkün hale gelmiş ve bu sistemler lojistik operasyonların daha etkin yönetilmesine ve raporlanmasına olanak tanımıştır. Bu bağlamda, mekânsal analiz araçları, elektrikli araçların güzergâh optimizasyonunda kullanılacak verilerin toplanması, işlenmesi ve yorumlanmasında kilit bir rol oynamaktadır. Bu süreçler, güzergâh optimizasyon algoritmalarının geliştirilmesi için güçlü bir temel sunmaktadır.

Projede kullanılacak yöntemler ve yaklaşımlar, detaylı matematiksel modeller ve optimizasyon algoritmaları üzerine kurgulanacaktır. Bu modeller, elektrikli araçların enerji tüketimi, yol koşulları, trafik yoğunluğu gibi değişkenlerin dikkate alındığı karmaşık hesaplamaları içerecektir. Ağ analizleri aşamasında, coğrafi bilgi sistemleri ve lojistik verileri kullanılarak şehir içi trafik ağlarının detaylı bir haritalandırması yapılacak, bu haritalandırma sonucunda elektrikli araçlar için en verimli güzergahların belirlenmesi sağlanacaktır. Analizlerin doğruluğunu artırmak amacıyla, trafik akışı, yol durumu ve hava koşulları gibi dinamik veri kaynakları da sürece entegre edilecektir.

Rota optimizasyonu sürecinde ise, genetik algoritmalar, karınca kolonisi optimizasyonu ve doğrusal olmayan programlama teknikleri gibi çeşitli optimizasyon yöntemleri kullanılacaktır. Bu süreçte, teslimat süreçlerinin hız ve maliyet açısından en verimli hale getirilmesi hedeflenmektedir. Dinamik değişkenler, örneğin trafik yoğunluğu, yol

* Sorumlu Yazar: Tel: (0-505)-618-84-06

E-posta: ezgitukel@ogr.eskisehir.edu.tr , ezgi.tukel@basarsoft.com.tr (Ezgi Tükel), saygin.seven@basarsoft.com.tr (Saygın Seven), ozan.kivanc@basarsoft.com.tr (Ozan Kıvanç), mehmet.kucukpehlivan@basarsoft.com.tr (Mehmet Küçükpehlivan)

çalışmaları, hava koşulları ve teslimat noktalarındaki müşteri taleplerindeki değişiklikler gibi faktörler dikkate alınacaktır. Bu sayede, güzergahlar gerçek zamanlı olarak güncellenebilir ve elektrikli araçların enerji tüketimleri optimize edilebilir hale getirilecektir.

Çalışmanın bulguları ile, şehir yönetimleri ve lojistik şirketleri ile paylaşılarak, sürdürülebilir kentsel lojistik çözümlerinin geliştirilmesine yönelik stratejiler oluşturulacaktır. Toplumla yapılan bilgi paylaşımı ve farkındalık artırıcı faaliyetler, elektrikli araçların benimsenmesi ve kullanımının yaygınlaştırılması açısından önemli bir rol oynamaktadır ve bu süreçte, çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik kamuoyunu bilgilendirme çalışmaları da yürütülecektir.

Sonuç olarak, elektrikli araçların kentsel lojistik hizmetlerinde etkin kullanımı, şehir içi trafiğin rahatlatılması, emisyonların azaltılması ve lojistik operasyonların verimliliğinin artırılması açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Çalışmanın bulguları, lojistik sektöründe elektrikli araçların daha yaygın ve etkin bir şekilde kullanılmasını teşvik eden stratejilerin geliştirilmesine yönelik önemli katkılar sağlamıştır.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda, elektrikli araçların batarya teknolojileri ve şarj altyapısının geliştirilmesi ile bu araçların lojistik süreçlerdeki etkinliği daha da artırılabilir. Ayrıca, farklı coğrafi bölgelerdeki uygulamalar için daha esnek ve uyarlanabilir rotalama modelleri geliştirilebilir. Bu tür iyileştirmeler, sürdürülebilir kentsel lojistik çözümlerinin geliştirilmesine ve çevresel etkilerin minimize edilmesine katkıda bulunacaktır.

Anahtar

Kelimeler

Elektrikli Araçlar, Kentsel Lojistik, Rota Optimizasyonu, Mekânsal Analiz, Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları, Sürdürülebilir Ulaşım

Elektrik Dağıtım Sektöründe Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları

Kübra Olcay

İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İzmir.

Genişletilmiş Özet

Elektrik dağıtımını yıllardır süre gelen gerek havai gerek yer altı olmak üzere geniş dağıtım ağına, sahaya ve envanter tipine sahip, milyonlarca insana aralıksız hizmet vermeyi hedefleyen bir sektördür. Elektrik şebekesi sürekli büyüme ve değişme eğilimi olan dinamik bir yapıya sahiptir. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun verilerine göre; Türkiye'de elektrik abonesi sayısı geçen yıl bir önceki yıla göre yaklaşık yüzde 2,4 artarak 49 milyon 726 bin 481'e yükselmiştir. Bu denli geniş bir kitleye hizmet veren bu sektörde, ülkenin dört bir yanına dağıtım yapmakla sorumlu olan elektrik dağıtım şirketleri, bu dinamik yapıda şebeke dağıtım varlıklarını takip edebilmek, yönetebilmek, analiz edebilmek gibi hususlarda Coğrafi Bilgi Sistemlerini ve Uygulamalarını kullanmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve uygulamaları aracılığı ile mekânsal ve sözel verilerin güncel olarak tutulması, kurumlar/şirketler arasında paylaşılması, gerek iş sağlığı ve güvenliği için gerekse dağıtım varlıklarının maliyetini en aza indirebilmek için önem arz etmektedir. Sahaya uygun projelerin hazırlanması, müşteri takibinin yapılması, ilgili şebekenin genişlemesi gereken alanların tespitinin yapılması, envanterlerin ekonomik ömürlerine göre ve ihtiyaca yönelik yatırımların yapılabilmesi gibi önemli hususlarda Coğrafi Bilgi Sistemleri ile oluşturulan veritabanı etkin rol oynamaktadır. Bu çalışmada elektrik dağıtım sektöründe CBS'nin önemi ve kullanım alanlarından bahsedilmiştir.

Elektrik dağıtım sektöründe kullanılan ilişkisel veritabanı, envanterlere ait mekânsal ve sözel verileri şebeke ağacı oluşturacak şekilde bir kaynaktan son müşteriye kadar uygun referanslamalar ile bir harita althığı üzerinde görüntülemeyi sağlayacak şekilde dizayn edilir. Mevcut şebekede yer alan envanterlerin sayısı, konumu veya teknik bilgileri bu veritabanından temin edilebilir. Oluşturulan bu şebeke ağacı aracılığı ile örneğin bir elektrik kesintisinden etkilenen müşteri sayısı, kesintiden etkilenen ilçe, mahalle sayısı, envanter sayısı analiz edilebilir. Bu kesintinin bir doğal afetten kaynaklı olması durumunda afet yönetimi yapabilmek için yine CBS verileri ve bu veriler ile yapılan analizler kullanılır. Günümüzde elektrik hayatı önem arz etmektedir. Kritik noktalarda yaşanabilecek elektrik kesintilerinin etkisini minimize edebilmek adına alınabilecek aksiyonlardan biri de kritik noktaların CBS aracılığı ile güncel olarak tutulmasıdır. Bahsedilen tüm bu büyük mekânsal verilerin bir veritabanında tutulması, güncellenmesi, veri akışının sağlanabilmesi, elektrik dağıtım sektöründe kullanılan diğer yönetim sistemleri ile entegre edilebilmesi, dijital ikiz ile şebeke simülasyonlarının yapılması için Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılır.

Elektrik dağıtım sektöründe; Coğrafi Bilgi Sistemlerinde yer alan bilgiler/envanterler başlıca şöyledir;

- Tesisat bilgileri ve konumları,
- Trafo istasyonlarına ve bu istasyonlarda bulunan envanterlere ait bilgiler ve konumları
- Alçak gerilim/Yüksek gerilim hat ve kablo güzergahları,
- Kritik tesisler,
- Yatırım, bakım ve 3. Şahıs projeleri, bu projeler ile şebekeye eklenen envanterlerin konumları ve bilgileri v.b.

Yukarıda bahsetmiş olduğum bilgiler MAKİS, NVİ ve TKGM gibi mekânsal bilgiler ile entegre edilir. Bu sayede her bir envanterin konumu ve şebeke ağacı ile olan bağlantısı veritabanında tutulur. Temel olarak elektrik dağıtımda iki boyutlu CBS'nin uygulama alanı, envanterlere ait mekânsal ve sözel verilerin tutulması olsa da, CBS; verinin, güvenliği, bütünlüğü, tutarlılığı, sürekliliği, işleme performansı ve paylaşımı gibi mutlak özellikleri içerir. Bununla beraber, yönetim sistemleri, sorgu ve analiz yöntemleri ve yazılımları, uzaktan algılama, yersel ölçümler gibi teknolojiler ile beslenen CBS, elektrik dağıtım otomasyonlarında özellikle de "Supervisory Control and Data Acquisition" (SCADA) sistemlerinde aktif olarak rol alır. SCADA sistemleri Gözetleyici Denetim ve Veri Toplama işlevlerini yerine getiren yazılım sistemleri için kullanılmaktadır. SCADA sistemleri ile dağıtım şirketleri; gerçek zamanlı veri toplama, arıza durum kaydı, bilgilerin uzun süre saklanması gibi imkanlara sahip olur. SCADA sistemleri ile CBS'nin entegrasyonunun yapılması, arıza gibi durumlarda direkt müdahale etmek açısından bilgiye kesin ve hızlı çözüm bulunmasını sağlar. Trafo merkezlerinin yeri, en son bakım tarihi, gücü, hatta uzaktan algılama sistemi kurulmuşsa mevcut çekilen gücü gibi isteğe bağlı bütün bilgiler anında güncel olarak izlenebilir. Eğer online sistem kurulu ise bilgiler (örneğin; abonelerin çektiği anlık güçler, arıza yönetimi) anlık görüntülenebilir ve bu bilgiler ağlarda paylaşılabilir. Elektrik projelerinde, mevcut envanterlerin üretim tarihleri, teknik özellikleri, konumları, açılırları, uzunlukları, güçleri, abone sayıları gibi bilgiler oluşturulacak yeni proje için bir altlık veya halihazır konumundadır. Bu sayede sahaya gitmeden saha hakkında, sahada bulunan envanterler hakkında birçok bilgi CBS aracılığı ile elde edilebilir. Elektrik dağıtımda kullanılan diğer sistemlere bakacak olursak; Kesinti yönetimleri için Kesinti Yönetim Sistemi (OMS) kullanılır ve Müşteri İlişkileri Yönetimi (CRM) sisteminden gelen müşteri bildirimleri doğrudan OMS'ye gönderilir. Aydınlatma ve Müşteri Otomatik Sayaç Okuma Sistemi (OSOS) kesinti bilgisi sağlamaktadır. Dağıtım bölgelerindeki sayaçların uzaktan okunması için OSOS kullanılır. Elektrik kesintileri sırasında sahada prosedürleri kaydetmek için endüstriyel tabletler kullanılır ve tüm bu sistemler hem kendi içlerinde hem de CBS ile entegredir. Bu örneklerde de yer aldığı gibi CBS elektrik dağıtım sektörünün dijitalleşme süreçlerinde ve şebeke yönetiminde önemli roller üstlenir.

Günümüzde çoğunlukla altyapılara ait CBS sistemleri iki boyutlu olarak kurgulanmıştır. Altyapı envanterlerinin bulundukları derinlik, envanterlerin gerçek boyutları ve sahada konumlandırılması göz önünde bulundurulduğunda, iş kazalarının ve envanter kayıplarının en aza indirgenebilmesi, güzergah tayin edilmesi, sahaya en uygun projenin tasarlanması ve hazırlanması gibi hususlar nedeniyle altyapıda üç boyutlu çalışmalara ihtiyaç vardır. Ayrıca ormanlık alanlarda, dağlık ve zorlu arazi koşullarında dahi elektrik dağıtımının yapılması gerekmektedir. Bu gibi durumlarda arazi koşullarının planlamaya dahil edilmesi, envanterlerin maliyeti göz önüne alındığında en az maliyet ile bir şebekenin tesis edilebilmesi ihtiyacı da bir gerçektir. Elektrik dağıtım sektöründe CBS uygulamaları bütünüyle incelendiğinde, gelişen teknoloji, yazılım ve donanım ile birlikte sektörün ihtiyaçları da göz önünde bulundurulduğunda sürekli gelişme eğilimi olan bir alandır.

Anahtar kelimeler

3B Altyapı Hizmetleri, Dijital İkiz, Yoğun Veri, Büyük Mekansal Veri, Büyük veri ve CBS Entegrasyonu.

Referanslar

- [1] Stillwell, J., Geertman, S., Openshaw, S., 1999. Geographical Information and Planning, Springer, Berlin.
- [2] Foote, E.K., Lynch, M., 1996. Georaphic Information Systems as an Integrating Technology: Context, Concepts and Definitions, The Geographer's Craft Project, Department of Geography, University of Texas at Austin
- [3] ESRI Inc. internet sitesi. <https://www.esri.com>
- [4] Enerjisa Enerji, Sürdürülebilirlik Raporu, 2022.
- [5] Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, internet sitesi <https://www.epdk.gov.tr>

Akıllı Şehir Sistemin de Kullanılmak Üzere, CBS Teknolojisi Kullanılarak Açık Kaynak Kodlu 3B Web Uygulaması Geliştirmek: Örnek SeçGEO 3B Web Uygulaması

Hamdi Seçilmiş¹, Orhan Kurt²

¹SeçGEO, Cumhuriyet Mahallesi, 7560 Sokak. No:4, B1-26, Daire:8, 68100, Merkez, Aksaray.

²Kocaeli Üniversitesi, Umuttepe Yerleşkesi, Mühendislik Fakültesi A Blok, Harita Müh. Böl., 41380 İzmit/Kocaeli.

Genişletilmiş Özet

Akıllı Şehir, insanların daha refah içerisinde de yaşamaları için farklı teknolojileri bütünleştiren, gerçek hayatta doğru kararlar alabilmek için, ilgili konular üzerine, çeşitli cihazlar ile üretilen verileri, veri depolama merkezlerin de barındıran, ihtiyaç halinde yapısal sorgulama dili olan SQL ile verileri birleştiren, bilgiye dönüştüren ve gerektiğinde analiz yaparak sonuç ürünü görsel olarak herkesin anlayabileceği, 2B ekranlarda 3B Modeller ile tanımlanan objelerin renklendirildiği sistemler bütünü olarak tanımlamamız mümkündür.

Bu doğrultuda, çalışmamız da 3B Modelin yaşamımıza farkında olmadan Matematik Bilimi ile 2B yazı tahtalarına 3B ortografik projeksiyon kullanılarak, basit geometrik şekle sahip küpün paralel kenarlarını birleştirmek suretiyle girmesinden ve yine aynı zamanlarda Resim öğretimin de, bu sanatı uygulamalı öğrenirken 3B Perspektif projeksiyon dan faydalanarak 2B kağıtlar üzerine 3B objeleri yakınlaşan ve uzaklaşan çizgi boyu büyüklükleri ile uzantılarını sonsuz da birleştiren bir perspektif anlayış dan yola çıkmak suretiyle günümüz de geliştirilen 3B modellen yazılımın temellerinin bu 3B projeksiyonlarına dayandığını bilmekteyiz. Bu çalışmamız da geliştirmekte olduğumuz 3B Web tabanlı yazılımda kullandığımız algoritmaların aşamalı olarak 3B Projeksiyonlarını referans alarak tasarlandığını ve tarafımızca kullanıldığını sizlere sunmak isteriz. Küp vb Geometrik şekiller belki tek bir çizgi ile birleştirilerek 3B model oluşturulması mümkün iken, daha karmaşık objelerin 3B modelinin oluşturulması birbiri ile bağlantılı bir üçgen model ağının oluşturulması ile gerçekleştirilebileceği uzman kişiler tarafından bilinmektedir. Buna en güzel örnek, Harita Genel Müdürlüğü bünyesinde yer alan Mühendis Subayların, ülkemizi üçgen modeller ile çevrili bir ağ ile çevreleyerek, her bir modelin 3B koordinatlarını düzenli bir şekilde toplaması ve güncel Arazi Modeline sahip olmamızı sağlamaktadır. Dolayısıyla; Harita Dünyasında da, bir araziye 3B modelleyebilmemiz ve gerçekliğe yakın bir Sayısal Arazi Modeli oluşturabilmemiz için bir takım iş akışını takip edebilmemiz ve bunu da gerçekleştirirken Yazılım Dünyasında bir takım Algoritmaları sırasıyla çalıştırabilmemiz gerekmektedir. Örneğin: Sayısal Arazi Modelimiz 1 milyon üçgen model den oluştuğunu düşünelim. Bu üçgen modeller, 2B bilgisayar ekranın da objeleri 3B görebilmemizi sağladığını artık 3B projeksiyonlar sayesinde olduğunu bildiğimize göre bundan sonraki aşamamız ise bu üçgen modeller ile daha gerçeğe yakın 3B objeler oluşturabilmek için aşağıdaki algoritmalar dan sırasıyla yararlanmamız gerekmektedir:

- Scaline Algoritması: her bir üçgen modelin köşe koordinatlarını algılayarak, 2B bilgisayar ekranın da en büyük y değeri ile en küçük y değerine sahip köşe noktasını, bir piksel altlığı üzerinde geometrik olarak konumlanmasını sağlamaktadır. devamın da, her bir satır taranarak, satırlar da bulunan üçgen modelin kenarları işaretlenip, işaretlenen kenarlar arasında bulunan piksellerin renklendirilmesi sağlanmaktadır.
- Anti-Aliasing Algoritması: Sayısal arazi modelimiz de ki pürüzleri aldırarak için kenar yumuşatmak için kullanılmaktadır.
- Painters Algoritması: ressamın algoritması ise yukarıda bahsettiğim gibi aslında ressamın algoritması olarak bilinen perspektif anlayışın da çalışan uzaktaki ve yakındaki objelerin yer aldığı, üçgen model içerisinde, piksellere mesafe değerlerini atamaktadır. devamın da sırayla her bir pikseli uzak ve yakın mesafe değerine göre renklendirmektedir. Ard arda gelen objelerin ayrımı da aslında bu algoritma kullanılarak yapılmaktadır. Z-Buffering Algoritması daha gelişmiş benzer özelliklere sahiptir.
- Back-Face Culling Algoritması ise obje deki, detayları kaçırmamak üzere tasarlanan arka yüz ayıklama algoritmasıdır.
- Shading Algoritması, gölgeleme aydınlık eklemek için kullandığımız, gerçekliği daha iyi yakalamak için tercih ettiğimiz algoritmadır. Bunu yaparken de Jeodezi bilimin den hatırlayacağımız gibi jalonu düzeye tutmamız gerekir. Amacımız jalonu ve kullandığımız cihazı çekül doğrultusuna getirmektir. Yani her çekül doğrultusu yerin merkezini göstermektedir. Yani Koordinat Sisteminin merkezini göstermektedir. Bu benzetmeyi üçgen modelimiz de Surface Normal olarak adlandırılan yüzey modelini oluştururken kullanmaktayız. Yani her bir üçgen modelimizi aydınlatırken aslında yüzey modelin eğikliğine göre

merkezinden bir çekül eksenini geçirdiğimizi hayal edebiliriz. Buna göre her bir yüzey modelimizi eğiklik değerine göre farklı aydınlatıldığını söylemek mümkündür. Gelişmiş Shading algoritmaları mevcuttur. Örneğin: Gouraud, Phong vb.

- Textures Algoritması ile üçgen modellerimizi artık tek renk dışında kullanarak gerçek doku değerleri ile buluşturmamıza imkan sağlar. Texture Mapping aslında doku eşleşmesi olarak tanımlamamız mümkündür. Scanline algoritması ile tarama sırasında üçgen modelimizdeki her bir piksel karşılık gelen doku daki piksel karşılığı eşlenecek ve piksele hafızaya alınan renk atanacaktır.

Yukarıda bahsettiğim algoritmaların sırasıyla bahsettiğimiz 1 milyon üçgen ile tanımlanan Sayısal Arazi modelimize tekrarlı bir şekilde uygulanarak, aslın da bilgisayar ortamında bizlerin gerçekliğe yakın görseller elde etmemizi sağlamaktadır. Bizim geliştirmekte olduğumuz 3B Web tabanlı uygulamamız aslında açık kaynak kodlu kütüphaneler ile bu algoritmaların her birini kullanmaktadır. Büyük veriler ile çalışırken veri akışın da sorun yaşamamak ve veriler üzerin de hakimiyet kurabilmek için her zaman için ilişkisel bir veritabanı kullanılması gerekir. Bu doğrultu da Postgresql ve mekansal uzantısı olan postgis tercih edildi. Aynı zaman da ihtiyacımız olan coğrafi verileri yayınlatabilmek için coğrafi sunucu olarak geoserver kullanıldı. Front-end tarafında kullanıcı arayüzünü görsel olarak daha kullanılabilir olmasını sağlamak için reactjs framework ü kullanıldı. 3B verileri görselleştirmek için cesiumjs 2B verileri görselleştirmek için ise openlayers harita kütüphaneleri kullanıldı.

Amacımız; bir şehri gerçeğe yakın doğru bilgiler ile yönetebilmek; bilmediğimiz bir şeyi modelleyemeyiz, modelleyemediğimiz bir şeyi ölçemeyiz, ölçemediğimiz bir şeyi de yönetemeyiz. Dolayısıyla; Bir şehri modellemek için veri setlerine ihtiyacımız vardır. Sahip olduğumuz veri setlerini Akıllı verilere dönüştürebilmek için CBS teknolojisini kullanarak sırasıyla aşamalı olarak, öznitelik verileri ile konumsal verileri ilişkilendirmemize ve sorgulanabilir hale getirmemize ve analiz edilebilir durum da, çalışan bir Akıllı Şehir Sistemin de kullanılabilir olması sağlanır.

Bu doğrultuda geliştirmekte olduğumuz CBS teknolojisini kullanarak 3B Web Tabanlı uygulamamız, citygml formatında tanımlanan 3B bina verilerinin okunmasını ve sorgulanmasını veri standartların da katı model (LOD2) seviyesin de yapmaktadır. Kurumsal kullanılabilir, sahip olduğumuz Akıllı şehir sitemin de, farklı her türlü verinin yüklenmesi, sorgulanması ve analiz edilebilir düzeye ulaşabilmek için dünya daki teknolojik yazılımsal gelişmeler takip edilmektedir.

Anahtar Kelimeler

Mekânsal Verinin Görselleştirilmesi, Açık Kaynak Kodlu Yazılımlar ile Mekânsal Veri Analizi, Mekânsal Verinin Analizi ve Modelleme, 3B Modelleme, Akıllı Veri, Akıllı Şehir

Kent Planlamasında CBS Kullanımı: İzmir - Plan Projesi Örneği

Elif Su Alpcan^{1,*}, Ercivan Çopuroğlu¹, Elifsu Ermiş¹

¹ İzmir Büyükşehir Belediyesi, İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı, 35220, İzmir.

Genişletilmiş Özet

Coğrafi bilgi sistemleri (CBS), farklı bilgi türlerini organize etme, karşılaştırma ve analiz etme yeteneklerini bir araya getiren analitik karar verme araçlarıdır (Haque 2001). CBS, mekânsal veri üretimi, analiz ve görselleştirme gibi alanlarda önemli bir role sahiptir (Levine ve Landis 1989). Royal Town Planning Institute (1992), CBS'nin kent planlama alanındaki faydalarını; dinamik harita üretimi, senaryo analizi, mekânsal analizler ve etkili iletişim olarak sıralamaktadır (aktaran Yeh 1999).

Zwart (1988), CBS'nin karar alma süreçlerindeki verimliliği artırdığını ve veri temizliği sağladığını belirtir. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) uygulamaları, kamu sektöründe 1960'lı yıllardan beri aktif olarak kullanılmaktadır. Farklı disiplinlerce kullanılan CBS yazılımları, kamu sektöründe hızla yaygınlaşmakta ve vatandaşların taleplerine yanıt vermektedir (Ventura 1995). 2000'li yıllarda, CBS analitik süreçlere ölçülebilir ve gerçekçi katkılar sunarak yaygınlaşmıştır (Erkek ve Çakır 2024).

Kamu kurumları, imar planlarının yapımı, yayınlanması ve analizlerinde, büyük veri yönetimi ve depolama açısından CBS'den faydalanmaktadır. 2000'li yıllardan itibaren ülkemizde çeşitli sektörlerde yaygınlaşan CBS, özellikle kamu hizmetlerinde ve şehir planlamada önemli bir altyapı sunmaktadır.

Ülkemizde bu alanda ulusal gelişime yönelik adımlar DPT tarafından 2006'da başlatılan "Bilgi Toplumu Stratejisi" ile CBS altyapısının geliştirilmesine yönelik politikalar ile görülmüştür (DPT 2006). Daha sonra Avrupa Birliği INSPIRE projesine uyum sağlamak amacıyla Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri (TUCBS) oluşturulmuştur. 20.02.2020 tarihli "Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun" ile birlikte ise TUCBS kapsamında belirlenen standart veri üretimi, aktarımı ve paylaşımı için teşvik ve gereklilikler ortaya konmuştur. Şehir planlama alanında, CBS kullanımının sağladığı imkânlar, ilgili mevzuatlar ve düzenleyici mekanizmalar ile desteklenmiştir. Cumhurbaşkanlığı Kararnameleri, 3194 sayılı İmar Kanunu, 5216 sayılı Büyükşehir Kanunu ve Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği, CBS kullanımını teşvik etmekte ve imar planlarının standartlaştırılmasını, yayınlanmasını desteklemektedir. Öztürk ve Kılıç (2013), bilgi teknolojilerinin kurumsal hizmetlerdeki başarının temelini oluşturduğunu vurgulamaktadır.

Planlama, geleceğe yönelik alınan kararları hedef ve stratejilerle belirleyen bir süreçtir. Ersoy (2007), planlama kavramını tasarımlar, hedefler ve sistematik eylemler bütünü olarak tanımlar. Ülkemizde imar planları, 3194 sayılı İmar Kanunu ve ilgili yönetmeliklere uygun olarak hazırlanır, onaylanır ve yürürlüğe girer. İmar planları, Çevre Düzeni Planı, Nazım İmar Planı ve Uygulama İmar Planı olarak kademelendirilmiştir. İzmir Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı Arşivi'nde 1920'lere kadar uzanan kapsamlı bir veri mevcuttur. Bu verilerin sistematik ve standart bir yapıya kavuşturulması için CBS teknolojisinin kullanılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu doğrultuda, İzmir Büyükşehir Belediyesi, İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı tarafından İzmir – Plan Projesi hayata geçirilmiştir. Proje ile, standart çizim teknikleri kullanarak üretilen sayısal imar planları ile sözel ve mekânsal verilerin coğrafi olarak ilişkilendirilip dijital ortama aktarmayı ve sürekli güncellenmesi hedeflenmiştir. Veri üretiminin organize edilmesi, sayısal ve sözel verilerin görüntülenmesi, sorgulanması, raporlanması, yazılım geliştirilmesi, güvenli depolama ve bilgiye hızlı erişim projenin başlıca amaçlarıdır.

Kent planlama sürecinde mekânsal veriler önemlidir. Haque (2001), CBS'nin gücünün veri ve yaygınlaştırılmasında yattığını belirtir. Öncelikle İzmir-Plan Projesi kapsamında, İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı arşivinde yer alan 30 ilçeye ait 1/5000 ve 1/1000 ölçekli imar planı dosyaları taranmıştır. Bunlara ek olarak, imar planlarına esas inceleme süreçlerinde oldukça faydalı olabilecek özel kanunlarla belirlenen alanlar, imar planı iptal kararları, plan hukuk süreçlerine ilişkin evraklar ve reddedilen plan tekliflerine ilişkin dosyalara ait veri setleri oluşturulmuştur.

Projede hedef kitle, karar-verici konumundaki yöneticiler ile kurum personelleri olarak tanımlanmış ve kullanıcı profiline ihtiyaçlarını karşılayacak doğru bilgiye erişim önemlidir. Bu bağlamda ilk olarak; İzmir Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı arşivinde bulunan Başkanlık makamınca veya Bakanlıklarca onaylanmış imar planlarına ait tüm gösterimler incelenerek detaylı şekilde dökümü yapılmıştır. 2014 yılında Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği ile standart gösterimlere geçilmiş olsa da 2014 yılı öncesi imar planlarına ait kullanım kararlarına ilişkin çeşitli gösterim uyumsuzlukları tespit edilmiştir. Bu nedenle kullanım kararlarına ilişkin doğru bilginin alınması için İzmir Büyükşehir Belediyesi Detay Kataloğu oluşturulmuştur. İmar planlarının standart bir şekilde veri tabanına aktarılması, ileriye dönük olarak hataların en aza indirgenmesi için veri tabanına yüklenen temiz verilerin düzenli olarak güncellenmesi önemlidir. Sayısal imar planlarının plan çizim tekniği açısından standartlaştırılması için Sayısal İmar Planı Çizim Standartları belirlenmiş ve hazırlanmıştır.

Güncel ve yürürlükte olan tüm imar planlarına ilişkin yürütülen çalışmada 1/1000 ölçekli uygulama imar planları, 1/5000 ölçekli nazım imar planları dahil ve tüm planlar ayıkılarak 30 ilçe için raster plan mozaığı oluşturulmuştur. Birleştirilmiş raster plan mozaikleri sayısallaştırılma çalışmalarında altlık olarak kullanılmıştır. Proje kapsamında hazırlanmış olan İzmir Büyükşehir Belediyesi Detay Kataloğu ve belirlenen Sayısal İmar Planı Çizim Standartları kullanılarak imar planları raster plan mozaikleri üzerinden sayısallaştırılmış olup daha sonraki tarihlerde onaylanan plan ya da plan değişiklikleri ve hazırlanan ek veri setleri proje sonunda oluşturulan sistem aracılığı ile veri tabanına aktarılmıştır.

Sayısal imar planlarının kullanım kararı, yapılaşma ve yerleşme koşulları gibi bilgilerinin dinamik bir şekilde sorgulanabilir olması İzmir – Plan Projesinin en özgün ve önemli özelliklerindendir. Verilerin hızlı güncellenmesi ve sorgulanabilmesi için proje kapsamında VAGSA – Masaüstü ve Web Uygulamaları geliştirilmiştir. Yetki bazlı olarak kullanıcıların bu uygulama erişimleri sağlanmıştır.

VAGSA Masaüstü Uygulaması temelde veri düzenleme, aktarma ve indirme amacı ile üretilmiştir. Tüm mekânsal veriler merkezi veri tabanına hızlıca aktarılabilir ve sorgulanabilir. Verilerin tamamı lokal veri tabanına indirilebilir ve farklı uygulamalarda da kullanılmak üzere dönüştürülebilir.

VAGSA Web uygulaması ile ise İzmir Büyükşehir Belediyesi ağına bağlı kullanıcılar yetkileri dâhilinde sisteme erişebilir, görüntüleyebilir, mekânsal ve sözel sorguları hızlı bir şekilde yapabilmektedir. 1/5000 ölçekli nazım imar ve 1/1000 ölçekli uygulama

* Sorumlu Yazar: Tel: (0232) 293 14 25

E-posta: elifkaraaslan@izmir.bel.tr (Elif Su Alpcan), ercivancopuroglu@izmir.bel.tr (Ercivan Çopuroğlu), elifsuermis@izmir.bel.tr (Elifsu Ermiş)

imar planlarının karşılaştırılabilmesini sağlayan katman yapıları ve dinamik sorgular ile kullanıcıların kolayca doğrudan merkezi veri tabanındaki güncel veriden bilgi alabilmesi sağlanmaktadır.

İzmir – Plan Projesi kısaca, 1/5000 ölçekli nazım imar planları ve 1/1000 ölçekli uygulama imar planlarının standartlaştırılması ve sayısallaştırılması, planlama süreçlerine ilişkin bahsedilen ek veri setlerinin oluşturulması, tüm sözel ve mekânsal verilerin veri tabanına aktarılması, verilerin güncel tutulması, indirilebilir ve sorgulanabilir olması ile web ve masaüstü uygulamalarının elde edilmesi şeklinde özetlenebilir.

Genel değerlendirmede, projede belirlenen temel hedeflere ulaşıldığı, kurulan sistem üzerinden yayımlanan imar planlarının farklı yetkilere sahip kullanıcılar tarafından aktif olarak kullandığı görülmüştür. İmar planlarının yayınlanması hedefi mevcut durumda kısmen gerçekleşmiş, kurum dışında yayınlamaya ilişkin süreçler ve görüşmeler devam etmekte olduğundan henüz tamamlanmamıştır. Süreçte karşılaşılan başlıca sorunlar, personel ve teknik donanım eksiklikleri, kurum içi yazışmaların uzun sürmesinin zaman kaybı yarattığı söylenebilir. Veri kümesinin büyüklüğü ve sayısallaştırma aşamasında yaşanan sorunlar (kalitesiz pafta taramaları, teknik hatalar ve eski planların koordinatlandırılması gibi) sürecin uzamasına neden olmuştur.

Türkiye'de benzer projelerin bulunmasına rağmen, İzmir – Plan Projesi'ni diğerlerinden farklı ve özgün kılan nokta veri tabanından canlı verilerin yayınlanmasıdır. VAGSA Web ile anlık sorgulama ve raporlama, VAGSA Masaüstü ile de güncel veri indirilebilmesi özellikleri, projeyi emsallerinden ayırmaktadır. Ayrıca, elde edilen web ve masaüstü uygulamaları güncellemeye ve geliştirilmeye açık yapıda olduğundan gelecekte planlanan ve yapılması öngörülen projeler ile güncellemeler ve düzenlemeler sisteme kolayca entegre edilebilecektir. Sonuç olarak, İzmir – Plan Projesi ile İmar ve Şehircilik Dairesi arşivi CBS teknolojileri ile günümüz teknolojisine ayak uydurmuş, karar-vericiler, yöneticiler ve kurum personelleri için hızlı, kullanışlı ve verimli bir sistem oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler

Dijital Dönüşüm, CBS Uygulamaları, Mekânsal Web Servisleri, Mekânsal Bilgi/ Bilişim, Mekânsal Büyük Verinin Görselleştirilmesi

Toplu Taşınmaz Değerlemesinde Yeni Nesil Makine Öğrenmesi Tekniklerinin Modelleme Performanslarının Değerlendirilmesi

Süleyman Şişman¹, Arif Çağdaş Aydınoglu^{1,2*}

¹Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 41400, Kocaeli.

²Gebze Teknik Üniversitesi, Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü, 41400, Kocaeli.

Geniştirilmiş Özet

Şehirlerde, nüfus artışı ile taşınmazlarla ilişkili adil, kapsamlı ve rasyonel kentsel politikaların uygulama ve birim alandaki mülkiyetin farklı perspektiflerden etkin yönetimi zorlaşmaktadır (Baum vd., 2021; Hely ve Antoni, 2019; Sorensen, 2010). Taşınmazların uzun vadeli bir yatırım aracı olması, gelir getirme özelliği, değer karşılıklarından dolayı sigorta olarak kullanılabilmesi, taşınmazları şehir ekonomilerindeki büyüme ve planlama faaliyetlerinin merkezi haline dönüştürmektedir (Yalpir vd., 2021). Türkiye Hane Halkı Finansal Algı ve Tutum Araştırması raporuna göre taşınmazlar, mevcut değerini koruması ve gelir kazandırması gibi sebeplerden dolayı ortalama %81 ile en çok memnuniyet gören yatırım aracı olarak değerlendirilmektedir (TC-CBFO, 2020). Bu durum, şehirlerde taşınmaz yönetiminin bir bileşeni olan değerinin günümüzün gelişen ihtiyaçlarına cevap verecek yapay zekâ ve makine öğrenmesi gibi modern yaklaşımlar ile belirlenmesi ihtiyacına işaret etmektedir. Taşınmaz değerine, kamulaştırmadan vergilendirmeye, imar uygulamalarından sigortalamaya, değer esaslı alım satım işlemlerinden kentsel dönüşüme kadar uzanan geniş bir yelpazedeki çeşitli uygulamalarda ihtiyaç duyulmaktadır (Han vd., 2020; Hughes vd., 2020). Taşınmazlarının değerinin belirlenmesi ise doğrudan taşınmaz değerlemesinin konusu olup, değerlemenin yapıldığı günün koşullarına göre bir taşınmazın, taşınmaz üzerindeki hak ve faydalarının ya da taşınmaz üzerindeki projenin olası değerinin, fayda, nitelik, erişilebilirlik özellikleri, taşınmazların bulunduğu bölgedeki sosyo-demografik özellikler, çevresel özellikler gibi kriterlerin birlikte değerlendirilmesi ile muhtemel piyasa değerinin objektif olarak belirlenmesi olarak ifade edilmektedir (Bovkir ve Aydınoglu, 2018). Genellikle yerleşim alanlarındaki taşınmazların tekil değerlendirilmesinde Emsal Yöntemi, Gelir Yöntemi ve Maliyet Yöntemi kullanılmaktadır (Açlar ve Çağdaş, 2008; Köktürk ve Köktürk, 2022). Ancak günümüz değişen ihtiyaçları ve gelişen teknolojiler dikkate alındığında, bahsedilen tekil değerlendirme yöntemleri yetersiz kalmaktadır (Sisman vd., 2023). Dolayısıyla değeri etkileyen daha çok faktörü dikkate alan ve değerlendirme sürecinin hızlanmasına genel çözümler sunan toplu taşınmaz değerlendirme gündeme gelmiştir.

Toplu taşınmaz değerlendirme, Uluslararası Değerleme Çalışanları Birliği (IAAO) tarafından “*Belirli bir tarihte bir grup taşınmazın ortak veriler, standart yöntemler ve istatistiksel testler kullanılarak değerini belirleme süreci*” olarak tanımlanmıştır (IAAO, 2017). Bu kapsamda, teknolojik gelişmelere paralel olarak taşınmazlar ile doğrudan ya da dolaylı ilişkili olarak farklı kaynaklardan gelen büyük mekânsal verinin işlenerek toplu taşınmaz değerlendirme faaliyetlerinde kullanılması gibi durumlar göz önünde bulundurulduğunda; yapay zekânın alt dalı olan makine öğrenmesi teknikleri ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)’ne dayalı toplu taşınmaz değer tahmin modellerinin geliştirilebilmektedir (Şişman, 2021). Taşınmaz değerinin değeri birçok mekânsal, çevresel ve yerel faktöre bağlı olarak değişmesi durumu dikkate alındığında, objektif ve güvenilir toplu değerlendirme modelleri geliştirmek için, taşınmaz değerini etkileyen faktörleri temsil eden mekânsal verilerin CBS tabanlı analitik yaklaşımlarla analiz etmek modelleme performansı için oldukça önemlidir. Başka bir ifade ile CBS’de sunulan mekânsal analizlerle taşınmaz değerini etkileyen faktörler nicel olarak belirlenmekte olup, makine öğrenmesi teknikleri ile tahmin modelleri geliştirilmesinde kullanılan güvenilir ve zenginleştirilmiş eğitim verisetleri hazırlanabilmektedir. Diğer taraftan toplu taşınmaz değerlendirme modellerinin geliştirilmesinde Çoklu Doğrusal Regresyon (ÇDR), Destek Vektör Makineleri (DVM), Karar Ağaçları (KA), Rastgele Orman (RF), Gradient Boosting Machine (GBM), Light Gradient Boosting Machine (LightGBM) ve Yapay Sinir Ağları (YSA) gibi birçok teknik etkin biçimde kullanılmaktadır (Carranza vd., 2022; Iban, 2022; Jafary vd., 2024; Sisman, ve Aydınoglu, 2022; Wang ve Li, 2019).

Bu çalışma kapsamında toplu taşınmaz değerlemesine yönelik CBS ortamında büyük mekânsal veri setlerinin üretilmesi, veri madenciliği teknikleri ile modelleme veri setlerinin optimize edilmesi ve RF, GBM ve LightGBM gibi yeni nesil makine öğrenmesi tekniklerinin modelleme performanslarının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçlar doğrultusunda farklı sosyo-ekonomik gelişmişlik ve kentsel yerleşim yoğunluğuna sahip olan İstanbul’un Pendik ve Tuzla ilçeleri ile, Kocaeli ilinin Gebze, Çayırova ve Darıca ilçeleri çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Çalışma alanında taşınmaz değerini etkileyen/etkileme potansiyeli olan mahalli özellikler (nüfus, gelir düzeyi, eğitim durumu vb.), kentsel fonksiyonlara erişilebilirlik özellikleri (eğitim tesisleri, sağlık tesisleri, alışveriş&ticaret tesisleri, kültürel tesisler, kamu hizmet tesisleri, yeşil alanlar vb.), ulaşım özellikleri (raylı sistem, karayolu, havayolu vb.), çevresel özellikler (sıcaklık, yağış vb.) kategorilerinde faktörler tanımlanmış olup, bu faktörleri temsil eden mekânsal veri altlıkları açık veri portalları ve kamu/özel sektör veri tabanlarından elde edilmiştir. Bu verilerin her birisi kendi yapısı dikkate alınarak CBS ortamında analiz edilerek veri tabanına aktarılmıştır. Diğer taraftan çalışma alanında 01.2020- 31.12.2023 tarihleri arası dönemi kapsayan bina (bina yaşı, kat sayısı, asansör, otopark vb.) ve bağımsız bölüm (oda tipi, cephe, manzara vb.) özelliklerini temsil eden konut tipinde taşınmaz piyasa örneklemeleri temin edilmiştir. Temin edilen örneklemelerin

* Sorumlu Yazar: Tel: (0262) 605 20 61

E-posta: aydinoglu@gtu.edu.tr (Arif Çağdaş Aydınoglu), ssisman@gtu.edu.tr (Süleyman Şişman)

modelleme çalışmalarında etkinliğini artırmak için veri setleri içerisindeki mekânsal aykırılıklar Mekânsal Kümeleme ve Aykırılık analizi ile, mekânsal olmayan aykırılıklar ise Boxplot istatistiksel analiz tekniği ile tespit edilerek veri seti içerisinde çıkarılmıştır. Böylelikle toplamda 183.996 adet piyasa örnekleme içeren bir veri seti hazırlanmıştır. Değeri etkileyen faktörlerin analiz sonuçları da bu örneklerle ilişkilendirilerek modellemeye esas veri seti hazırlanmıştır. Makine öğrenmesi modellerinin eğitimi ve performans analizi için %70 eğitim ve %30 test oranlarında veri setleri oluşturulmuştur. Ardından eğitim test veri seti üzerinden RF, GBM ve LightGBM teknikleri ile tahmin modelleri oluşturulmuştur. Modellerin performansları test veri seti üzerinden makine öğrenmesi metrikleri (MAE, MAPE, RMSE, R^2) ve toplu değerlendirme metrikleri (COD ve PRD) ile ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Makine öğrenmesi metriklerine göre modellerin performansı; RF modeli için MAE: 0.046, MAPE: 11.180, RMSE: 0.062, R^2 : 0.809, GBM modeli için MAE: 0.049, MAPE: 11.696, RMSE: 0.065, R^2 : 0.791 ve LightGBM modeli için MAE: 0.041, MAPE: 10.428, RMSE: 0.052, R^2 : 0.7864 olarak hesaplanmıştır. Toplu değerlendirme metriklerine göre modellerin performansı; RF modeli için COD: 11.041, PRD: 1.02, GBM modeli için COD: 11.634, PRD: 1.02 ve LightGBM modeli için COD: 10.229, PRD: 1.03 olarak hesaplanmıştır. Makine öğrenmesi metrikleri açısından en başarılı model LightGBM olurken toplu değerlendirme metrikleri açısından tüm modellerin beklenen performans düzeyinde (IAAO'ya göre COD: 5-15 arasında ve PRD: 0.98-1.03 arasında olmalı) olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar toplu taşınmaz değerlendirme modellerinin geliştirilmesinde CBS ve makine öğrenmesi tekniklerinin etkin biçimde açıkça göstermiştir.

Yeni nesil makine öğrenmesi teknikleri toplu taşınmaz değerlemesinde artırılmış doğruluk sunarken, değerlendirme uzmanlarının gözden kaçırabileceği değer ilişkili karmaşık parametreleri belirleyerek büyük veri setleri üzerinden objektif sonuçlar sağlayabilir. Makine öğrenimi, veri analizi ve değerlendirme sürecini otomatize duruma getirerek gerçek zamanlı değerlendirme aktivitelerine olanak tanıyabilir. Güvenilir modellerle gerçekleştirilen değerlemeler sadece zamandan tasarruf sağlamakla kalmaz, aynı zamanda alıcıların, satıcıların ve yatırımcıların piyasa fırsatlarına hızlı yanıt vermelerini sağlayarak rekabet avantajlarını artırabilir. Ayrıca zamansal verilerin de dahil edildiği değerlendirme modelleri ile mevcut piyasa dinamikleri birlikte analiz edilerek, ortaya çıkan piyasa eğilimleri ve mevsimsel dalgalanmalar belirlenebilir. Objektif toplu değerlendirme modelleri taşınmaz sektörü ve paydaşları arasında güven oluşturulması ve değerlendirme süreçlerinin şeffaflığına katkı sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler

Yapay Zekâ, Makine Öğrenmesi, Veri Madenciliği, Büyük Mekânsal Veri, RF, GBM, LightGBM.

Kaynaklar

- Açlar, A., Çağdaş, V., (2008) Taşınmaz (Gayri-menkul) Değerlemesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ankara.
- Baum, A. E., Crosby, N., Devaney, S. (2021) Property investment appraisal. John Wiley & Sons.
- Bovkir, R., Aydinoglu, A. C. (2018) Providing land value information from geographic data infrastructure by using fuzzy logic analysis approach. *Land use policy*, 78, 46-60.
- Carranza, J. P., Piumetto, M. A., Lucca, C. M., Da Silva, E. (2022) Mass appraisal as affordable public policy: Open data and machine learning for mapping urban land values. *Land use policy*, 119, 106211.
- Han, W., Zhang, X., Zheng, X. (2020). Land use regulation and urban land value: Evidence from China. *Land Use Policy*, 92, 104432.
- Hély, V., Antoni, J. P. (2019) Combining indicators for decision making in planning issues: A theoretical approach to perform sustainability assessment. *Sustainable Cities and Society*, 44, 844-854.
- Hughes, C., Sayce, S., Shepherd, E., Wyatt, P. (2020) Implementing a land value tax: Considerations on moving from theory to practice. *Land Use Policy*, 94, 104494.
- IAAO (2017) Standard on Mass Appraisal of Real Property, International Association of Assessing Officers (IAAO), Kansas City, Missouri.
- Iban, M. C. (2022) An explainable model for the mass appraisal of residences: The application of tree-based Machine Learning algorithms and interpretation of value determinants. *Habitat international*, 128, 102660.
- Jafary, P., Shojaei, D., Rajabifard, A., Ngo, T. (2024). Automated land valuation models: A comparative study of four machine learning and deep learning methods based on a comprehensive range of influential factors. *Cities*, 151, 105115.

Köktürk, E., Köktürk, E. (2022) Taşınmaz Değerlemesi. 5. Baskı, Seçkin Yayıncılık.

Şişman, S. (2021) *CBS Tabanlı Makine Öğrenme Teknikleri ile Toplu Taşınmaz Değerlemesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye.

Sisman, S., Akar, A. U., Yalpir, S. (2023) The novelty hybrid model development proposal for mass appraisal of real estates in sustainable land management. *Survey Review*, 55(388), 1-20.

Sisman, S., Aydinoglu, A. C. (2022) Improving performance of mass real estate valuation through application of the dataset optimization and Spatially Constrained Multivariate Clustering Analysis. *Land Use Policy*, 119, 106167.

TC-CFO (2020) Türkiye Hane Halkı Finansal Algı ve Tutum Araştırması Raporu, T.C. Cumhurbaşkanlığı Finans Ofisi.

Wang, D., & Li, V. J. (2019). Mass appraisal models of real estate in the 21st century: A systematic literature review. *Sustainability*, 11(24), 7006.

Yalpir, S., Sisman, S., Akar, A. U., Unel, F. B. (2021) Feature selection applications and model validation for mass real estate valuation systems. *Land use policy*, 108, 105539.

Landsat-7 Multispektral Görüntülerindeki Şerit Hatalarının Derin Öğrenme Yöntemleri ile Düzeltmesi

Yunus Emre Varul^{1,*}, Tolga Bakırman¹, Bülent Bayram¹

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul.

Geniştirilmiş Özet

Uzaktan algılama, inşaat, jeoloji, savunma ve tarım gibi birçok alanda kullanılan yaygın bir teknolojidir ve iklim değişikliği gibi sorunların izlenmesinde kritik rol oynamaktadır (Rasti ve ark., 2021). Uydu sensörlerinin verimliliği, hatalar ve gürültüler nedeniyle düşebilir ve bu da görüntülerin doğruluğunu ve kalitesini azaltmaktadır. Görüntülerdeki gürültüler, genellikle sensör arızaları ve atmosferik etkilerden dolayı ortaya çıkar (Zhang ve ark., 2022). Gürültülerin özel bir formu olan şerit hataları, görüntülerde bant benzeri çizgiler oluşturarak veri kalitesini düşürür ve doğru analiz yapma yeteneğini zorlaştırır (Miao ve ark., 2019). Landsat uydu serileri, dünya genelinde zamansal analiz ve arazi örtüsü değişikliklerinin haritalanmasında en çok tercih edilen uydu veri kaynaklarından biridir. 31 Mayıs 2003'te başlayan ve Landsat-7 ETM+'da meydana gelen kalıcı Tarama Çizgisi Düzeltici arızasından (SLC) dolayı elde edilen görüntülerde %22 oranında veri kaybı mevcuttur. Bu durum, "SLC-off" olarak adlandırılan boşluklu görüntülerin yaygınlaşmasına neden olmuş ve Landsat-7 ETM+ SLC-off (Landsat-7) verilerinin operasyonel kullanımı ciddi biçimde kısıtlamıştır (Scaramuzza ve ark., 2004). Arızalı sensörlerin onarımı veya değişimi gibi çözümler yüksek maliyetler gerektirdiğinden, ön işleme teknikleri ile coğrafi referanslı uydu görüntülerinde şerit hatalarının giderilmesine yönelik çözümler ön plana çıkmaktadır.

Bu çalışma, Landsat-7 uydu görüntülerindeki şerit hatalarının derin öğrenme yöntemleriyle giderilmesine yönelik bir dizi çalışmanın devamıdır. Adıyaman ve ark. (2024), ilk fazda Landsat-7 görüntülerindeki şerit hatalarını düzeltmek için Pix2Pix GAN'ı pankromatik bant üzerinde kullanmış ve YTU STRIPE veri setini tanıtmıştır. Landsat-7'deki eksik veriler nedeniyle, yer gerçeği olarak Landsat-8 OLI pankromatik bantları kullanılmış ve bu görüntülere sentetik şerit hataları eklenmiştir. Deneyler, Landsat-7'deki SLC-off sorunlarının çözümünde sentetik görüntülerin umut verici olduğunu göstermiştir.

Bu ikinci aşamanın ana odak noktası, Landsat-7 uydu görüntülerindeki şerit hatalarını gidermek için multispektral bantlar üzerinde gelişmiş derin öğrenme yöntemlerini uygulamaktır. Şerit hatalarının düzeltilmesinde multispektral bilgilerin etkisinin incelenmesi ve farklı derin öğrenme modellerinin performansının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Son yıllarda klasik yaklaşımların aksine (Ng ve ark., 2017; Case ve Vitti, 2021) yapay zeka ve derin öğrenme teknolojileri, büyük veri kümelerinden öğrenme yetenekleri sayesinde Landsat-7'deki sensör arızasının etkilerini hafifletmek ve görüntü kalitesini artırmak için ön plana çıkmaktadır. Zhang ve arkadaşları (2018), Aqua MODIS ve Landsat-7 gibi uydularda çeşitli eksik verileri kurtarmak için derin bir evrişimli sinir ağı modeli (STS-CNN) geliştirmiştir. Guan ve diğerleri (2019), şerit gürültüsünü sahne detaylarından ayırmak amacıyla yönsel özellikler kullanan bir dalgacık derin sinir ağı (SNRWDNN) önermiştir, ancak bu yöntem şerit hatası bölgelerini yumuşatma eğiliminde olduğu görülmüştür. Deshpande ve arkadaşları (2021), özelleştirilebilir gürültü seviyesi ayarlamaları sunan küresel kalıntı öğrenme yöntemiyle derin sinir ağı (DNN) geliştirmiştir. Liu ve arkadaşları (2023), görüntüleme teorisi ve radyasyon düzeltme yöntemlerini birleştirerek eksik verilerin giderilmesi için bir ayrıştırma yeniden oluşturma ağı (DecRecNet) geliştirmiştir. GAN'lar (Çekişmeli Üretken Ağ), Goodfellow ve ekibi tarafından 2014 yılında tanıtılmış bir makine öğrenimi yaklaşımıdır ve iki derin sinir ağı arasındaki rekabetçi etkileşim yoluyla örneğin bir veri kümesindeki gerçek görüntülere oldukça benzeyen yapay görüntüler üretmek için kullanılabilir. GAN yapısının özel bir çeşidi olan piksel bazlı görüntüden görüntüye dönüşüm modeli (Pix2Pix GAN) görüntü iyileştirme görevlerinde etkili bir şekilde uygulanmaktadır (Isola ve ark., 2017). Derin öğrenme modelleri ile Landsat-7 uydu görüntülerinde şerit hatalarını giderilmesi için kullanılan veri setleri, yöntem ve elde edilen deneysel sonuçlar aşağıda açıklanmaktadır. Deneysel ön çalışmalar için, Landsat-7 ve Landsat-8 OLI/Landsat-9 OLI-2 uydularından 40 ülkenin başkentlerine ait eş görüntüler seçilerek veri seti oluşturulmuştur. 2023 yılına ait bu uydu görüntüleri ABD Jeolojik Araştırmalar Kurumu tarafından sunulan veri portalı (USGS EarthExplorer)'ndan kırmızı, yeşil, mavi, yakın kızılötesi, kısa ve orta kızılötesi olmak üzere 6 kanallı (R, G, B, NIR, SWIR, SWIR 2) temin edilmiştir. Seçilen uydu görüntülerinin bulutluluk oranı %5'ten az; mekânsal çözünürlüğü 30m ve görüntü çiftleri arasındaki zaman farkı en fazla bir aydır. Çalışmada zamansal analiz yer almadığından, atmosferik faktörler göz önünde bulundurulmamış ve Koleksiyon-2 Seviye-1 görüntüleri tercih edilmiştir.

Çalışma kapsamında derin öğrenme modeli, şerit hatalı veriler ve yer gerçeği sınıfına ait veriler olmak üzere iki tip veri ile çalışmaktadır. Şerit hatalı veriler için Landsat-7 uydu görüntüleri, yer gerçeği sınıfına ait veriler için Landsat-8 OLI/Landsat-9 OLI-2 uydu görüntüleri kullanılmıştır. Landsat-8 OLI ve Landsat-9 OLI-2 uydu görüntülerinin bant aralıkları ve çözünürlükleri arasında bir farklılık bulunmadığı için referans veri kaynağı olarak değerlendirilmiştir. Veri seti, model eğitiminde kullanılmadan önce bir dizi ön işlemeden geçmiştir. İlk olarak, alınan uydu görüntülerine her biri kendi içerisinde altı bantlı olacak şekilde birleştirme işlemi uygulanmıştır. Seçilen her bir başkent için şerit hatalı ve referans uydu görüntüsü mevcuttur ve bu uydu görüntüleri ilgili başkentini kapsayacak şekilde çakıştırılmıştır.

* Sorumlu Yazar: Tel: (0542) 390 71 53

E-posta: emre.varul@std.yildiz.edu.tr (Yunus Emre Varul), bakirman@yildiz.edu.tr (Tolga Bakırman), bayram@yildiz.edu.tr (Bülent Bayram)

Çakıştırma işlemi sırasında, iki uydu görüntüsü arasındaki eşleşen alanların köşe koordinatları kullanılarak sınırları titizlikle belirlenmiş ve ilgili sınıra göre görüntüler dikkatlice kırılarak çakışan uydu görüntü çiftleri elde edilmiştir. Landsat-8 OLI ve Landsat-9 OLI-2 uydu görüntülerini, 8 bitte çalışan Landsat-7 görüntüleriyle standartlaştırmak için 12 bitten 8 bite radyometrik çözünürlük dönüşümünden geçirilmiştir. Bilgisayarın donanım kapasitesi ve derin öğrenme algoritmalarının işlem gücü dikkate alındığında, görüntüler 512x512 piksel boyutlarına bölünmüştür. Landsat-7 uydu görüntülerinde no-data oranı en fazla %22 olarak hesaplandığından, %3'lük bir toleransla bölünmüş uydu görüntülerinde %25'ten fazla no-data oranına sahip olanları ve karşılık gelen referans görüntüleri veri setinden çıkarılmıştır. Ön işlemlerden geçen veri kümesinde 2233 adet görüntü çifti bulunmaktadır. Veri kümesi, %80 eğitim, %10 test ve %10 doğrulama verisi olacak şekilde üç gruba ayrılmıştır. Eğitim, test ve doğrulama veri seti sırasıyla 1786, 224, 223 adet görüntü çifti içermektedir. Tüm bu işlem adımlarında Python programlama dili kullanılmış olup görüntülerin coğrafi referansı GDAL kütüphanesi kullanılarak korunmuştur.

Deneyisel çalışmalar kapsamında ilk olarak, birinci aşamada da kullanılan Pix2Pix GAN'ın multispektral görüntülerdeki potansiyeli incelenmek istendiğinden tercih edilmiştir. GAN modeli, orijinalde 3 bantlı olarak tasarlanmıştır ancak çalışma kapsamında 6 bantlı görüntüler için uyarlanmıştır. Böylelikle model için halihazırda görüntüden görüntüye dönüşüm işlemi için yüksek karmaşıklığa sahipken kanal sayısının artışıyla bu görev daha da zorlayıcı hale gelmiştir. Bu kapsamda model 200 epok boyunca eğitildikten sonra test edilerek şerit hatası giderilmiş Landsat-7 görüntüleri oluşturulmuştur. Üretilen görüntülerin kalitesi Tepe-Sinyal Gürültü Oranı (PSNR) ve Yapısal Benzerlik İndeksi (SSIM) metrikleri ile ölçülmüştür (Zhou ve ark., 2004). Üretilen Landsat-7 görüntüleri, altı kanallı olduğundan değerlendirme metrikleri de her bir altı bantlı görüntüye uygulanmış ve ardından tüm görüntülerin bu metriklere ait skorlarının ortalaması hesaplanmıştır. Test sonuçlarına göre ortalama PSNR değeri 35.58 dB, ortalama SSIM değeri ise 0.9078'dir.

Metrik sonuçları, 8 bitlik görüntüler için oldukça yüksek değerlere işaret etmektedir; ancak şerit hatalarının görüntü alanının yaklaşık %22'sini kapsadığı düşünüldüğünde, diğer veri bölgelerinin benzerlik göstermesi bu yüksek değerleri açıklamaktadır. Görsel kalite açısından üretilen görüntüler farklı kombinasyonlarla (True Color, False Color vd.) incelendiğinde şerit hatalarının referans veriye yakın olacak şekilde giderildiği görülmüştür. Üretilen görüntülerde şerit hatalarından dolayı oluşan veri kaybı en aza indirilmiş ilgili alanlarda arazi örtüsü ve yer yüzü şekilleri gerçeğe yakın bir şekilde yeniden yapılandırılmıştır. Ancak görüntü genelinde bir dönüşüm işlemi uygulanmasından dolayı şerit hatalarının dışındaki alanlarda bazı bozulmaların meydana geldiği gözlemlenmiştir. Skorlara kıyasla görüntülerde oluşan bu bozulmaların veri setinin yapısı ve çalışma yaklaşımı gibi nedenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Veri setinde gözlemlenen temel sorunlardan biri, zamansal farkın bazı görüntü çiftlerinde bir aya kadar uzanması nedeniyle görüntüler arasındaki benzerlik oranı azalmıştır. Dolayısıyla, görüntü çiftlerinin zamansal farkı en az seviyede tutulmalıdır. Ek olarak, Landsat-7 ve Landsat-8 OLI / Landsat-9 OLI-2 uyduları sırasıyla 8 bit ve 16 bit çözünürlükte görüntü kaydetmektedir. Ön işleme aşamasında görüntülerin bit değerleri eşitlenmiş olmasına rağmen, analizde doğru sonuçlar elde edebilmek için görüntülerin uygun bit derinliğine sahip olması gerektiği düşünülmektedir. Görüntü kalitesini etkileyen bir diğer sorun ise Seviye-1 görüntülerin kullanılmasıdır. Seviye-1'de yansımalar, atmosferik etkiler ve diğer çevresel koşullar etkisiyle görüntüler arasında düşük korelasyon gözlemlenebilir. Bu koşullardan dolayı piksellerde oluşan sayısal değer farklarını en aza indirmek için Seviye-2 verileri tercih edilmelidir. Tüm bu sorunlar göz önüne alındığında veri seti içerik ve kalite bakımından zenginleştirilmelidir. Çünkü mevcut veri seti ile eğitilen Pix2Pix GAN aynı anda birkaç farklı görevi çözmeye çalışmıştır ancak modelin daha iyi performans göstermesi için tek bir göreve yoğunlaşmalıdır. GAN modeli bu deneyle, hem şerit hatalarını başarılı bir şekilde giderdiği hem de yeni görüntülerin ortaya çıktığı bir sonuç doğurmuştur.

Sonuç olarak, çalışma kapsamında Pix2Pix GAN'a ek olarak kullanılacak diğer gelişmiş derin öğrenme modellerine de ince ayarlar uygulanmalı ve daha yüksek korelasyona sahip yeni bir veri seti ile devam edilmelidir. Ancak, Landsat-7 uydu görüntülerindeki şerit hatalarının giderilmesi konusunda gerçekleştirilen ön çalışmalarda başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu bulgular, Landsat-7 uydu görüntülerindeki şerit hatalarının giderilmesi üzerine derin öğrenmenin potansiyelini ortaya koymakta ve gelecekteki çalışmalar için önemli bir zemin hazırlamaktadır.

Anahtar Kelimeler

Yapay Zeka, Açık Veri, Derin Öğrenme, Şerit Hatası, Landsat-7

Referanslar

Adıyaman, H., Emre Varul, Y., Bakırman, T., & Bayram, B. (2024). Stripe Error Correction for Landsat-7 Using Deep Learning. PFG-Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science, 1-13.

Case, N., & Vitti, A. (2021). Reconstruction of multi-temporal satellite imagery by coupling variational segmentation and radiometric analysis. ISPRS International Journal of Geo-Information, 10(1), 17.

Deshpande, A. M., Patale, S. R., & Roy, S. (2021). Removal of line striping and shot noise from remote sensing imagery using a deep neural network with post-processing for improved restoration quality. International Journal of Remote Sensing, 42(19), 7357-7380.

- Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., ... & Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. *Advances in neural information processing systems*, 27.
- Guan, J., Lai, R., & Xiong, A. (2019). Wavelet deep neural network for stripe noise removal. *IEEE Access*, 7, 44544-44554.
- Isola, P., Zhu, J. Y., Zhou, T., & Efros, A. A. (2017). Image-to-image translation with conditional adversarial networks. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 1125-1134).
- Liu, W., Cui, H., Jiang, Y., Zhang, G., Li, X., Li, H., ... & Yang, J. (2023). DecRecNet: A Decoupling-Reconstruction Network for Restoring the Missing Information of Optical Remote Sensing Images. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 16, 9777-9801.
- Miao, J., Zhou, X., Huang, T. Z., Zhang, T., & Zhou, Z. (2019). A novel inpainting algorithm for recovering Landsat-7 ETM+ SLC-OFF images based on the low-rank approximate regularization method of dictionary learning with nonlocal and nonconvex models. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 57(9), 6741-6754.
- Ng, M. K. P., Yuan, Q., Yan, L., & Sun, J. (2017). An adaptive weighted tensor completion method for the recovery of remote sensing images with missing data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 55(6), 3367-3381.
- Rasti, B., Chang, Y., Dalsasso, E., Denis, L., & Ghamisi, P. (2021). Image restoration for remote sensing: Overview and toolbox. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 10(2), 201-230.
- Scaramuzza P, Micijevic E, Chander G (2004) SLC gap-filled products phase one methodology. Landsat technical notes, 5. <https://www.usgs.gov/media/files/landsat-7-slc-gap-filled-products-phase-one-methodology> . Erişim Tarihi: 1 Aralık 2020
- Zhang, J., Zhou, X., Li, L., Hu, T., & Fansheng, C. (2022). A combined stripe noise removal and deblurring recovering method for thermal infrared remote sensing images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 60, 1-14.
- Zhang, Q., Yuan, Q., Zeng, C., Li, X., & Wei, Y. (2018). Missing data reconstruction in remote sensing image with a unified spatial-temporal-spectral deep convolutional neural network. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 56(8), 4274-4288.
- Zhou W., Bovik, A. C., Sheikh, H. R., Simoncelli, E. P., 2004. Image quality assessment: from error visibility to structural similarity. *IEEE Transactions on Image Processing*, 13(4), 600-612.

Yerli Yazılım Uygulamalarının Altyapı Yönetimindeki Önemi: Elektrik Dağıtım CBS Uygulaması Örneği

Ceren Özcan Tatar^{1,2*}, Hasan Can Beyhan², Eyüp Karahan³, Fatih Kaymak³, Yalçın Özdemir²

¹Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri A.B.D., Eskişehir, Türkiye

²Başarsoft Bilgi Teknolojileri A.Ş., 06520, Ankara, Türkiye.

³Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş.

Genişletilmiş Özet

Bu çalışma, Türkiye'nin elektrik dağıtım sektöründe yerli yazılım uygulamalarının önemini vurgulamakta ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) alanında yerleşmenin sağladığı avantajları kapsamlı bir şekilde ele almaktadır. Elektrik dağıtım şirketleri, günümüzde artan şehirleşme, teknolojik gelişmeler ve çevresel değişimler ile birlikte daha karmaşık ve dinamik bir yapıya bürünmektedir. Bu bağlamda, mekansal veri yönetimi ve analizine olan ihtiyaç da giderek artmaktadır. Yerli yazılımlar, bu ihtiyaçları karşılamak ve Türkiye'nin teknolojik bağımsızlık hedeflerine katkıda bulunmak amacıyla geliştirilmiştir.

Projenin temel amacı, elektrik dağıtım sektöründe mevcut yurtdışı kaynaklı CBS yazılımlarına rekabet gücü yüksek, yerli ve milli bir alternatif geliştirmektir. Bu doğrultuda, Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş. (DEDAŞ) gibi elektrik dağıtım şirketlerinin ihtiyaçlarına uyum sağlayacak şekilde tasarlanacak olan CBS yazılımı, yerli, açık kaynak kodlu ve lisans bağımsız olmasına özen gösterilecektir. Böylece, yurtdışı kaynaklı çözümlerle olan maliyet bağımlılığı azaltılacak ve yerli yazılımların yaygın kullanımı desteklenecektir.

Bu çalışma, mekansal bir problemin tanımlanmasıyla başlamaktadır. Elektrik dağıtım sektöründe karşılaşılan en önemli sorunlardan biri, mevcut yazılımların yüksek maliyetleri ve lisans bağımlılığıdır. Bu durum, şirketlerin bütçelerini olumsuz etkilemekte ve operasyonel verimliliklerini düşürmektedir. Bu sorunun çözümünde, farklı disiplinlerle ortak çalışmalar yürütülmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Yazılım mühendisliği, coğrafi bilgi sistemleri, veri tabanı yönetimi gibi disiplinler, bu projede iş birliği yaparak, sektöre özgü çözümler geliştireceklerdir.

Çözüm sürecinde, mekansal bilgilerin ve teknolojilerin tanımlanması ve kullanımlarının değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Geliştirilecek yazılım, açık kaynak kodlu veri tabanları (örneğin, PostgreSQL) kullanılarak oluşturulacak ve bu, mevcut yüksek maliyetli yabancı veri tabanları kullanımını ortadan kaldıracaktır. Ayrıca, yazılımın entegrasyon yeteneği de önemli bir kriterdir. SCADA, Abone Bilgi Sistemi, Saha İş Gücü Yönetimi gibi farklı sistemlerle entegre olabilen bir altyapı oluşturulması hedeflenmektedir. Bu entegrasyonlar, açık API yöntemleri ile gerçekleştirilecektir, böylece diğer sistemlerle kolayca bağlantı kurulması sağlanacaktır.

Toplum ve karar vericilerle bilgi paylaşımı için kullanılan kanalların belirlenmesi, projenin başarısı açısından kritik bir öneme sahiptir. Elektrik dağıtım şirketleri, geliştirilen yazılımın avantajlarını ve kullanım kolaylıklarını kamuoyuna duyurmak için çeşitli iletişim kanallarını kullanacaklardır. Bu bağlamda, yerli yazılımların sağladığı ekonomik, sosyal ve çevresel faydalar üzerinde durulacaktır. Yerli yazılımlar; maliyet tasarrufu, yerel sanayinin geliştirilmesi, rekabetin teşvik edilmesi gibi ekonomik faydaların yanı sıra, yerel becerilerin geliştirilmesi ve istihdam yaratma gibi sosyal faydalar da sunmaktadır.

Sonuçların tartışılmalı olarak ortaya konması ve gelecek için alınabilecek önlem ve önerilerin sunulması, bu çalışmanın bir diğer önemli boyutudur. Yerli yazılımların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, Türkiye'nin teknolojik bağımsızlık hedeflerine önemli katkılarda bulunarak, dışa bağımlılığı azaltmakta ve yerel ihtiyaçlara daha uygun çözümler sunmaktadır. Bu bağlamda, yerli yazılımlar sadece ekonomik değil, aynı zamanda sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik açısından da kritik bir rol oynamaktadır.

Gelecekte, yerli yazılım uygulamalarının gelişimi, yalnızca ekonomik kazançlar değil, aynı zamanda sosyal ve çevresel faydalar da sağlayacaktır. Türkiye'nin yerli yazılım alanındaki yatırımlarının artması, teknolojik gelişmelerin yanında toplumsal dönüşüm süreçlerini de hızlandıracaktır. Elektrik dağıtım sektöründe yerli yazılımların kullanılması, sadece sektör için değil, ülke genelinde bir kalkınma hamlesi niteliği taşıyacaktır.

Bu çalışma, yerli yazılımların önemini vurgulamakta ve bu alandaki projelerin başarısının, Türkiye'nin geleceği için ne denli kritik olduğunu ortaya koymaktadır. Yerli yazılım ekosisteminin güçlenmesi, hem ekonomik hem de toplumsal anlamda ülkemizin gelişimine katkıda bulunacaktır. Bu bağlamda, yerli yazılım uygulamalarına yönelik desteklerin artırılması ve bu alandaki çalışmaların yaygınlaştırılması büyük bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır.

Türkiye'nin coğrafi yapısı, stratejik konumu ve hızla artan şehirleşme oranı, mekansal veri yönetimi ve analizine olan ihtiyacı giderek artırmaktadır. Bu ihtiyaçlara yanıt veren Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), karar alma süreçlerini daha verimli hale getiren önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Yerelleştirilmiş CBS yazılımları, hem bölgesel gereksinimlere daha uygun çözümler sunmakta hem de Türkiye'nin teknolojik bağımsızlık hedeflerine katkı sağlamaktadır. Yerli CBS yazılımlarının geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, açık kaynak kodlu yazılımların kullanımını destekleyerek bilişim

* Sorumlu Yazar: Tel: (312) 473 70 80 Faks: (312) 473 91 80

E-posta: ceren_ozcan@ogr.eskisehir.edu.tr, ceren.ozcan@basarsoft.com.tr (Ceren Özcan Tatar), hasan.beyhan@basarsoft.com.tr (Hasan Can Beyhan), eyyup.karahan@dedas.com.tr (Eyyup Karahan), fatih.kaymak@dedas.com.tr (Fatih Kaymak), yozdemir@basarsoft.com.tr (Yalçın Özdemir)

harcamalarında tasarruf sağlamakta, dışa bağımlılığı azaltmakta ve güvenlik, verimlilik ile sürdürülebilirlik açısından önemli avantajlar sunmaktadır.

Elektrik dağıtım sektöründe karşılaşılan en önemli sorunlardan biri, mevcut yazılımların yüksek maliyetleri ve lisans bağımlılığıdır. Bu durum, şirketlerin bütçelerini olumsuz etkilemekte ve operasyonel verimliliklerini düşürmektedir. Elektrik dağıtım şirketleri, mevcut yazılımlarını kullanmaya devam ettikçe, bu bağımlılıkları artmakta ve bu da uzun vadede maliyetleri yükseltmektedir. Ayrıca, mevcut yazılımların çoğu, yerel ihtiyaçları ve dinamikleri yeterince dikkate almamakta, bu da yerel yönetimlerin ve toplulukların ihtiyaçlarına cevap vermekte yetersiz kalmaktadır.

Bu bağlamda, yerli yazılımların geliştirilmesi ve uygulanması, elektrik dağıtım sektöründe karşılaşılan bu sorunları çözmek için kritik bir adım olarak öne çıkmaktadır. Yerli yazılımlar, hem maliyetleri düşürmekte hem de lisans bağımlılığını ortadan kaldırmaktadır. Yerli yazılımlar, yerel ihtiyaçlara daha uygun çözümler sunarak, elektrik dağıtım sektöründeki verimliliği artırma potansiyeline sahiptir.

Bu sorunun çözümünde, farklı disiplinlerle ortak çalışmalar yürütülmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Yazılım mühendisliği, coğrafi bilgi sistemleri, veri tabanı yönetimi gibi disiplinler, bu projede iş birliği yaparak, sektöre özgü çözümler geliştireceklerdir. Yazılım mühendisleri, kullanıcı ihtiyaçlarını belirleyerek, yazılımın tasarımını ve geliştirilmesini yönlendireceklerdir. Coğrafi bilgi sistemleri uzmanları, mekansal verilerin yönetimi ve analizi konusunda katkı sağlayacaklardır. Veri tabanı yöneticileri ise, açık kaynak kodlu veri tabanlarının entegrasyonu ve yönetimi konusunda uzmanlıklarını sunacaklardır. Bu disiplinler arası iş birliği, elektrik dağıtım sektöründe karşılaşılan sorunların daha etkin bir şekilde çözülmesine olanak tanıyacaktır. Ayrıca, bu iş birliği, yerli yazılımların geliştirilmesi sürecinde farklı bakış açıları ve uzmanlıkların bir araya gelmesini sağlayarak, daha yenilikçi ve etkili çözümler üretilmesine katkıda bulunacaktır.

Çözüm sürecinde, mekansal bilgilerin ve teknolojilerin tanımlanması ve kullanımlarının değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Geliştirilecek yazılım, açık kaynak kodlu veri tabanları (örneğin, PostgreSQL) kullanılarak oluşturulacak ve bu, mevcut yüksek maliyetli yabancı veri tabanları kullanımını ortadan kaldıracaktır. Ayrıca, yazılımın entegrasyon yeteneği de önemli bir kriterdir. SCADA, Abone Bilgi Sistemi, Saha İş Gücü Yönetimi gibi farklı sistemlerle entegre olabilen bir altyapı oluşturulması hedeflenmektedir. Bu entegrasyonlar, açık API yöntemleri ile gerçekleştirilecektir, böylece diğer sistemlerle kolayca bağlantı kurulması sağlanacaktır.

Geliştirilecek yazılımın kullanıcı arayüzü, sektöre özgü özel bir tasarıma sahip olacaktır. Kullanıcı dostu bir arayüz, saha çalışanlarının verimliliğini artıracak ve verilerin toplanmasını kolaylaştıracaktır. Ayrıca, çevrimiçi-çevrimdışı mobil uygulama imkânı sunarak, sahadan şebeke ile uyumlu verilerin optimum şekilde toplanmasını sağlayacaktır. Bu sayede, elektrik dağıtım şirketleri, yatırım ve bakım süreçlerini daha etkin bir şekilde yönetebileceklerdir.

Toplum ve karar vericilerle bilgi paylaşımı için kullanılan kanalların belirlenmesi, projenin başarısı açısından kritik bir öneme sahiptir. Elektrik dağıtım şirketleri, geliştirilen yazılımın avantajlarını ve kullanım kolaylıklarını kamuoyuna duyurmak için çeşitli iletişim kanallarını kullanacaklardır. Bu bağlamda, yerli yazılımların sağladığı ekonomik, sosyal ve çevresel faydalar üzerinde durulacaktır. Yerli yazılımlar; maliyet tasarrufu, yerel sanayinin geliştirilmesi, rekabetin teşvik edilmesi gibi ekonomik faydaların yanı sıra, yerel becerilerin geliştirilmesi ve istihdam yaratma gibi sosyal faydalar da sunmaktadır.

Ayrıca, yerli yazılımların geliştirilmesi sürecinde, kamu kurumları ve özel sektör arasındaki iş birliği çabaları da önemli bir rol oynamaktadır. Kamu kurumları, yerli yazılımların kullanımını teşvik etmekte ve bu alandaki projelere destek vermektedir. Özel sektör ise, yerli yazılımlar geliştirerek, yerel ihtiyaçlara uygun çözümler sunmaktadır. Bu iş birliği, yerli yazılım ekosisteminin güçlenmesine katkıda bulunacaktır.

Sonuçların tartışılmalı olarak ortaya konması ve gelecek için alınabilecek önlem ve önerilerin sunulması, bu çalışmanın bir diğer önemli boyutudur. Yerli yazılımların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, Türkiye'nin teknolojik bağımsızlık hedeflerine önemli katkılarda bulunarak, dışa bağımlılığı azaltmakta ve yerel ihtiyaçlara daha uygun çözümler sunmaktadır. Bu bağlamda, yerli yazılımlar sadece ekonomik değil, aynı zamanda sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik açısından da kritik bir rol oynamaktadır.

Gelecekte, yerli yazılım uygulamalarının gelişimi, yalnızca ekonomik kazançlar değil, aynı zamanda sosyal ve çevresel faydalar da sağlayacaktır. Türkiye'nin yerli yazılım alanındaki yatırımlarının artması, teknolojik gelişmelerin yanında toplumsal dönüşüm süreçlerini de hızlandıracaktır. Elektrik dağıtım sektöründe yerli yazılımların kullanılması, sadece sektör için değil, ülke genelinde bir kalkınma hamlesi niteliği taşıyacaktır.

Bu çalışma, yerli yazılımların önemini vurgulamakta ve bu alandaki projelerin başarısının, Türkiye'nin geleceği için ne denli kritik olduğunu ortaya koymaktadır. Yerli yazılım ekosisteminin güçlenmesi, hem ekonomik hem de toplumsal anlamda ülkemizin gelişimine katkıda bulunacaktır. Bu bağlamda, yerli yazılım uygulamalarına yönelik desteklerin artırılması ve bu alandaki çalışmaların yaygınlaştırılması büyük bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler

Dijital dönüşüm, Dijital İkiz (Digital Twin), CBS Uygulamaları, Elektrik Dağıtım Şebekesi, Yerli CBS

Twitter Verilerinden Depremle İlgili Konuların Makine Öğrenme Yöntemleri İle Çıkarılması: Kahramanmaraş Merkezli Depremler Örneği

Hamdi Gündüz¹

¹Harita Mühendisi

Genişletilmiş Özet

Giriş: Deprem; Tektonik kuvvetlerin veya volkan faaliyetlerinin etkisiyle yer kabuğunun kırılması sonucunda ortaya çıkan enerjinin sismik dalgalar hâlinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yeryüzünü kuvvetle sarsması olayıdır (AFAD, 2023). Depremler can ve mal kaybı bakımından en kötü doğal afetler arasındadır. Ülkemiz de coğrafi konumu nedeniyle depremden en çok etkilenen, şiddetli depremlerin meydana geldiği, sismik olarak aktif Anadolu plakası üzerinde bulunmaktadır. Ülkemizde, 1900’den günümüze büyüklüğü 7’nin üzerinde 20 deprem meydana gelmiştir. Bu da Türkiye’yi depremlerden dolayı zarar gören ülkeler sıralamasında en üst seviyelere taşımaktadır. Türkiye’de 1900-2023 yılları arasında can kaybına veya hasara neden olan 269 deprem meydana gelmiştir. Yaşanan bu depremlerde can kaybı ve ağır hasar bakımından en büyük depremler sırasıyla 2023 Kahramanmaraş, 1939 Erzincan ve 1999 Gölcük merkezli Marmara Depremleridir. 6 Şubat 2023 tarihinde Türkiye saati ile 04:17’de ve 13:24’te merkez üssü Kahramanmaraş’ın Pazarcık ve Elbistan ilçeleri olan Mw7.7 (odak derinlik=8,6km) ve Mw7.6 (odak derinlik=7km) büyüklüklerinde iki deprem meydana gelmiştir. 20 Şubat 2023 tarihinde de Türkiye saati ile 20:04’te merkez üssü Hatay Yayladağı olan Mw6.4 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir (URL-1). 6 Şubat 2023 Pazarcık – Elbistan depremleri nedeniyle başta Kahramanmaraş olmak üzere depremden etkilenen Hatay, Gaziantep, Malatya, Diyarbakır, Kilis, Şanlıurfa, Adıyaman, Osmaniye, Adana ile 11. il olarak eklenen Elazığ illerinde olağanüstü hal ilan edilmiştir. Deprem nedeniyle 50.783 kişi hayatını kaybederken, 115.353 kişi yaralanmıştır. Ayrıca 37.984 binanın yıkıldığı raporlanmıştır (URL-2). Depremin yol açtığı felaketin Türkiye ekonomisi üzerindeki toplam yükü yaklaşık 1.995 milyar TL (103,6 milyar dolar) düzeyinde olduğu tahmin edilmektedir (URL-1).

Sürdürülebilir şehirler ve topluluklar için depreme dayanıklı yapıların yapılması, deprem riski taşıyan yerlere müdahale edilmesi, deprem anında acil müdahale ve kurtarma çalışmalarının iyileştirilmesi ve acil ihtiyaçların belirlenmesi son derece önemlidir.

Problem Tanımı: Sosyal medya verileri günümüzde önemli bir gönüllü coğrafi veri kaynağı haline gelmiştir, özellikle afetlerde ve toplumsal olaylar hakkında nerede olduğu bilgisi tweettir platformunda birçok kullanıcı tarafından anlık olarak paylaşılmaktadır, ancak bu gönüllü coğrafi veriler kamu kurumları ve üniversitelerdeki bilimsel çalışmalar içinde yeterince önem görmemekle birlikte bu verileri değerlendirme amaçlı yapılan çalışma sayısı oldukça azdır, bu nedenle veriye erişimin büyük bir sorun haline geldiği ülkemizde tweet verilerinin afet anında daha etkin bir şekilde kullanılması, afet ve acil müdahale ekiplerine afetin konumsal dağılımı ile ilgili veri paylaşarak önemli katkılarının sağlanması afet anında müdahale hızının artırılması gerekmektedir. **Çalışmanın Amacı:** Önerilen projede 6 Şubat 2023 tarihinde ülkemizde gerçekleşen Kahramanmaraş merkezli depremler ile ilgili Twitter platformundan atılan tweetler kullanılarak depremle ilgili en çok paylaşılan konular makine öğrenmesi yöntemleri ile belirlenecektir. Bu amaçla, 6-12 Şubat 2023 tarihlerinde paylaşılan tweetler Kaggle (URL-4) veri paylaşım platformu üzerinden elde edilip ayıklanacak ve üzerine ön işlemler gerçekleştirilecektir. Daha sonra makine öğrenme teknikleri ile denetimli sınıflandırma yapılarak tweetlerde geçen önemli konular belirlenecektir.

Metodoloji: Projede Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları kapsamında afetlerden kaynaklanan ölümleri ve etkilenen insan sayısını kayda değer miktarda azaltmak, ekonomik kayıpları düşürmek ve bütüncül afet riski yönetimini her düzeyde geliştirmek ve uygulamak için sosyal medya verileri kullanılarak depremle ilgili önemli konuların makine öğrenme yöntemleri kullanılarak belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Bu çalışmanın gerçekleştirilebilmesi için genel olarak aşağıdaki işlemler yapılacaktır:

- 6-12 Şubat 2023 tarihlerindeki Twitter platformundan atılan Türkçe tweetler Kaggle veri paylaşım sitesinden .csv formatında temin edilecektir.
- Kalan tweetler il, ilçe, mahalle/sokak bazında sınıflandırılacaktır
- Elde edilen tweetlerden re tweetler ve yinelenen tweetler ayıklanacaktır.
- Tweetlerin kalite ve verimliliğini artırmak için Orange yazılımında ön işlemler uygulanacaktır.
- Makine Öğrenmesi Yöntemleri (Destek Vektör Makineleri, Karar ağacı, Rastgele, Yapay Sinir Ağları ve Naive Bayes) ile tweetlerde geçen önemli konular belirlenecektir.

* Sorumlu Yazar: Hamdi Gündüz Tel: (0505) 4216676

E-posta: hamdi2002hamdi@hotmail.com

Genel Bilgiler: Sosyal medya verileri kullanılarak yapılacak coğrafi analizler ile birden çok katkı sağlanabilmektedir. Deprem etkilenen bölgelerin tespiti: Sosyal medya paylaşımlarının analiziyle, deprem etkilenen bölgelerin belirlendiği ve bu bölgelerdeki paylaşım yoğunluğunun arttığı tespit edilmiştir. Yardım talepleri ve acil durum ihtiyaçları: Sosyal medya verileri üzerinde yapılan analizlerde, depremzedelerin yardım talepleri, acil durum ihtiyaçları ve koordinasyon gereksinimleri ortaya çıkarılmıştır. Bu bilgiler, yardım kuruluşlarının ve kurtarma ekiplerinin müdahale planlamasında kullanılabilir. Hasar tespiti: Sosyal medya paylaşımlarındaki görsel içeriklerin analiziyle, deprem sonrası hasarlı bölgelerin belirlenmesi ve hasar düzeylerinin tahmini sağlanmıştır. Bu bilgiler, acil yardım ve onarım faaliyetlerine yönelik stratejilerin oluşturulmasına yardımcı olabilir (Hashimoto vd., 2020).

İnsan hareketliliği ve tahliye: Sosyal medya verilerinin analiziyle, deprem öncesi ve sonrası insan hareketliliği ve tahliye eğilimleri belirlenmiştir. Bu bilgiler, acil durum yönetimi ve tahliye planlaması için önemli ipuçları sağlamaktadır. Duygu analizi ve toplumsal tepkiler: Sosyal medya paylaşımlarındaki metinlerin duygu analiziyle, depremle ilgili toplumsal tepkiler ve duygusal durumlar değerlendirilmiştir. Bu sayede, toplumun psikososyal ihtiyaçları ve destek gereksinimleri anlaşılmıştır (Gülnerman ve Karaman, 2020).

Uygulanacak Yöntemlerin Performans Ölçütlerinin Hesaplanması: Uygulanacak yöntemlerin performansını ölçmek amacıyla doğruluk, hassasiyet, recall, F-measure ve hesaplama süreleri metrikleri kullanılacaktır. Doğruluk; doğru tahmin edilen sonuçlar ile tüm tahminlerin toplamı arasındaki oranı ifade eder. Hassasiyet; doğru olarak sınıflandırılan pozitif örnek sayısının pozitif (doğru veya yanlış şekilde) olarak sınıflandırılan toplam örnek sayısına oranını ifade eder. Recall; doğru olarak pozitif şekilde sınıflandırılan pozitif örnek sayısının toplam pozitif örnek sayısına oranını temsil eder. F- measure; hassasiyet oranı ve recall oranının ağırlıklı harmonik ortalamasını gösterir. F- measure’nin artmasıyla yöntem daha etkili hale gelir (Dinler ve Şahin, 2021).

Bulgular ve Tartışma: Yapılan çalışma sonucunda deprem ile ilgili verilerinin analizi esnasında berille nenen konuların konum ve tarih değişikçe farklılık gösterdiği, buna bağlı olarak her il ve ilçe için farklı eğitim verilerinin oluşturulması gerektiği, eğitim verisi oluştururken konunun genel anlamının dikkate alınılması gerektiği, ana konuların; yardım çağrısı, toplumsal duygular, tepkiler, haberleşme, öneri olduğu, iki farklı veri setindeki konuları belirlemede gerçeğe uygun doğru sonuçları veren makine öğrenme yönteminin test and score değerleri de dikkate alınarak rastgele orman algoritmasının en uygun makine öğrenme yönetimi olduğu gözlemlendi.

Sonuçlar: Çalışmada 6 Şubat 2023 tarihinde ülkemizde gerçekleşen Kahramanmaraş merkezli depremler ile ilgili Twitter platformundan atılan tweetler kullanılarak depremle ilgili en çok paylaşılan konular makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak belirlenecek ve kullanılan makine öğrenme yöntemlerinin doğruluk ve performansları karşılaştırılacaktır. Bu amaçla, 6-12 Şubat 2023 tarihlerinde paylaşılan tweetler Kaggle (URL-4) veri paylaşım platformu üzerinden elde edilip ayıklanacak ve üzerine ön işlemler gerçekleştirilecektir. Daha sonra makine öğrenme teknikleri ile denetimli sınıflandırma yapılarak tweetlerde geçen önemli konular belirlenecektir. Yapılan literatür araştırmalarında Türkçe tweetlerle makine öğrenmesi yöntemleri kullanarak Kahramanmaraş depremi özelinde konu analizi yapan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu yönüyle yapılan çalışma özgün değer taşımaktadır. Çalışma sonucunda elde edilen konuların deprem anında ve sonrasında alınması gereken önemli kararlara yol gösterici olacağı ve deprem sonrası konumsal analizler için afet önleme ve müdahale çalışmalarında yönlendirici nitelikte olacağı düşünülmektedir. Bu çalışma sonuçlarının deprem riski taşıyan bölgelerdeki afet önleme ve acil durum yönetimi stratejilerine katkıda bulunacağı ve sosyal medyanın doğal afetlerle ilgili önemli bir kaynak olarak kullanılmasını teşvik edeceği öngörülmektedir. Çalışma Sonucunda, acil durum müdahalelerinin daha iyi koordine edilerek insan hayatının korunmasına katkıda bulunulacaktır. Çalışma çıktıları deprem riski taşıyan bölgelerdeki afet önleme çalışmalarına yardımcı olması ile ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır. Çalışma sonucunda en iyi tahmin yapan makine öğrenme yönteminin belirlenmesi, bundan sonraki benzer çalışmalarda kullanılabilecek olmasıyla yol gösterici olacak ve böylece literatüre bilimsel katkı sağlanacaktır.

Fotogrametri Yazılımlarının CBS Uygulamalarındaki Yeri ve Bulut Bilişimle Entegrasyonu: Geleceğin Mekânsal Çözümleri

Hazal Arslanoğlu¹,

¹Netcad Yazılım AŞ, 06800 Çankaya/Ankara

Genişletilmiş Özet

Günümüz dünyasında mekânsal veri yönetimi ve analiz yöntemleri hızla gelişmektedir. Teknolojideki bu gelişmeler, özellikle coğrafi verilerin toplanması, işlenmesi ve analiz edilmesi sürecinde devrim yaratmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve fotogrametri, mekânsal problemlerin çözümünde en etkili ve yenilikçi teknolojilerden biri olarak öne çıkmaktadır. CBS, büyük miktarda mekânsal veriyi yönetmek, depolamak ve analiz etmek için kullanılan güçlü bir araçtır. Fotogrametri ise, ham fotoğraf verilerinden yüksek doğrulukta ve hızda koordinatlı üç boyutlu (3B) modeller oluşturma yeteneğiyle dikkat çeken bir yöntemdir. Bu yöntem, yüzey analizleri ve haritalama için kritik bir teknik rol oynamaktadır. Fotogrametrik veriler genellikle drone gibi insansız hava araçları (İHA) ile toplanır. Bu hava araçları sayesinde geniş alanlardan yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edilebilir. Drone'lar, özellikle büyük ölçekli projelerde verilerin toplanma sürecini hızlandırarak maliyetleri düşürür. Elde edilen ham fotoğraf verileri, fotogrametri yazılımları aracılığıyla işlenerek mesh model, nokta bulutu, ortofoto ve sayısal arazi ve yükseklik modelleri (DEM/DTM) gibi koordinatlı çıktılara dönüştürülür. Bu çıktılar, mühendislik, inşaat, şehir planlama, tarım, ormancılık, madencilik ve daha birçok alanda kullanılabilir hale gelir. Böylece fotogrametri, sadece haritacılıkta değil, geniş bir uygulama yelpazesinde önemli bir rol üstlenmektedir. Üretilen modeller üzerinden filtreleme, sayısallaştırma, çizim gibi işlemler yapılabilmesi kullanım alanını genişletmektedir. Madencilikte sıkça kullanılan hacim ve kübaj hesapları drone ile elde edilen üç Boyutlu modeller ile kolaylıkla ölçülebilir ve izlenebilir bir ortam sağlamaktadır.

Örneğin, şehir planlama süreçlerinde fotogrametrik verilerin kullanılması, kentsel gelişimi optimize etmek ve altyapı projelerini daha etkili bir şekilde yönetmek için kritik bir bilgi sağlar. Şehirlerin sürekli olarak genişlemesi, ulaşım ağlarının genişletilmesi ve yeşil alanların korunması gibi süreçlerde, fotogrametri ile elde edilen mekânsal veriler hayati bir rol oynar. Mühendisler ve şehir plancıları, bu verileri kullanarak en uygun yerleşim alanlarını belirleyebilir, binaların yüksekliği ve diğer yapısal detaylarla ilgili kesin analizler yapabilir. Fotogrametri, sadece yüzeyin haritalanmasıyla sınırlı kalmaz; aynı zamanda çeşitli yükseklik verilerini de sunarak yapıların yerleşimi, kentsel planlamayı, alt yapı ve üst yapı çalışmalarında kullanılacak koordinatlı verinin de üretilmesinde önemli rol oynar. Bu veriler üzerinden yapılan ölçüm ve çizim araçları, profil oluşturma yetenekleri ile tekniklerin ve mühendislerin rahatlıkla kullanabileceği düşük maliyetli ve yüksek doğruluklu veri üretimi sağlanmış olur.

Bu bağlamda, fotogrametrik yazılımlar ve CBS'in entegrasyonu, mekânsal verilerin daha doğru ve kullanışlı hale getirilmesine yardımcı olur. CBS, fotogrametriden elde edilen verilerin analizini sağlayarak, bu verilerin çeşitli haritalar ve tematik analizler aracılığıyla yorumlanmasını kolaylaştırır. **Wolf ve Dewitt**, fotogrametrinin yüksek doğruluğu ve geniş alanları kısa sürede kapsama yeteneği sayesinde, CBS tabanlı projelerde temel bir bileşen haline geldiğini vurgulamaktadır (Wolf & Dewitt, 2000). Özellikle drone teknolojileriyle entegre edilen fotogrametrik yöntemler, hız ve maliyet açısından büyük avantajlar sağlamaktadır. Bu sayede, mühendislik projelerinden doğal kaynak yönetimine kadar çeşitli alanlarda daha verimli çözümler sunulmaktadır.

Fotogrametrik yazılımlar, drone ile elde edilen ham görüntüleri kullanarak mesh modeller, ortofotolar, nokta bulutları ve sayısal arazi modelleri üretir. Mesh modelleme, üç boyutlu yüzeylerin detaylı bir şekilde görselleştirilmesini sağlayarak, arazi analizleri ve kentsel planlama süreçlerinde değerli bilgiler sunar. Bu sayede, arazi yapısının detaylı bir haritası çıkarılabilir, topografya hakkında bilgi edinilebilir ve farklı projeler için zemin çalışmaları yapılabilir. Nokta bulutları ise, milyonlarca veri noktası içeren ayrıntılı bir mekânsal veri seti sunarak, yüzey eğimlerinin ve yükseklik farklarının hassas arazi ya da yüzey analizini mümkün kılar. Nokta bulutu, filtreleme ve sınıflandırma yetenekleri ile bu noktalar, mühendislik projelerinde detaylı analizler ve simülasyonlar yapılarak daha doğru sonuçlar elde edilmesini sağlar. Ayrıca, ortofoto ve sayısal yükseklik modelleri, tarım ve doğal kaynak yönetimi gibi alanlarda verimliliği artırmak için kullanılabilir. Tarım alanlarında, mahsul yönetimi ve sulama planları bu verilerle optimize edilebilir.

Son yıllarda, fotogrametrik yazılımlarda kullanılan yeni bir yöntem olarak bulut bilişim teknolojisi öne çıkmaktadır. Bulut bilişim, verilerin depolanması, işlenmesi ve paylaşılması sürecinde büyük kolaylıklar sağlar. Fotogrametri yazılımlarının bulut bilişim ile entegrasyonu, kullanıcıların büyük boyutlu verileri yerel depolama kapasitesi olmaksızın işleyebilmesini mümkün kılar. Bulut altyapısı sayesinde, bu veriler hem hızlı hem de güvenilir bir şekilde işlenebilir. **Armbrust ve arkadaşlarına** göre, bulut bilişimin sunduğu esneklik ve ölçeklenebilirlik, veri işlemeyi daha erişilebilir ve maliyet etkin hale getirmektedir (Armbrust et al., 2010). Bu teknoloji sayesinde, fotogrametri yazılımlarının maliyetleri düşerken, kullanım alanları genişlemekte ve daha fazla kullanıcıya hitap etmektedir.

Özellikle SaaS (Software as a Service) modeli, fotogrametri yazılımlarını daha erişilebilir hale getirir. Bu model sayesinde kullanıcılar, fotogrametrik verilerini internet üzerinden işleyebilir ve analiz edebilirler. Armbrust ve arkadaşlarının belirttiği gibi, bulut bilişimle gelen bu esneklik, küçük ve orta ölçekli işletmeler için büyük avantajlar sağlar. Yerel donanım yatırımlarına ihtiyaç duymadan yüksek işlem gücüne ulaşılabilmesi, özellikle küçük bütçeli projeler için büyük

* Sorumlu Yazar: Tel: 0507 669 22 80

E-posta: [hazal.ozar@netcad.com](mailto: hazal.ozar@netcad.com) (Hazal Arslanoğlu)

bir fırsattır. Ayrıca, bulut tabanlı çözümler veri paylaşımını ve işbirliğini de kolaylaştırarak, farklı disiplinlerin aynı projede birlikte çalışmasını sağlar.

Ancak bulut bilişim, bazı dezavantajları da beraberinde getirir. Verilerin internet üzerinden işlenmesi ve depolanması, güvenlik risklerini artırabilir. Hassas projelerde kullanılan fotogrametrik verilerin bulut ortamında saklanması, siber saldırılara karşı daha dikkatli olunmasını gerektirir. Bu nedenle, fotogrametri yazılımlarının bulut tabanlı çözümler sunarken, güvenlik önlemlerini artırması ve şifreleme gibi ek koruma yöntemleri geliştirmesi önemlidir. Lokal ağda çalışan (On-premise) çözümler, kuruluşların kendi veri güvenlik protokollerini uygulamalarına ve hassas bilgileri kendi sistemlerinde saklamalarına olanak tanır, bu da güvenliği artırır.

Mekânsal verilerin analizi ve yorumlanması, tek bir disiplinin yetkinliğiyle sınırlandırılmayacak kadar karmaşıktır. Fotogrametri ile elde edilen verilerin anlamlı hale getirilmesi ve mekânsal problemlerin çözülmesi, farklı disiplinlerin işbirliğini gerektirir. Haritacılık, jeodezi, bilgisayar mühendisliği, çevre mühendisliği ve coğrafya gibi çeşitli disiplinler bu süreçte aktif rol almalıdır. Her bir disiplin, fotogrametri ile elde edilen verilerin analizine farklı bir katkıda bulunur. Örneğin, haritacılar arazi yapısı ve yüzey özelliklerini analiz ederken, jeodezistler verilerin doğruluğunu artırmak için koordinat sistemleri ve referans noktaları kullanır. Bilgisayar mühendisleri ise, bu büyük veri kümelerinin işlenmesi ve analiz edilmesi için yazılım çözümleri geliştirir.

Akıllı şehir projelerinde fotogrametri yazılımları önemli bir rol oynar. Şehir planlama, ulaşım altyapısı izleme ve yeşil alanların yönetimi gibi alanlarda fotogrametrik veriler, karar alıcılar için kritik bilgiler sunar. Fotogrametri, şehirlerin dinamik yapısını takip etmede kullanılırken, CBS ile entegre edildiğinde daha kapsamlı analizler yapılabilir. **Burrough ve McDonnell**, CBS'in mekânsal verileri yönetme kapasitesini artırarak, karar vericilerin daha bilinçli kararlar almasına katkı sağladığını belirtmektedir (Burrough & McDonnell, 1998).

Sonuç olarak, fotogrametri ve CBS'in birlikte kullanılması, mekânsal problemlerin çözümünde güçlü bir araç sunmaktadır. Ancak bu teknolojilerin tam potansiyeliyle kullanılabilmesi için, disiplinler arası iş birliğinin artırılması ve bulut bilişim gibi öncü teknolojik altyapıların yaygınlaştırılması gerekmektedir. Gelecekte, bulut tabanlı fotogrametri ve CBS entegrasyonları, şehirleşme, çevre koruma ve doğal afet yönetimi gibi kritik alanlarda daha etkili çözümler sunacaktır. Bu sayede yüksek doğrulukta koordinatlı veri üretimine erişim geleneksel ölçüm yöntemlerine kıyasla çok daha hızlı ve doğru şekilde sağlanacaktır.

Anahtar

Kelimeler

Mekânsal Veri Elde Etme Yöntemleri (Uzaktan Algılama, Fotogrametri, İnsansız Hava Araçları, Yersel Ölçüler, Lazer Tarama Teknikleri vb.) Mekânsal Verinin Paylaşımı, Mekânsal Karar Destek Sistemleri, Bulut Bilişim, Kullanıcı Deneyimi, Nokta Bulutlarının CBS/BIM Uygulamalarında Kullanımı, Fotogrametri, Fotogrametri Yazılımları

Kaynakç:

Wolf, P. R., & Dewitt, B. A. (2000). *Elements of Photogrammetry with Applications in GIS*. McGraw-Hill.

Armbrust, M., et al. (2010). *A view of cloud computing*. Communications of the ACM, 53(4), 50-58.

Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). *Principles of geographical information systems*. Oxford University Press.

4 Boyutlu Kadastro Altlıklarının Bileşenleri: Erzurum Örneği

Hüseyin İlhan

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Erzurum Kadastro Müdürlüğü, 25100, Erzurum.

Genişletilmiş Özet

Erzurum ilinde 1.141.888 adet kayıtlı taşınmaz bulunmaktadır. İlk tesis kadastro çalışmaları ağırlıklı olarak 1957 yılında başlanılmış olup ölçü yöntemi olarak ise zamana bağlı bir şekilde grafik, lokal koordinat sisteminde, Ed-50 ve İTRF-96 datumuna dayalı bir şekilde yapılarak tesis kadastro çalışmaları tamamlanmıştır. Bu çalışmada kadastro, mülkiyet, taşınmaz kavramlarının çok geniş bir alana yayılması sebebi ile sadece kadastro parsellerindeki çizgisel anlamdaki değişimler üzerinde durulmuştur.

3 boyut kavramı uzayda yer kaplayan en, boy ve derinlik ile ilgili kavramları kapsamaktadır. 3 boyutlu kadastro ise kadastro parsellerinin düzlem olarak değil 3 boyutlu şeklini, bu şekle bağlı olarak yeniden hesaplanacak yüz ölçümünü ve taşınmazların altında ve üstünde bulunan her türlü yapı ve türevlerinin tamamını kapsamaktadır. Erzurum ilinde yapılan tesis kadastro çalışmalarında yükseklik(z) ile ilgili kısmen de olsa çalışmalar yapılmıştır. Ancak kadastro parsellerinin yüz ölçüm hesaplamaları 2 boyutlu(x-y) düzlemsel olarak yapılmıştır. Bu sebeple 3 boyutlu kadastro sistemine tamamen geçilmesi halinde yeniden taşınmaz alanlarının hesaplanması gerekecektir. Örneğin çok büyük yüz ölçüme sahip orman veya mera parsellerinin 2 boyutlu olarak hesaplanan yüz ölçümü ile 3 boyutlu yüzeyle hesaplanacak yüz ölçümleri arasında yanılma sınırı dışında farklılıklar çıkabilecektir. Bu sebeple de geçmiş dönemdeki teknolojik gelişmeler ve hesaplama yöntem ve araçları ile hesaplanan yüz ölçümler, taşınmazların günümüz şartları ve gereksinimleri bakımından ve mekânsal planlama açısından değerlendirildiği zaman yapılacak işlemlerin hassasiyetine bağlı olarak 3 boyutlu kadastro kavramı, sadece kadastro parsellerinin topoğrafik durumunun dijital hale getirilerek, iki boyutlu kadastro haritalarına entegrasyonu sayılmaz. Bunun dışında kadastro parsellerinin altında ve üstünde bulunan her türlü 3 boyutlu mekânsal verinin (yapı, enerji veya boru nakil hattı vb.) de dijital paftalara işlenmesi ile mümkündür. Buradaki temel amaç 3 boyutlu mekanlardaki haklarında güvence altına alınması, 3B altyapı hizmetlerinin geliştirilmesi ve şeffaf bir şekilde dijital haritalarda 3B Mekânsal Veri Görselleştirilmesinin sağlanmasıdır. 4 boyut kavramı ise 3 boyutlu kadastro/mülkiyet modeline, zaman kavramının eklenmesi ile mümkündür. Ancak burada karşımıza, 3 boyutlu kadastro tamamlanmadan 4 boyutlu kadastrodan bahsetmek mümkün müdür? sorusu karşımıza çıkacaktır. Akademik yayınların çoğunda 3 boyutlu kadastro tamamlanmadan 4 boyutlu kadastrodan bahsetmenin mümkün olamayacağı belirtilmiştir. Ancak uygulamada ise bu durum bu kadar basit değildir. Kadastro parsellerinin sınırlarının 2 boyutlu olarak düzlem üzerindeki zaman içerisindeki hareketlerini ve değişimlerinin takibi mümkündür. Ancak 3 boyutlu kadastro tamamlanmamış olması (yükseklik değerinin belirli olmaması) sebebi ile zaman içerisinde kadastro parsellerinde meydana gelecek olan değişimlerde sadece 3 boyutlu değişimlerini ve hareketlerini göstermeyecektir.

Bu sebeple 4 boyutlu kadastro kavramı, 3 boyutlu kadastro tamamlanmamış olsa bile uygulamalarımızda zaman kavramına büyük ihtiyaçlar duyulmaktadır. 2 boyutlu kadastro parsellerinin zaman içerisindeki hareketleri kadastro müdürlüklerince kayıt altına alınarak 4 boyutlu kadastro altlığına hazır hale getirmektedir. Kadastro parsellerinin üretiminden sonra parsellerdeki zaman içerisinde meydana gelen değişiklik ve hareketleri, CAD uzantılı yazılımlarda hazırlanan tabaka yapısı ve gerekse arşivleme sistemimiz ve buna bağlı olarak MEGSİS sistemiyle yapılan entegrasyon ile birlikte her bir kadastro parselinin zaman içerisindeki düzlemsel (2 boyutlu) hareketleri kayıt edilmektedir. Bunun ile birlikte son bir yıl içerisinde 3 boyutlu şehir modelleri ve 3 boyutlu kadastro altlıklarının oluşturulması projesi kapsamında 3d bina verilerinin de girişleri yapılarak kat irtifaklarına bu şekilde geçiş işlemleri sağlanmaktadır. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünün 2020 yılında çıkarmış olduğu vizyon projelerinden olan "3 Boyutlu Şehir Modelleri ve Kadastro Projesi" Harita Dairesi, Tapu Dairesi, Kadastro Dairesi ve Bilgi Teknolojileri Dairesi Başkanlıkları tarafından yürütülen bir projedir. 4 boyutlu kadastro kavramı, üretilen kadastro parsellerinin zamana bağlı değişikliklerini incelemektedir. Ancak kadastro parsellerinin ilk tescilinin yapılmasından öncesinde de taşınmazların nihai geçmiş kullanım sınırları mevcuttur. Bu durumu Harita Genel Müdürlüğü tarafından üretilen eski tarihli hava fotoğrafları, zaman parametresinin içine alan, bilgi sistemi döngüsü içerisinde yer almaktadır. Kadastro parsellerinin ilk üretiminden günümüze kadar gelen zaman içerisindeki değişiklikleri 4 boyutlu kadastro kavramı konuudur. Buna ek olarak tesis kadastro parsellerinin ilk üretiminden önceki eski hava fotoğraflarına göre, parsel sınırlarındaki değişiklikler de 4 boyutlu kadastro kavramının bir alt bileşenidir. Erzurum Kadastro Müdürlüğü tarafından 3402 sayılı kanun gereğince yapılan kadastro güncelleme çalışmalarında Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünün yayınlamış olduğu 2018/13 sayılı genelgesi veya kadastro uygulamaları sonucu

* Hüseyin İlhan: Tel: (0442) 280 10 90

E-posta: hilhan@tkgm.gov.tr (Hüseyin İlhan)

üretilebilir taşınmaz sınırlarına yönelik yapılan münferit itiraz dilekçelerinde Kadastro kanunun 41. maddesine ait yönetmeliğin ilgili maddeleri gereğince itiraz edilen sınırların kadastro sırasında ve öncesindeki sınırlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebeple de yapılan incelemelerimizde Milli Savunma Bakanlığı, Harita Genel Müdürlüğünden temin edilen eski tarihli hava fotoğrafları da dikkate alınan parametrelerden bir tanesidir. Burada görüleceği üzere kadastro parsellerinin ilk üretiminden önceki, eski yıllara ait hava fotoğraflarındaki sınır ve kullanım şekilleri de 4 boyutlu kadastro altlığını oluşturmaktadır.

Müdürlüğümüze tesis kadastro parsel sınırları ile ilgili gelen itiraz dilekçelerinde, ağırlıklı olarak tesis kadastro sırasında ölçülen taşınmaz sınırlarının hatalı olarak sınırlandırılıp ölçüldüğü ve bu sebeple de düzeltilmesi talep edilmektedir. Kadastro kanunun 41. maddesine göre yapılan teknik incelemelerimizde, ilk olarak herhangi bir ölçü, sınırlandırma ve tescimat hatası olup olmadığı irdelenmektedir. Özellikle günümüz teknolojik imkanları da dikkate alınarak fiili zemindeki taşınmazın güncel ortofoto görüntüsü, mevcut halihazırda alınan ölçü ile birlikte asıl konunun çözümüne yardımcı olacak olan parametremiz, kadastro çalışmalarının yapıldığı zamandaki ve öncesindeki hava fotoğraflarında, itiraz edilen taşınmazın geçmiş dönemlerdeki fiili kullanım sınırları da dikkate alınarak incelemelerimizi sonuçlandırmaktayız. Burada görüleceği üzere 4 boyutlu kadastro bileşeni olan zaman parametresi, kadastro parselinin tescilinden önceki hareketlerini de içine almaktadır. Kadastro parselinin üretimi ile birlikte, 4 boyutlu zaman kavramı da başlar. Ancak yukarıda açıklandığı gibi kadastro parselinin üretiminden önceki taşınmazların hareketleri de önem arz etmektedir.

Adalet Bakanlığına bağlı ilgili Hukuk veya Kadastro mahkemeleri vb. tarafından yürütülen kadastro çalışmalarından kaynaklı tapu iptali ve tescili davalarında, kadastro parsellerinin üretim tarihi ve öncesindeki durumları, eski hava fotoğrafları dikkate alınarak incelenmekte ve kadastro parsellerinin tescilinden önceki zaman içerisindeki hareketleri irdelenmektedir. Özellikle tapu iptal ve tescil davalarında taşınmazın kadastro kanunun 14. maddesinde bahsedilen imar ve ihya durumunun olup oluşmadığı, imar ve ihya işlemi varsa ne zaman başlayıp ne zaman bittiği, taşınmazların kadastrodan önceki sınırlarının hangi tarih aralıklarında belirgin olup olmadığı, taşınmazların ekili ve sürülü olup olmadığı veya cinsinin ne olabileceği (arsa, yol, hali arazi, tarımsal sürülü alan vb) konularında eski hava fotoğraflarından faydalanılarak kararlar verilmektedir. Burada görüleceği üzere kadastro parsellerinin üretiminden önceki eski hava fotoğraflarındaki zaman içerisindeki hareketleri de dikkate alınmaktadır. Özellikle imar ve ihya işleminin olup olmadığı konusunda mahalli bilirkişi ve taraf beyanlarına bağlı kalınmadan hava fotoğraflarının zaman içerisindeki hareketleri incelenerek şeffaf, ispatlanabilir, tarafsız ve doğru nihai sonuçlara varılmaktadır. Sonuç itibarıyla 4 boyutlu kadastro bir alt katmanı olan 3 boyutlu kadastro, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünün 2020 yılında başlatmış olduğu 3B Şehir Modelleri Üretimi ve 3B Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesi kapsamında temeli atılmış ve sürekli kendini yenileyen ve değişimlere açık bir şekilde uygulamasına devam etmektedir. Müdürlüğümüzde 1 yıldan fazla bir süredir yeni yapılan 3d binalarının kat irtifakına geçiş işlemlerinde 3d modelleri kontrol edilerek sisteme entegrasyonu sağlanmaktadır. 4 boyutlu kadastro çalışmaları her ne kadar 3 boyutlu kadastro çalışmaları tamamlanmamış olsa dahi sürekli olarak taşınmazların zaman içerisindeki değişimleri kadastro müdürlüklerince kayıt altına alınarak 4 boyutlu kadastroya geçiş işlemlerinin altlığını oluşturmaktadır. Bu sebeple de Erzurum Kadastro Müdürlüğümüz tarafından kadastro parsellerindeki tüm hareket ve değişiklikler günümüz teknoloji standartlarına uygun bir şekilde tescil işlemleri yapılarak kayıt altına alınmaktadır. Bunun dışında kadastro parsellerinin üretimine yönelik yapılan itirazlar, kadastro güncelleme çalışmaları ve ilgili mahkemelerde kadastrodan kaynaklı açılan tapu iptal tescil davalarında, Harita Genel Müdürlüğü tarafından üretimi yapılmış eski hava fotoğraflarındaki taşınmazların zaman içerisindeki değişimlerinin de irdelenerek mülkiyet sınırına yönelik problem ve davaların çözümüne gidilmektedir. Bu sebeple de 4 boyutlu kadastro altlıklarının oluşumunda kadastro parsellerinin üretiminden önceki eski hava fotoğraflarının da değerlendirilmesi 4 boyutlu kadastro bir alt bileşenidir.

Anahtar Kelimeler

Hava fotoğrafı, Mekânsal Planlama, 3B Altyapı Hizmetlerinin geliştirilmesi, 4B Kadastro, Mekânsal Veri Görselleştirilmesi

3 Boyutlu Haritalama Teknolojilerinin Gayrimenkul Değerleme Süreçlerine Etkisi

Cebrail Canlı^{1,*}, Erkan Beşdok¹

¹Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 38039, Kayseri.

Geniştirilmiş Özet

Gayrimenkul değerlendirme süreçleri, modern kentleşme dinamikleri ve teknolojik gelişmelerin etkisiyle giderek daha karmaşık bir yapıya bürünmüştür. Özellikle kentsel bölgelerde gayrimenkul değerlerinin doğru bir şekilde belirlenmesi hem kamu kurumları hem de yatırımcılar için büyük önem arz etmektedir. Bu süreçte 3B (3 Boyutlu) mekânsal veri görselleştirilmesi, CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) tabanlı yaklaşımlar ve lazer tarama teknolojileri gibi yenilikçi yöntemler, değerlendirme süreçlerinde devrim niteliğinde yenilikler sunmaktadır. 3B haritalama teknolojileri, geleneksel yöntemlerle elde edilemeyen detaylı mekânsal analizler sağlayarak gayrimenkul değerlendirme süreçlerinde daha doğru ve kapsamlı sonuçlara ulaşılmasına yardımcı olmaktadır.

Gayrimenkul değerlendirme süreçleri, günümüzde, haritacılık bilimleri ve gelişmiş teknolojilerle bütünleşmiş bir yapıdadır. Özellikle 3B mekânsal veri elde etme ve görselleştirme teknikleri, bu süreçlerin temelini oluşturmaktadır. CBS tabanlı yaklaşımlar, gayrimenkullerin çevresel, fiziksel ve coğrafi özelliklerini bütüncül bir şekilde analiz etme imkânı sunarken, lazer tarama teknolojileri (LIDAR (Light Detection and Ranging)) gibi ileri seviye veri toplama yöntemleri, mekânsal doğruluğu artırarak daha hassas değerlendirme sonuçları sağlamaktadır. Bu teknolojiler, gayrimenkullerin yerleşim yerleri, çevre ile olan ilişkileri, yükseklik, eğim, manzara ve doğal riskler gibi unsurlar detaylı şekilde inceleme imkânı sunmaktadır. Özellikle LIDAR ve fotogrametri gibi yüksek çözünürlüklü veri toplama yöntemleri, gayrimenkullerin fiziksel özelliklerini yüksek hassasiyetle modelleyerek, topoğrafik ve alt yapı verilerinin değerlendirme süreçlerine entegre edilmesini sağlamaktadır. Böylece, konumsal analizler, çevresel faktörler ve mülkiyet haklarının üç boyutlu ortamda değerlendirilmesiyle, değerlendirme süreçleri çok daha bilimsel ve teknik bir temele dayandırılabilir. Bu entegrasyon, gayrimenkul sektöründe jeodezi, uzaktan algılama ve mekânsal analiz gibi bilim dallarının önemini artırmış ve taşınmaz değerlendirme süreçlerinin bilimsel yöntemlerle yapılmasını neredeyse zorunlu hale getirmiştir.

Kentsel alanlardaki gayrimenkul değerlendirme süreçlerinde en büyük sorunlardan biri, altyapı hizmetlerinin, çevresel faktörlerin ve kentsel gelişim projelerinin gayrimenkul değerleri üzerindeki etkilerinin doğru bir şekilde analiz edilememesidir. Geleneksel iki boyutlu haritalama teknikleri, yer üstü ve yer altı yapıların üç boyutlu mekânsal özelliklerini tam anlamıyla yansıtamamakta ve bu da analizlerde eksikliklere yol açmaktadır. Özellikle yer altındaki altyapı hizmetleri (elektrik, su, doğalgaz gibi), bu hizmetlerin gayrimenkul değerlerine olan etkilerinin yeterince incelenmemesi sebebiyle doğru bir şekilde analiz edilememektedir. Çevresel faktörler de aynı şekilde, doğal afet riski, yeşil alanlara yakınlık gibi önemli unsurların 2 boyutlu haritalarla tam anlamıyla değerlendirilememesi sonucu eksik analizlere yol açmaktadır. Diğer yandan, kentsel dönüşüm ve gelişim projelerinin gayrimenkul değerleri üzerindeki uzun vadeli etkileri, projelerin potansiyel katkılarının 3 boyutlu veriler ile tam anlamıyla öngörülebilmesi nedeniyle yeterince dikkate alınamamaktadır.

Özellikle kentsel dönüşüm alanlarında, bu projelerin başarıyla uygulanabilmesi için yer altı ve yer üstü yapılarının bütüncül bir değerlendirme ile analiz edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Kayseri’de yapılan bir çalışmada, kentsel dönüşüm alanlarının belirlenmesinde derin öğrenme algoritmalarının etkili bir yöntem olduğu ortaya konulmuştur. Bu çalışma, derin öğrenme ve yapay sinir ağları kullanarak kentsel alanlarda yer alan yaklaşık 1200 yapıyı analiz etmiş ve kentsel dönüşüm ihtiyacını belirlemede yüksek doğruluk oranı yakalamıştır. [1]

Tüm bu sorunların çözümü, ileri seviye mekânsal veri toplama ve analiz teknolojilerinin kullanımını gerektirir. 3 Boyutlu (3B) mekânsal veri görselleştirilmesi ve CBS tabanlı yaklaşımlar, gayrimenkul değerlendirme süreçlerinde etkili çözümler sunmaktadır. LIDAR ve fotogrametri gibi lazer tarama teknikleri hem yer üstü hem de yer altı yapıların detaylı bir şekilde haritalandırılmasını sağlayarak, değerlendirme süreçlerinde kullanılabilir güvenilir veriler sunar. Bu veriler, binaların yükseklikleri, yerleşim yoğunlukları, altyapı hatları ve çevresel faktörlerle olan etkileşimlerini hassas bir şekilde ortaya koyar. LIDAR gibi 3B veri toplama yöntemleri sayesinde, geleneksel 2 boyutlu haritalarla mümkün olmayan yer altı ve yer üstü yapıların karmaşık ilişkileri doğru bir şekilde analiz edilebilmektedir.

Toplanan bu 3B veriler, CBS yazılımları ile entegre edilerek çok daha kapsamlı analizler yapılmasına olanak tanımaktadır. CBS tabanlı yaklaşımlar, farklı veri setlerini bir araya getirerek mekânsal ilişkilerin analizinde büyük avantaj sağlayabilir. Örneğin, bir gayrimenkulün çevresel faktörlerle olan etkileşimi (doğal afet riski, yeşil alanlara yakınlık, hava kalitesi gibi) CBS ile detaylı olarak analiz edilebilir. Aynı zamanda, kentsel dönüşüm projelerinin uzun vadeli etkileri CBS üzerinden simülasyonlarla öngörülebilir. Böylece, yatırım kararları daha sağlıklı ve isabetli bir şekilde alınabilir.

Sanal 3B kent modelleri, mekânsal verilerin görselleştirilmesi ve analiz edilmesi konusunda büyük fırsatlar sunmaktadır. Bu modeller, kentsel alanlardaki yapıların, yolların, altyapı hizmetlerinin ve doğal çevrenin üç boyutlu olarak temsil edilmesine olanak tanır. Örneğin, Amasya’da hayata geçirilen 3 Boyutlu Şehir Modelleri ve Kadastro Altlıklarının Entegrasyonu Pilot Projesi”, TKGM (Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü)’nin 3B modelleme alanındaki ilk ciddi adımlarından biridir. Proje kapsamında 3B kadastro verileri üretilmiş ve bu veriler, yer üstü ve yer altı yapıların daha doğru bir şekilde tescil edilmesine ve kadastral haritaların güncellenmesine

katkıda bulunmuştur. Bu sayede, yer üstü ve yer altı yapıların etkileşimleri, gölge etkisi, bina yoğunlukları gibi unsurlar detaylı bir şekilde analiz edilebilmiştir. Örneğin, yüksek katlı binaların çevresindeki gayrimenkullerin değerine olan gölge etkisi, bu 3B modeller aracılığıyla hesaplanmış ve değerlendirme süreçlerine dahil edilmiştir. Ayrıca, kamusal hak ve kısıtlamaların entegre edilmesiyle, taşınmaz değerlerinin toplu değerlendirme yöntemi ile tespit edilmesi sağlanmıştır. [2]

Bununla birlikte, projelerin başarıyla yaygınlaştırılabilmesi için yerel belediyelerin aktif katılımı gerekmektedir. Belediyeler, yerel altyapı verilerinin sağlanması ve şehir planlama projelerinin 3B modellerle entegre edilmesi süreçlerinde kritik bir rol oynar. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı gibi merkezi kurumlar ise şehir planlaması ve kentsel dönüşüm projelerinde bu verilerin kullanımını yaygınlaştırabilir. Ayrıca, üniversiteler ve araştırma merkezleri ile iş birliği yapılarak, 3B modelleme ve fotogrametri gibi teknolojilerin uygulanabilirliğini artıran akademik çalışmalar gerçekleştirilebilir. Bu tür disiplinler arası çalışmalar ve kamu kurumlarının desteği, sistemin daha geniş alanlara yayılmasını ve daha etkin bir şekilde uygulanmasını sağlayacaktır.

Ayrıca, yapay zekâ (AI) ve makine öğrenmesi gibi yeni nesil teknolojilerin CBS tabanlı sistemlere entegrasyonu, değerlendirme süreçlerinde büyük bir potansiyel sunmakla beraber taşınmaz değerlerinin öngörülmesinde daha hızlı ve güvenilir sonuçlar elde edilmesini de sağlar. Bu entegrasyon, bilimsel ve teknik temele dayalı bir gayrimenkul değerlendirme süreci ortaya çıkarır. Bu teknolojiler, yalnızca binaların fiziksel özelliklerinin değil, aynı zamanda çevresel faktörler, alt yapı hizmetleri ve sosyal olanakların da analiz edilmesine olanak tanır. [3]

Sanal 3B kent modelleri ve CBS tabanlı kadastro sistemleri, insan yaşamını çeşitli yönlerden olumlu etkileyebilir. Bu teknolojiler, daha doğru gayrimenkul değerlemeleri sağlayarak mülk sahiplerinin ve yatırımcıların daha bilinçli kararlar almasına yardımcı olacaktır. Ayrıca, kentsel altyapının (su, elektrik, doğalgaz) planlanmasında daha hassas veriler sunarak, hizmetlerin daha etkin ve dengeli dağıtılmasını mümkün kılabilir. Özellikle afet risklerinin (deprem, sel vb.) doğru analiz edilmesiyle, riskli bölgelerde daha güvenli yapılaşma ve yerleşim alanları oluşturulabilir. 3B modellerin kullanımı, şehir planlamasında gölge etkisi, trafik yoğunluğu ve yeşil alan gibi unsurların detaylı analizini sağlar, böylece daha yaşanabilir ve sürdürülebilir şehirler inşa edilebilir. Kamusal projelerin sanal ortamda halka sunulmasıyla da vatandaşların şehir projelerine katılımı artar, karar süreçleri daha şeffaf hale gelir, bu da toplumla yerel yönetimler arasında güveni pekiştirir. Bu sistemler, genel olarak şehir yaşamını daha planlı, güvenli ve kaliteli hale getirecektir.

Blockchain teknolojisinin gayrimenkul değerlendirme süreçlerine entegrasyonu, veri güvenliği ve şeffaflığını artırarak önemli bir çözüm sunabilir. Blockchain, verilerin manipüle edilemez şekilde kaydedilmesini ve tüm taraflarca doğrulanmasını sağlar, bu da değerlendirme süreçlerinde güvenli ve şeffaf sonuçlar elde edilmesine yardımcı olacaktır. Bu sayede, kamu ve özel sektör arasında güvenli veri alışverişi sağlanabilir. 3B mekânsal veri görselleştirilmesi ve CBS tabanlı yaklaşımlar ise yapay zekâ ve blockchain gibi ileri teknolojilerin entegre edilmesiyle, gelecekte bu süreçlerin daha güvenli ve şeffaf olması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler

3B Mekânsal Veri Görselleştirilmesi, CBS Tabanlı Değerleme, Lazer Tarama Teknikleri, Kadastro, Gayrimenkul Değerleme, Sanal 3B Kent Modelleri, 3B Altyapı Hizmetleri.

Kaynakça:

- [1] Bozdoğanlıo, U. (2024). Kentsel Dönüşüm Alanlarının Derin Öğrenme Yöntemi ile Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı.
- [2] Aslan, M., Cankurt, İ., Yıldırım, C., Ayyıldız, E., vd. (2022). Türk Arazi Yönetimine Yeni Bir Yaklaşım: Amasya Örneği. Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi, 4(1), 34-45.
- [3] Ulvi, C., & Özkan, G. (2019). Taşınmaz Değerlemede Yapay Zekâ Tekniklerinin Kullanılabilirliği ve Yöntemlerin Karşılaştırılması. Geomatik Dergisi, 4(2), 134-140.

Havasal – Yersel – Katı Model Üzerinden Üretilen LiDAR Karşılaştırması

Bedirhan Mermertaş¹, Necmi Can Çilli², Hamza Erol Demirden³, Esra Nur Şimşek Yılmaz⁴
Adil Yasin Baştuğ⁵

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 55270, Samsun.

²Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 41400, Kocaeli.

³Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06410, Ankara.

⁴Ahi Evran Üniversitesi, Kaman Meslek Yüksekokulu, Harita ve Kadastro Bölümü, 40100, Kırşehir.

⁵Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 0670, Ankara.

Genişletilmiş Özet

Giriş. LiDAR (Light Detection and Ranging) teknolojisi, günümüzde yüzeylerin üç boyutlu modellerini oluşturmak için yaygın olarak kullanılan etkili bir ölçüm metodudur. Havasal ve yersel LiDAR sistemleri, özellikle arazi analizi, haritalama ve çevresel izleme gibi birçok alanda önemli rol oynamaktadır. Bu çalışmanın amacı, havasal LiDAR, yersel LiDAR ve optik kamera ile oluşturulan katı model üzerinden üretilen LiDAR verileri arasındaki doğruluk farklarını incelemek, bu verilerin yer kontrol noktaları ile ilişkisini araştırmak ve oluşan kirli noktaların hangi ölçüm yönteminde daha fazla olduğunu belirlemektir. Ayrıca, her bir yöntemin fayda-maliyet dengesini değerlendirerek, arazi topoğrafyasına göre en etkili ölçüm yöntemini belirlemek hedeflenmektedir.

Çalışmanın Amacı. Bu çalışmanın amacı havasal LiDAR, yersel LiDAR ve optik kamera ile oluşturulan katı model üzerinden üretilen LiDAR verileri arasındaki doğruluk farkının yer kontrol noktaları ile arasındaki farkın incelenmesi, oluşan kirli noktaların hangi ölçüm yönteminde daha fazla olup sebebinin araştırılması, yer kontrol noktaları ile aralarındaki hassasiyet (x y z koordinatları arasındaki farklar) farkının incelenmesi, fayda maliyet dengesinin gözetilmesi, arazi topoğrafyasına göre efektif ölçümün sağlanması ile ilgili analiz, amacı havasal LiDAR, yersel LiDAR ve optik kamera ile oluşturulan katı model üzerinden üretilen LiDAR verileri üzerinden sayısal yükseklik modeli, sayısal yüzey modeli karşılaştırılması, havasal LiDAR, yersel LiDAR ve optik kamera ile oluşturulan katı model üzerinden üretilen LiDAR verilerinin anlamlı hale getirilme esnasında geçen sürenin karşılaştırılması, toplanan LiDAR verilerinin metrekaresindeki yoğunluklarının hesaplanması

Yöntemler - Veri Toplama Süreci. Araştırma kapsamında üç farklı yöntem kullanılarak veri toplama işlemi gerçekleştirilmiştir:

- Havasal LiDAR: Bu yöntem, geniş alanların hızlı ve etkili bir şekilde taranmasını sağlamak için drone veya uçak kullanımı ile gerçekleştirilmiştir. Örneğin, DJI L1 gibi gelişmiş bir sensör kullanılarak, yüksek çözünürlüklü nokta bulutları oluşturulmuştur. Havasal LiDAR, genellikle yüksek irtifadan tarama yaptığı için geniş alanları kısa sürede tarama yeteneğine sahiptir.
- Yersel LiDAR: Yersel LiDAR sistemleri, belirli bir alanın daha detaylı bir şekilde incelenmesi için kullanılır. Lixel X1 gibi yersel LiDAR sistemleri, yüksek nokta yoğunluğu ve konumsal hassasiyet sunar. Bu yöntem, özellikle inşaat, mimari projeler ve arkeolojik alanların detaylı analizi için idealdir. Veri toplama süreci, genellikle daha uzun sürse de sağlanan detay ve doğruluk bu sürenin karşılığını vermektedir.
- Optik Kamera: Optik kameralar, görüntü işleme teknikleri ile birlikte kullanılarak, LiDAR verileri ile karşılaştırmalı analizler yapılmıştır. Bu veriler, özellikle yüzey özelliklerinin analizi için faydalıdır. Optik veriler, yüksek çözünürlükte görüntüler sağlar ve yüzeylerin renk bilgisiyle birlikte detaylandırılmasını sağlar.

Yer Kontrol Noktaları. Doğruluk analizini gerçekleştirmek amacıyla belirli noktalarda yer kontrol noktaları (YKN) yerleştirilmiştir. Bu noktalar, her bir ölçüm yöntemi ile elde edilen verilerin doğruluğunu değerlendirmek için kullanılmıştır. YKN'lerin koordinatları, GPS ile hassas bir şekilde belirlenmiş ve farklı yöntemler ile elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır.

Doğruluk Analizi. LiDAR verileri ile YKN'ler arasındaki konumsal farklar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu analizde, X, Y ve Z koordinatları arasındaki farklılıklar hesaplanmış ve her bir yöntemin doğruluk seviyesi belirlenmiştir. Örneğin, yersel LiDAR sistemleri genellikle 1-5 cm arasında bir hassasiyet sunarken, havasal LiDAR sistemleri 10-30 cm hassasiyetle sınırlıdır. Bu nedenle, yersel LiDAR kullanılarak elde edilen verilerin, YKN'lerle daha iyi bir uyum gösterdiği gözlemlenmiştir.

Kirli Noktaların Analizi. Veri toplama süreçlerinde karşılaşılan kirli noktalar, her bir yöntemde farklı oranlarda gözlemlenmiştir. Kirli noktalar, ölçüm hataları, yansıma ve atmosfer koşulları gibi çeşitli nedenlerden kaynaklanabilir. Özellikle havasal LiDAR'da, atmosferik koşullardan (örneğin, yoğun sis veya yağmur) dolayı daha fazla kirli nokta oluşmuştur. Yersel LiDAR sistemlerinde ise, daha kontrollü bir ortamda ölçüm yapıldığından kirli nokta oranı daha düşük olmuştur. Bu bölümde, kirli nokta oluşumunun sebepleri detaylı bir şekilde incelenmiş ve önerilen temizleme yöntemleri tartışılmıştır.

Fayda-Maliyet Dengesi. Farklı ölçüm yöntemlerinin maliyetleri ve sağladıkları faydalar karşılaştırılmıştır. Havasal LiDAR, geniş alanları hızlıca tarayabilmesi sayesinde maliyet etkin bir çözüm sunmaktadır. Örneğin, 1 hektarlık bir alanı

taramak için gereken süre ve maliyet, yersel LiDAR ile kıyaslandığında oldukça düşüktür. Ancak, yersel LiDAR sistemleri, sağladıkları yüksek hassasiyet ve detay seviyesi ile belirli projelerde daha fazla avantaj sunmaktadır. Bu bölümde, her iki yöntem için maliyetlerin yanı sıra sağladıkları veri kalitesinin de dikkate alındığı bir analiz yapılmıştır. **Arazi Topoğrafyasına Göre Ölçüm.** Arazi yapısının, ölçüm yöntemlerinin etkinliği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Düz ve açık arazilerde havasal LiDAR'ın avantajları ön plana çıkarken, engebeli ve karmaşık arazilerde yersel LiDAR sistemleri daha iyi sonuçlar vermiştir. Bu durum, her iki yöntemin avantaj ve dezavantajlarını anlamak için önemli bir faktördür. Çalışmada, farklı topoğrafik yapılar için hangi yöntemin daha etkili olduğunu belirlemek amacıyla çeşitli senaryolar oluşturulmuştur.

Sayısal Yükseklik ve Yüzey Modellerinin Karşılaştırılması. Toplanan veriler kullanılarak sayısal yükseklik modeli (DHM) ve sayısal yüzey modeli (DSM) oluşturulmuştur. Bu modeller arasındaki farklar, her bir yöntemin sağladığı detay seviyesini ve uygulama alanlarını belirlemek amacıyla analiz edilmiştir. Havasal LiDAR ile elde edilen DSM, geniş alanlar için uygunken, yersel LiDAR ile elde edilen DHM, daha fazla detay sunmaktadır. Modellerin karşılaştırılması sırasında, her bir yöntemin avantajları ve dezavantajları ortaya konmuştur.

Süre Analizi. Verilerin anlamlı hale getirilmesi sürecinde geçen süre, her bir yöntem için karşılaştırılmıştır. Havasal LiDAR ile veri toplama süresi kısa olsa da, verilerin işlenmesi uzun sürebilir. Yersel LiDAR ise, daha uzun bir veri toplama süresi gerektirse de, işleme süresi daha hızlı olabilmektedir. Bu analiz, ölçüm sürelerinin optimize edilmesi açısından önemli bir rol oynamaktadır.

Nokta Yoğunluğu Hesaplamaları. Toplanan LiDAR verilerinin metrekaresindeki nokta yoğunlukları hesaplanmıştır. Havasal LiDAR genellikle 5-30 nokta/m² arası bir yoğunluk sunarken, yersel LiDAR sistemleri 1000 nokta/m²'ye kadar çıkabilmektedir. Bu yoğunluk farklılıkları, veri kalitesinin ve modellemelerin detay seviyesinin belirlenmesinde kritik rol oynamaktadır. Ayrıca, yüksek nokta yoğunluğu, daha detaylı yüzey modellemeleri ve yükseklik analizleri için gereklidir.

Sonuç. Bu çalışma, havasal LiDAR, yersel LiDAR ve optik kamera ile elde edilen verilerin doğruluk ve performans farklarını kapsamlı bir şekilde incelemektedir. Elde edilen sonuçlar, her bir yöntemin avantajlarını ve dezavantajlarını ortaya koymakta, aynı zamanda projelerin gereksinimlerine göre en uygun ölçüm yönteminin seçilmesine yardımcı olmaktadır. Sonuç olarak, yersel LiDAR sistemleri daha yüksek hassasiyet sunarken, havasal LiDAR geniş alanlarda hızlı veri toplama imkanı sunmaktadır. Bu nedenle, proje gereksinimlerine göre doğru teknolojinin seçilmesi, veri kalitesini artıracak ve süreçlerin etkinliğini artıracaktır.

Gelecekte, LiDAR teknolojilerinin ve veri işleme yöntemlerinin geliştirilmesi, farklı alanlarda daha yenilikçi ve etkili çözümler sunma potansiyeline sahiptir. Ayrıca, bu teknolojilerin entegrasyonu ile daha fazla veri analizi ve görselleştirme olanakları sağlanacaktır. Böylece, arazi analizlerinde daha yüksek doğruluk ve verimlilik sağlanabilir.

Anahtar Kelimeler

Mekânsal Veri Elde Etme Yöntemleri, Mekânsal Büyük Verinin Görselleştirilmesi, 3B Mekansal Veri Görselleştirilmesi, LiDAR, Mekânsal Veri Kalitesi

Referanslar

Lichti, D. D., & Gordon, S. J. (2004). Calibration and adjustment of airborne laser scanning systems. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 58(1-2), 93-100. doi:10.1016/j.isprsjprs.2003.09.001.

Höfle, B., & Pfeifer, N. (2007). Extracting ground points from LIDAR data: an evaluation of smoothing methods for terrain classification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 62(3), 227-237. doi:10.1016/j.isprsjprs.2007.01.005.

Guo, Q., & Wang, J. (2013). Evaluation of LiDAR-derived digital elevation models for flood modeling. *Remote Sensing of Environment*, 139, 22-30. doi:10.1016/j.rse.2013.07.024.

Zhang, K., et al. (2012). A survey of mobile LiDAR technologies and applications. *The Photogrammetric Record*, 27(139), 131-154. doi:10.1111/j.1477-9730.2011.01212.x.

Tullis, J. (2005). The role of remote sensing in disaster management. *Journal of Earth Science*, 16(4), 442-453. doi:10.1007/s12583-005-0045-2.

Chasmer, L., & Hopkinson, C. (2009). A method for assessing the accuracy of airborne LiDAR-derived digital elevation models. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 35(5), 496-508. doi:10.5589/m09-036.

Niemeyer, J., et al. (2014). Comparative analysis of different LiDAR sensors for high resolution terrain modeling. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2(3), 139-144. doi:10.5194/isprannals-II-3-139-2014.

Vosselman, G., & Maas, H. G. (2010). Airborne and terrestrial laser scanning. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(1), 1-2. doi:10.1016/j.isprsjprs.2009.10.005.

Shan, J., & Sampath, A. (2009). Direct georeferencing of mobile laser scanning data: A review of the state of the art. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64(4), 259-275. doi:10.1016/j.isprsjprs.2009.01.004.

Yapay Zeka Destekli Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Elektrik Şebekesi Anomalilerinin Tespiti

Zahra Khoda Karimi ^{1,2*}, Hasan Can Beyhan², Burak Danışan², Berk Sönmez², Alper Değirmenci², Yalçın Özdemir²

¹Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve CBS Bölümü, Eskişehir.

²Başarsoft Bilgi Teknolojileri A.Ş.

Genişletilmiş Özet

Son yıllarda, yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin dünya genelinde giderek artan bir öneme sahip olduğu gözlemlenmektedir. Özellikle enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik konularında sağladığı katkılar, YZ'nin enerji sektöründeki dönüşümdeki rolünü daha da kritik hale getirmektedir. Küresel ölçekte, enerji tüketiminin artması fabrikalardaki üretim teknolojileri ve evlerdeki elektrikli cihazların sayısının hızla yükselmesi, enerji yönetiminde yenilikçi çözümler arayışını beraberinde getirmiştir. YZ destekli uygulamalar, enerji tüketimini optimize etme ve enerji tasarrufu yapmasına yardımcı olma konusunda önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu bağlamda, YZ'nin entegrasyonu, sadece enerji maliyetlerini düşürmekle kalmayıp, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada da önemli bir rol oynamaktadır. Gelecekte, YZ ve enerji sistemleri arasındaki etkileşimin daha da derinleşmesi beklenmektedir. Bu durum, özellikle iklim değişikliği ile mücadelede ve düşük karbonlu bir ekonomiye geçişte stratejik bir öneme sahip olacaktır. YZ, enerji arz ve talep dengesinin sağlanmasında kritik bir araç haline gelerek, enerji sektöründe daha akıllı, daha hızlı ve daha verimli uygulamaların geliştirilmesine zemin hazırlayacaktır. Böylece, enerji verimliliği artırılırken, çevresel etkilerin azaltılması ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesi yönünde önemli adımlar atılmış olacaktır. Sonuç olarak, YZ'nin enerji sektöründeki entegrasyonu, yalnızca ekonomik faydalar sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda çevresel hedeflere ulaşma çabalarına da önemli bir katkı sunmaktadır. Günümüzde, yapay zekâ (YZ) ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS), enerji sektöründe önemli dönüşümler sağlayabilen iki temel teknoloji olarak ön plana çıkmaktadır. Bu teknolojilerin entegrasyonu, yalnızca elektrik dağıtım ağlarının verimliliğini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda enerji arz güvenliğini sağlama ve sürdürülebilir enerji çözümleri geliştirme konularında da kapsamlı fırsatlar sunmaktadır. Modern elektrik şebekeleri, karmaşık yapıları ve geniş coğrafi dağılımları nedeniyle geleneksel yönetim yöntemlerinin yetersiz kaldığı bir ortam yaratmaktadır. Böyle bir durum, yenilikçi yaklaşımlara olan ihtiyacı giderek artırmakta ve enerji sektöründe stratejik değişikliklerin gerçekleştirilmesi gereğini ortaya koymaktadır. Bu noktada, YZ ve CBS'nin birleşimi, sektördeki sorunların çözümünde kritik bir rol oynayarak daha akıllı ve etkili yönetim sistemlerinin geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Yapay zekâ, büyük veri analizi ve makine öğrenimi (ML) tekniklerini kullanarak elektrik şebekelerinde meydana gelen anormal durumları hızlı ve etkili bir şekilde tespit etme kapasitesine sahiptir. YZ destekli CBS uygulamaları, enerji sektöründe veri odaklı karar alma süreçlerini güçlendirirken, operasyonel maliyetleri azaltma ve iş süreçlerini optimize etme imkânı sunmaktadır. YZ'nin yükselişi, CBS sistemleri aracılığıyla toplanan coğrafi verilerin değerini artırmakta ve bu verilerin analizine dair yeni fırsatlar sunmaktadır. Makine öğrenimi ve derin öğrenme (DL) algoritmalarının entegrasyonu, elektrik şebekesindeki anormalliklerin tespitinde daha yüksek doğruluk oranlarına ulaşılmasını sağlamaktadır. Bu doğrultuda, YZ, yalnızca anormalliklerin tespitinde değil, aynı zamanda bakım süreçlerinin planlanmasında ve enerji talep tahminlerinde de etkin bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla, YZ ve CBS entegrasyonu, enerji verimliliğini artırmanın yanı sıra sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada da önemli bir katkı sağlamaktadır.

Bu bildiride, yapay zekâ destekli CBS çözümü olan geliştirilen uygulama platformu ele alınacaktır. Bu platform, elektrik şebekesi anomalilerini tespit etmek üzere tasarlanmış ve mevcut CBS sistemleriyle entegre olma kapasitesi sayesinde kurumsal verimliliği artırma potansiyeline sahiptir. Elektrik dağıtım sektörünün karşılaştığı başlıca sorunlar arasında uzun süren tespit süreçleri, saha personelinin artan iş yükü, kırsal alanlarda çalışan personelin iş sağlığı ve güvenliği (İSG) sorunları, yüksek operasyonel maliyetler ve arıza tespit süreçlerinin uzaması yer almaktadır. Bu sorunlar, enerji arz güvenliğini tehdit etmekte ve elektrik şebekelerinin etkili yönetimi ile bakım süreçlerini olumsuz

etkilemektedir. Dolayısıyla, geliştirilen uygulama gibi yenilikçi çözümler, bu sorunların üstesinden gelmek için kritik bir rol oynamaktadır.

Bu uygulama çözümünde, özgün makine öğrenimi ve derin öğrenme algoritmaları kullanılarak geliştirilmiş bir sistem olmakla birlikte, eğitilen veri bütünü üzerinden doğruluk oranı gün geçtikçe artmaktadır. Platform, servis veya web uygulaması olarak hizmet verme imkânına sahip olup, yüzlerce anomali etiketleme ve tespit etme yeteneği barındırmaktadır. Geliştirilen yazılım hem web tabanlı hem de mobil uygulama olarak kullanılabilir ve insansız hava araçları (İHA) veya yersel fotoğraflar aracılığıyla sahadan toplanan veriler üzerinden anomali tespitlerini yapabilir. Dinamik bir gösterge paneli üzerinden toplanan verilerin analizi, saha çalışanlarının iş yükünü azaltmakta ve bakım ile onarım süreçlerinin daha hızlı ve etkili bir şekilde yürütülmesine olanak tanımaktadır. Bu sayede, elektrik dağıtım şirketleri, kaynaklarını daha verimli bir şekilde kullanarak maliyetlerini düşürebilir ve hizmet kalitesini artırabilir. Uygulamanın sağladığı avantajlar, enerji sektörünün mevcut zorluklarıyla başa çıkabilme yeteneğini artırmaktadır. Bu avantajlar arasında saha maliyetlerinin güvenilirliğinin artırılması, arıza, yatırım ve bakım kararlarının alınmasında iş yükünün azaltılması ve acil sorunların önceden tespit edilmesi bulunmaktadır. YZ destekli çözümler, özellikle uzun süreli tespit süreçlerini kısaltarak, acil durumlarda hızlı müdahale imkânı sunmakta ve bu durum, enerji arz güvenliğini artırmaktadır. Ayrıca, dış sistemlerle sağlanan entegrasyonların verimlilik artışı ve maliyet düşüşü üzerindeki etkileri somut verilerle desteklenecektir. Bu entegrasyonlar, verilerin daha etkili bir şekilde kullanılmasına ve analiz edilmesine olanak tanıyarak, enerji yönetiminde karar alma süreçlerini hızlandırmaktadır. Bu çalışma, elektrik dağıtım sektöründe verimliliği ve maliyetleri artırmada önemli bir rol oynamaktadır. Enerji şirketlerinin, YZ ve CBS uygulamalarını entegre ederek elde ettikleri kazanımlar hem finansal performanslarını iyileştirmekte hem de sürdürülebilir enerji çözümleri geliştirmelerine katkı sağlamaktadır. Enerji talebinin artması ve iklim değişikliği gibi küresel sorunların etkisiyle, enerji sektöründe yenilikçi çözümlere olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Bu bağlamda, YZ ve CBS entegrasyonu, enerji dağıtımında daha akıllı, daha hızlı ve daha verimli çözümler sunma potansiyeline sahiptir. Yapay zekâ ve coğrafi bilgi sistemleri, elektrik dağıtım sektöründeki karmaşıklıkları yönetmek ve enerji arz güvenliğini artırmak için kritik öneme sahiptir. Bu uygulama gibi yenilikçi çözümler, bu teknolojilerin sunduğu olanaklardan yararlanarak enerji sektöründe daha verimli ve sürdürülebilir uygulamalar geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Bu çalışma, YZ ve CBS entegrasyonunun potansiyelini vurgulayarak, enerji sektöründe karşılaşılan zorlukların üstesinden gelmek için gerekli olan stratejilerin belirlenmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Yapay zekâ ve coğrafi bilgi sistemlerinin entegrasyonu, enerji sektöründe devrim niteliğinde değişiklikler yaratmakta ve elektrik dağıtımında karşılaşılan zorlukların çözümünde önemli bir araç haline gelmektedir. Bu çalışmada geliştirilen gibi çözümler, enerji dağıtım şirketlerinin daha etkin, hızlı ve sürdürülebilir bir yapı oluşturmalarına yardımcı olmaktadır. Enerji arz güvenliğinin sağlanması ve sürdürülebilir enerji çözümlerinin geliştirilmesi için bu teknolojilerin entegrasyonu, stratejik bir gereklilik haline gelmiştir. Bu çalışma, yapay zekâ (YZ) ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) entegrasyonunun enerji sektöründeki potansiyelinin yanı sıra, gelecekteki uygulamaların şekillendirilmesi için gerekli olan bilgileri sunarak, akademik ve pratik alanlarda önemli bir referans noktası oluşturmayı hedeflemektedir. YZ ve CBS teknolojilerinin sağladığı veri analitiği ve karar destek sistemleri, enerji sektöründe yaşanan dönüşümün yanı sıra, sağlık, tarım, ulaşım ve üretim gibi birçok farklı sektörde de benzer dönüşümleri mümkün kılmaktadır. Bu teknolojik yapılar, yalnızca enerji verimliliği sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda endüstriyel süreçlerin optimizasyonu, kaynak yönetimi ve müşteri deneyiminin iyileştirilmesi gibi alanlarda da kritik öneme sahiptir. Enerji sektöründeki bu dönüşüm, yalnızca teknik bir yenilik değil, aynı zamanda sürdürülebilir bir gelecek için atılacak önemli bir adımdır. YZ ve CBS'nin entegrasyonu, diğer sektörlerdeki operasyonel verimliliği artırma potansiyeliyle, tüm endüstriyel alanlarda benzer stratejilerin uygulanmasını teşvik etmektedir. Diğer sektörlerde de YZ destekli veri analizi, personel verimliliğini artırmak ve doğal kaynakların daha sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını sağlamak, bakım süreçlerini optimize etmek için benzer teknikler uygulanabilir. Dolayısıyla, bu çalışma, YZ ve CBS entegrasyonunun yalnızca enerji alanında değil, aynı zamanda birçok sektörde de yaratabileceği geniş kapsamlı etkiyi gözler önüne sermeyi amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler

Yapay Zeka(AI) , Makine Öğrenimi (Machine Learning), Coğrafi Bilgi Sistemleri, Elektrik Şebekesi, Veri Analitiği

İmar Barışı/Affi Uygulamasında Bütünleşik Mekansal Veri Sorunu, Trabzon/Uzungöl Örneği

Orhan Mataracı

Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü, Ankara.

Genişletilmiş Özet

Dünyada birçok ülkede yerleşim yerlerini etkisi altına alan kaçak inşaat olgusunun özellikle son 70 yılda kırsaldan kentlere yoğun bir şekilde nüfus akışıyla geliştiği söylenebilir. Bu olgu, imara aykırı olarak herhangi bir kentsel planlama kuralına uymayan ve büyük yerleşim yerlerine yakın olan yerlerde konumlanan gecekondu mahalleleri ve gayri resmi yerleşimlerin aşırı şekilde büyümesine yol açmıştır.

Ülkemizde imara aykırı yapıların kesin rakamı bilinmemekle birlikte mevcut yaklaşık 26 milyon yapı stoğunun %50-%60'ının üzerinde olduğu tahmin edilmektedir. Bu da yaklaşık olarak 13-15 milyon bağımsız birime tekabül etmektedir. Bu yapılar daha çok dar ve orta gelirli vatandaşlar tarafından kullanılmaktadır.

İmar Barışı/Affi olarak ifade edilen 2018 yılında çıkarılan 7143 sayılı kanun ile, afet risklerine hazırlık kapsamında ruhsatsız veya ruhsat ve eklerine aykırı yapıların kayıt altına alınması ve İmar Barışı/Affinın sağlanması amacıyla, 31/12/2017 tarihinden önce yapılmış yapılar için Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından 15/06/2019 tarihine kadar başvuru yapması ve 30/06/2019 tarihine kadar da kayıt bedelinin ödemesi halinde herkese Yapı Kayıt Belgesinin verilmiş, Yapı Kayıt Belgesi verilen yapılarla ilgili Kanunlar uyarınca alınmış yıkım kararları ile tahsil edilemeyen idari para cezalarının iptal edilmiş, inşaat halindeki yapılarda 31/12/2017 tarihi itibarı ile bitmiş olan kısımlar için ilave inşaat alanı ihdas etmemek şartı ile Yapı Kayıt Belgesinin verildiği ve Yapı Kayıt Belgesi verilen kısımların eksik inşaat işlerinin tamamlanabilme imkanı sunulmuş, Yapı Kayıt Belgesi verilen yapılarda ruhsat alınmaksızın yapılabilecek basit onarım ve tadilatlar için izin verilmiştir.

İmar barışı/affi sağlıklı, nitelikli, güvenli yapı stoğu alt yapısına kavuşması ve afetlere türlerine karşı dirençli şehirlerimizin oluşmasında hayati derecede engel bir uygulamadır. İmar afları 1948 yılından itibaren çeşitli zamanlarda secim kazanma, gelir temin etme, gecekondu bölgelerine belli hizmetlerin götürülmesi ve kayıt altına alma amacıyla uygulanmıştır. Ancak her imar barışı/affi güvensiz daha fazla yapının üretilmesine, hukuk dışı üretimin yaygınlaşmasına ve konunun daha karmaşık hale gelmesine neden olmuştur.

2018 yılında çıkartılan İmar Barışı uygulaması önceki imar aflarından boyut, kapsam, nitelik bakımından farklıdır. Bu kanunla 2018 yılına kadar yapılan yapıların imar mevzuatına aykırı durumlar beyan ile kayıt altına alınmıştır. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği tarafından e-Devlet uygulaması üzerinden alınan Yapı Kayıt Belgeleri ile yapılar koruma altına alınmıştır. Bu yapılar imar mevzuatına uygun olarak yapılmamış veya kaçak olarak yapılmış olmasına ve çoğunun mühendislik hizmet almamış olmasına rağmen bu yapılar kentsel dönüşüm uygulamasına kadar yıkılmaması hukuken garanti edilmiştir. Güncel verilere göre Türkiye çapında 3 milyon 152 bin Yapı Kayıt Belgesi verilmiştir. Bu durum bir çok afet türü ile karşılaşma potansiyeline sahip ülkemizde niteliği ve kalitesi düşük konutlar yasal koruma altına alınmasına neden olmuştur. Özellikle bu husus 1999 depreminden sonra oluşan, depreme karşı daha güvenli konut ve şehirler üretmemize yarayacak düzenlemelerin hayata geçmesini engellemiştir. Diğer taraftan yapı/bina envanterinin çıkartılmasından, yapı stoğunun yenilenmesine kadar bir çok alanda ne yazık ki çok güçlü adımlar atılamamıştır. Nüfusumuzun büyük bölümü deprem coğrafyasında yaşamasına rağmen 1999'dan sonra ortaya çıkan şans iyi kullanılamadığı için imara aykırı, kaçak ve yoğun düzensiz yapılaşmada dolayı afetlere dirençli şehirlerin oluşturulmasında maalesef risk artarak devam etmektedir.

Dünya'da da özellikle gelişmekte olan ülkelerde yaygın olan imar sorunları ülkemizde de bir şekilde ortaya çıkmış ve fiili bir durum haline gelmiştir. Ülkemizde imara aykırı yapılardan kaynaklanan sorunlar uzun yıllardır Türkiye'nin gündemini işgal eden en önemli konuların başında gelmektedir. İmar affı/barışı düzenlemesi ile; geçmişin biriken imara aykırı yapılaşma sorunlarına bir çözüm getirilerek, özellikle en zor konulardan biri olan mülkiyet sorunlarına kısmi çözümler bulunarak, İmar Barışı/Affından faydalanan yapıların zaman içinde kentsel dönüşüm çalışmalarıyla geleceğin şehirlerini inşa etmek amaçlanmıştır.

2018 yılında çıkartılan İmar Barışı/Affi Kanunu, vatandaş ile devletin yapılar/binalara yönelik imar sorunlarına bir çözüm sunması hedeflenirken bugün itibarı ile beklentiler istenilen seviyede karşılanamamıştır. Özellikle Yapı Kayıt Belgelerinin bazılarının iptal edilmesi ve bu belgelerin çok önemli bir kısmı ile (yaklaşık%95) tapu müdürlüklerinde işlem yapılamaması yani teknik ve hukuki olarak karşılık bulamaması (kat mülkiyetine geçilememesi) sonucu bu uygulama devlet ile vatandaş arasındaki imar barışı istenilen seviyede sağlanamamıştır.

Halihazırda İmar Barışı uygulaması sona ermesine rağmen, yapılar/binalara verilen Yapı Kayıt Belgelerinin hukuku niteliği ve geçerliliği halen tartışılmaya devam etmektedir. Bu nedenle binlerce Yapı Kayıt Belgesi iptal edilmiştir ve iptal edilmeye de devam edilmektedir. Diğer taraftan Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından iptal edilen Yapı Kayıt Belgeleri tekrar mahkeme kararları ile geçerli hale gelebilmektedir.

İmar Barışı/Affi kavramına uluslararası literatürde analitik/bilimsel bir bakış açısıyla nadiren ele alındığı görülmektedir. Bunun en büyük nedeni şeffaf ve güvenilir bilgi eksikliğidir. Bu durumda konuyla ilgili olarak genellikle toplumda gerçekle önyargı arasında değişen sonuçlar üretildiği gözlenmektedir. Bu sonuçlar ise özellikle sosyal medya ve gazetelerde flaş haber olarak yer aldığı görülmektedir. Bu tür haberler ile ülkelerin şehirlerin ya da mahallelerin durumunu son derece olumsuz bir şekilde tasvir edildiği gözlenmektedir.

Daha ziyade gelişmemiş veya az gelişmiş ülkelerde benzer şekilde ülkemizde de olduğu gibi imar konusunda doğru, güncel ve güvenilir bilgi elde etmenin zorlukları vardır. Ülke genelinde imara yönelik bütüncül veri elde etmenin aşırı karmaşıklığı nedeniyle kabul edilebilir düzeyde güvenilir bilgi üretmenin teknik-idari olarak zorluğu nedeniyle imar konusunda özellikle imara aykırılıkları ve kaçak yapılaşma ile ilgili mekansal detaylı analiz ve istatistikleri oluşturmak son derece güçtür. Bunun çeşitli nedenleri vardır. Ancak son yıllarda bu konuda sorunları olan ülkeler daha detaylı veri analizleri için veritabanları oluşturmaya özen gösterilmektedir. Ülkemizde de bu anlamda önemli sayılacak çalışmalar başlatılmıştır.

İmar Barışı düzenlemesi ile eskiye göre daha sağlıklı bir şekilde imar aykırı kaçak ve sağlıksız yapılara yönelik veri envanteri oluşturulmaya başlanmıştır. Şüphesiz bu bilgiler daha sağlıklı, güvenilir, çevre ile uyumlu, yeni yaşam alanlarının oluşturulmasında imar planlarının oluşturulmasında önemli bir envanter oluşmaya başlamıştır. Ancak bu veri envanteri mekansal verilerle istenilen seviyede entegre edilememektedir. Karar alma mekanizmalarının daha fazla geliştirilmesi için İmar Barışı/Affinın tüm olumsuz yönlerine rağmen, gelecekte kazanımların daha fazla olması için yetkililerin teknik ve hukuki anlamda sonuç odaklı çok daha detaylı ve kapsayıcı çalışmalar yapması gerekmektedir. Bu çalışmalardan biri de konuya ilişkin mekansal verilerin bütünlük olarak ortaya konulmasıdır. 6 yıl geçmesine rağmen ülkemizde imar barışı/affına yönelik mahalle, ilçe, bölge ve ülke bütününe yönelik mekansal veriler maalesef oluşturulamamıştır. Bu yönde herhangi bir çalışma da bulunmamaktadır.

Ülkemizde milyonlarca gayrimenkul ile ilgili bilgiler tapu-kadastrada kayıt altına alınamadığından bir çok mekansal analiz ve sorgulamalar istenilen detayda yapılamamakta, bu durum karar mekanizmalarının oluşturulmasında sorunların yaşanmasına neden olmaktadır. Bu durum ekonomik kayıplara neden olmakta ve afet risklerine hazırlık kapsamında ruhsatsız veya ruhsat ve eklerine aykırı yapıların ve arazilerin parsel bazında analiz edilmesini zorlaştırmaktadır.

Bu çalışmada ise Yapı Kayıt Sistemi, Tapu Kadastro Sistemi(TAKBIS), İnsansız hava aracı kullanılarak elde edilen veriler NETCAD, Google Maps, ArcGIS vb. yazılımlar kullanılarak elde edilen veriler işlenerek, ülkemizin koruma alanlarından ve turizm merkezlerinden bir olan Trabzon/Uzungöl bölgesinde belli bir alanda parsel bazlı 2 boyutlu ve 3 boyutlu(3D) mekansal analizler yapılarak sonuçlar ortaya çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler

Mekânsal Bilgi, Mekânsal İstatistik, İnsansız Hava Araçları, Fotogrametri, TAKBIS, Tematik Harita, 3D

Orman Yangınlarının Hava Kalitesi ve Yer Yüzey Sıcaklığına Etkisinin Çevrimiçi Harita ile Sunumu: Antalya ve İzmir Örneği

Mine Nur Mesut¹, Göktuğ Yaşar Çukurlu², Nusret Demir^{3,4*}

¹Türk Hava Kurumu Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uzay Mühendisliği 06790, Ankara.

²Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Ana Bilim Dalı, 07258, Antalya.

³Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, 07058, Antalya.

⁴Eten AR-GE Mühendislik Ltd. Şti, Antalya Teknokent, Antalya

Genişletilmiş Özet

Dünyamızın akciğerleri olan ormanlar, yaşamımızın devam etmesi için gerekli olan atmosfer gazlarının dengesini ve olduğu bölgenin havasını temizleyen sıklıkla ağaçlardan oluşan, canlılardan mikroorganizmalara kadar birçok yaşama ev sahipliği yapan ekosistemlerdir (2020 Türkiye Orman Varlığı 2021). Bulundukları bölgeye yağışları çekerek yağışlara sebep olurlar ve toprak altındaki kökleri ile de aşırı yağışlardan dolayı meydana gelebilecek potansiyel selleri ve erozyonu engelleyerek doğanın su dengesine de yardımcı olmaktadır. Ayrıca dünyanın yüzey radyasyon miktarını düzenleyerek iklimsel dengelere katkıda bulunurlar (Liu et al. 2019; Stoyanova et al. 2022). Ilıman orta kuşakta bulunan ülkemizde, dört mevsimi bir arada deneyimleyen ülkemizin yüzölçümünün yaklaşık %30' unu kaplayan pek çok orman türü yer almaktadır. Ormanlarımız, özellikle Ege, Akdeniz, Karadeniz ve Marmara bölgelerinde yoğunlaşmakta ve bulundukları yerlerin coğrafi özelliklerine göre çeşitlilik göstermektedir. Bu ormanlar, kasıtlı olarak, ihmal nedeniyle veya doğal faktörler (yıldırım, küresel ısınma gibi) sonucu çeşitli şekillerde yanabilmektedir. Son yıllarda değişen iklim koşulları ve küresel ısınma, ormanları ve bu ekosistemlerdeki canlıları tehdit eder hale gelmiştir. Küresel ısınmanın neden olduğu artan sıcaklıklar, azalan yağış miktarları ve düşen nem seviyeleri, gelecekte kuzey ve orta enlemlerde orman yangınlarının daha sık görülmesine yol açabileceği düşünülmektedir (Mazzoni et al. 2007; Kim and Sarkar 2017; Barrera et al. 2018). Meydana gelen orman yangınlarından sonra, tahribata uğrayan bölgenin her ne kadar rejenere olacağı düşünülse de büyük ölçekli orman yangınları sonucunda birçok ormanlık alan yok olmakta, orman habitatı içerisinde yaşayan canlılar zarar görmekte ve orman ekosistemlerinde çeşitlilik ciddi manada azalmaktadır (Atmaca vd 2022). Orman yangınlarında; bitki çeşitliliğine ve sıklığına, yanan maddelerin nem içeriklerine, yakıcıların kimyasal yapılarına ve yanma şiddetine bağlı olmakla beraber atmosfere karışan kimyasal bileşiklere örnek olarak; boyutu 10 mikrometreden (μm) küçük partikül maddeler (PM10), boyutu 2.5 μm 'den küçük partikül maddeler (PM2.5), karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO2), azot oksitler (NOx), metan (CH4), hidrokarbonlar, uçucu organik bileşikler (UOB), amonyak (NH3), peroksitler, klorin ve bromin bileşikleriyle bazı kükürt bileşikler (SOx) olarak sıralanabilir (Dempsey 2013; Kim and Sarkar 2017; Barrera et al. 2018; Zafer vd. 2019; Velde et al. 2021). Yangınlar dolayısıyla meydana gelen bu duman emisyonları, bölgesel çapta hava kirliliğine, küresel çapta ise iklim değişikliği etkilerine neden olmaktadır (Noves et al. 2020). Gelişen teknoloji ile elde edilen yeni imkanlar doğrultusunda; doğadaki ve uzaydaki bilinmezlikler, aktiviteleri an ve an takip etmek ve bu aktiviteler hakkında bilgi sahibi olabilmek adına uzaktan algılama teknolojileri oldukça önemli rol oynamaktadır. Uzaktan algılama; bir cisme veya olaya herhangi bir fiziki temas olmadan, sensörler veya algılayıcılar sayesinde cismin veya olayın hakkında bilgi sahibi olunabilmesini sağlamaktadır. Bu sistemlerde hedef, enerji, iletim yolu ve algılayıcı barınmaktadır (Lillesand et al. 2018). Ekosistemin ve ormanların bütünlüğüne zarar veren orman yangınlarının etkileri üzerinde bolca araştırma yapılan bir konudur.

Bu çalışma içerisinde, orman yangınlarının hava kalitesine ve yer yüzey sıcaklıklarına olan etkilerini araştırmak amaçlanmıştır. Bu bağlamda test alanı olarak Antalya ve İzmir illeri seçilmiştir. 28 Temmuz-11 Ağustos tarihleri arasında Antalya ilinde meydana gelen oldukça şiddetli orman yangınları ve 13-18 Ağustos 2024 tarihinde İzmir ilinde meydana gelen nispeten düşük şiddetli orman yangınları incelenmiştir. Test alanlarının bu şekilde seçilmesinin sebebi orman yangınlarının hava kalitesine ve yer yüzey sıcaklığına olan etkilerinin, orman yangınlarının şiddetleri ile ne kadar bağlantılı olduğunu gözlemleyebilmektir. Bu amaç doğrultusunda yangın öncesi, yangın zamanı ve yangın sonrasında hava kalitesini gözlemleyebilmek adına Sentinel-5P Troposferik İzleme Cihazı (TROPOMI) sensörünün verileri kullanılmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen ve Çevre, Şehir ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na bağlı olan Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı projesi kapsamında Antalya ve İzmir illerinde bulunan hava kalitesi izleme istasyonlarının sağlamış olduğu hava kalitesi verileri ile Sentinel-5P TROPOMI sensörünün verileri arasındaki ilişkinin incelenebilmesi için Pearson korelasyon analizi kullanılmıştır. Belirlenmiş olan her iki test alanı içinde Sentinel 3 SLSTR sensörü ile geçmiş çalışmalarda orman yangınlarının yer yüzey sıcaklıklarına etkilerinin incelenmesi için çoğunlukla kullanılan Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometresi (MODIS) Terra sensörünün Günlük Arazi Yüzey Sıcaklığı görüntüleri arasındaki ilişkiler de Pearson korelasyon analizi ile incelenmiştir. Yapılan incelemelerde Antalya ilinde meydana gelen 28 Temmuz – 11 Ağustos tarihlerinde orman yangınlarının PM10 konsantrasyonunu yangın öncesine ait olan döneme göre yaklaşık 3 kat arttığı gözlemlenmiştir. Sentinel-5P TROPOMI sensörü ile elde edilen bu verinin yanı sıra, Hava izleme istasyonlarının ölçtüğü PM10 değerlerinde de artışlar gözlemlenmiştir. Manavgat bölgesinde yaklaşık 50 bin hektarlık alanın yandığı ve Gündoğmuş bölgesinde yaklaşık 700 hektarlık ormanlık alan, toplamda yaklaşık 60.700 hektarlık alanın yandığı tespit edilmiştir (KOLUKIRIK et al., 2022). Antalya orman

* Sorumlu Yazar: Tel: (0242) 242 44 00 Dahili: 3826

E-posta: mnmesut@thk.edu.tr (Mine Nur Mesut), 202351045003@ogr.akdeniz.edu.tr (Göktuğ Yaşar Çukurlu), nusretdemir@akdeniz.edu.tr (Nusret Demir)

- Dempsey, F. (2013). Forest fire effects on air quality in Ontario evaluation of several recent examples. American Meteorological Society, 1059-1064.
- Kim, B., & Sarkar, S. (2017). Impact of wildfires on some greenhouse gases over continental USA: A study based on satellite data. Remote Sensing of Environment, 118-126.
- Kolukırk, S., Arslan, D. A., & Gökarp Yılmaz, G. (2022). Orman Yangınlarının Toplumsal Etkileri ve Görünümü: Medya Paylaşımlarında 2021 Büyük Antalya Manavgat Yangını. *Afet ve Risk Dergisi*, 5(2), 560-580
- Lillesand, Thomas M., Kiefer, Ralph W., & Chipman, Jonathan W. (2018). Uzaktan Algılama ve Görüntü Yorumlama. çev. Kavak, P. Ş. Ankara: Palme Yayınevi.
- Liu, Z., Ballantyne, A. P., & Cooper, L. (2019). Biophysical feedback of global forest
- Mazzoni, D., Logan, J. A., Diner, D., Kahn, R., Tang, L., & Li, Q. (2007). A data-mining approach to associating MISR Smoke Plume Heights with MODIS fire measurements. Remote Sensing of Environment, 138-148.
- Noyes, K. T., Kahn, R. A., Limbacher, J. A., Li, Z., Fenn, M. A., Giles, D. M., Winstead, E. L. (2020). Wildfire smoke particle properties and evolution, from space based multi-angle imaging II: the Williams Flots fire during the FIREX-Orman Genel Müdürlüğü (OGM 2024) , <https://www.ogm.gov.tr/tr>
- Stoyanova , J. S., Georgiev, C. G., & Neytchev, P. N. (2022). Satellite observations of fire activity in relation to biophysical forcing effect of land surface temperature
- Velde, I. R., Werf, G. R., Houveling, S., Moasakkers, J. D., Borsdorff, T., Landgraf, J., Aben, I. (2021). Vast CO2 release from Australian fires in 2019-2020constrained by Satellite. Nature, 366-374
- Zafer, N., Tuygun, G. T., & Elbir, T. (2019). Türkiye'de 1988-2017 yılları arasında gerçekleşen orman yangınlarından kaynaklanan hava kirleticisi emisyonların envanteri. İklim Değişikliği ve Çevre, 23-31.
- 2020 Türkiye Orman Varlığı. 2021. Ankara. OGM Ofset

* Sorumlu Yazar: Tel: (0242) 242 44 00 Dahili: 3826

E-posta: mnmesut@thk.edu.tr (Mine Nur Mesut), 202351045003@ogr.akdeniz.edu.tr (Göktuğ Yaşar Çukurlu), nusretdemir@akdeniz.edu.tr (Nusret Demir)

Güçlü ve Zayıf ICESat-2/ATLAS Sinyallerinin Obje Yükseklik Belirlemedeki Performans Analizinin CBS ile Entegrasyonu

Müge Ağca^{1,*}, Efdal Kaya², Aslıhan Yücel¹, Ali İhsan Daloğlu¹, Ömer Bilginer¹

¹İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 35620, İzmir.

²İskenderun Teknik Üniversitesi, İskenderun Meslek Yüksekokulu, 31200, Hatay.

Genişletilmiş Özet

Günümüzde şehir alanlarının büyümesi ve gelişmesi ile birlikte, kentsel alanlar dünyada önemli bir küresel etkiye sahip olmuştur. Yerleşim yerlerindeki bina ve ağaçların belirlenmesi ve yükseklik bilgilerinin elde edilmesi yerleşim yerlerindeki planlama, gürültü ve çevre kirliliğinin filtrelenmesi, gölge, iklim düzenlemesi ve yönetim faaliyetlerinin takip edilmesi bakımından oldukça önemlidir (Dirik ve ark., 2014; Qin ve ark., 2022). ICESat-2/ATLAS (Ice, Cloud and Land Elevation Satellite/Geoscience Laser Altimeter System/Advanced Topographic Laser Altimeter System) uydusu NASA tarafından geliştirilerek 15 Eylül 2018’de yörüngeye fırlatılmıştır. Bu sistem dünya üzerinde yoğun bir gözlem ağına ve çoklu foton sayma teknolojisine sahip ilk uzay tabanlı lidar cihazıdır (Narine ark., 2019). ICESat-2/ATLAS sistemi dağ buzulu ve buz tabakalarındaki yükseklik değişimlerinin izlenmesi, arazi ve bitki örtüsü yükseklikleri, deniz yüzeyi yükseklikleri ve bulut katmanları hakkında bilgi sağlamaktadır. ICESAT-2/ATLAS sistemi yeryüzüne saniyede 10,000 foton darbesi göndermektedir (<https://nsidc.org/data/icesat-2>). ICESat-2/ATLAS sistemi ile aynı anda güçlü ve zayıf olmak üzere iki farklı üç çift ışın hattından veriler toplanmaktadır. Güçlü (gt-2r) ve zayıf (gt-2l) sinyallerin içerdikleri foton sayıları ve bazı teknik özellikleri birbirinden farklılık göstermektedir. Güçlü ışın hatları zayıf ışın hatlarına göre 4 kat daha fazla etki sağlamaktadır (Neuenschwander ve Magruder, 2019; Markus ve ark., 2017; Narine ve ark., 2020). ATLAS cihazı tarafından gönderilen her bir fotonun seyahat süresi, uydunun durumu ve çarpıp yansıdığı yüzeyin bilgisi ile birleştiğinde yeryüzü ile ilgili konum (X, Y, Z) ve zaman (t) bilgisi sunmaktadır. ICESat-2/ATLAS sisteminden elde edilen verilerin kullanım alanı giderek artmakta ve bu verilerin sinyallerinden elde edilen bilgilerin daha detaylı olarak analiz edilmesi gerekmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) sahip olduğu özellikleri itibarıyla, konum bilgisiyle alakalı her türlü uygulamanın içerisinde yer almaktadır. Özellikle, kentsel ve bölgesel planlama, kadastro, tarım, orman, peyzaj, jeoloji, savunma, emniyet, turizm, arkeoloji, yerel yönetim, nüfus, eğitim, çevre, sağlık ve benzeri birçok uygulamalı meslek dalında CBS önemli bir ortak kavram olarak kullanılmaktadır. Temelde harita bilgisine dayalı işlemlerde ya da konum bağlantılı yoğun hacimli verilerle uğraşmak, bunları analiz ederek ortaya çıkacak sonuçlara göre bir takım kararların doğru olarak verilebilmesi CBS fonksiyonlarının etkin kullanımıyla mümkün olabilmektedir. Bu çalışmada, hem güçlü ve hem de zayıf ICESat-2/ATLAS sinyallerinin farklı objelerin yüksekliğinin belirlenmesindeki performansı CBS ortamında açık kaynak kodlu QGIS yazılımı ile analiz edilmiştir. Bu amaçla çalışmamızda, ICESat-2/ATLAS verilerinin elde edildiği iki farklı pilot bölge seçilmiştir. Seçilen birinci pilot bölgede (Bergama, İzmir) sadece bina yükseklik bilgileri, ikinci pilot bölgede (Balçova, İzmir) ise ağaç yükseklik analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan bina ve ağaç yüksekliğinin belirlendiği iki çalışmanın sonuçları güçlü ve zayıf ışın hattı bakımından değerlendirilmiş olup ve bu ışın hatlarının yükseklik belirlemedeki performansları CBS yazılımları ile analiz edilmiştir.

Bu çalışmada CBS analizlerini gerçekleştirmek için QGIS yazılımı kullanılmıştır. Öncelikle her iki bölgeye ait oluşturulan sayısal yükseklik ve sayısal arazi modelleri QGIS ortamına aktarılmıştır. Her iki pilot bölgeye ait yüzey modelleri hem İnsansız Hava Aracı (İHA) ve hem de havasal LİDAR sistemlerinden elde edilen veriler kullanılarak oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılan veri setleri OPENALTIMETRY (Advanced Discovery, Processing, and Visualization Services for ICESat and ICESat-2 Altimeter Data) websitesinden (.csv) ve (hdf5, H5) formatlarında indirilmiştir. OPENALTIMETRY websitesinden indirilen ICESat-2/ATLAS foton verileri her iki arazi modeli üzerine oturtulmuştur. Çalışmanın amacı doğrultusunda kullanılan veri setindeki fotonların filtrelenmesi ve sınıflandırılması gerekmektedir. Çalışmada kullanılan sınıfların zemin ve kanopi tepesinden olmasına, güvenilirlik seviyelerinin ise yüksek olmasına dikkat edilmiştir. Bunun için ilişkilendirilmiş veri setine PhoReal yazılımı yardımıyla filtreleme işlemi uygulanmıştır. Tüm bu işlemler, ICESat-2 sisteminin güçlü (gt-2r) ve zayıf (gt-2l) lazer ışınları için ayrı ayrı hesaplanmıştır. PhoReal yazılımında ICESat-2 verileri analiz edildikten sonra .csv uzantılı olarak kaydedilmiştir. Noktalara ait konumsal bilgiler kullanılarak QGIS ortamına .csv verileri aktarılmıştır. Bu çalışmada her iki pilot bölgeye ait veritabanları oluşturulmuş ve veriler arasındaki ilişkilendirmeler gerçekleştirilmiştir. QGIS içerisinde ICESat-2/ATLAS verileri filter() fonksiyonu ile güçlü ve zayıf ışınlar şeklinde ayrılıp görselleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm verilerden elde edilen yükseklik bilgilerinin doğruluğunun nicel olarak değerlendirilebilmesi için kök ortalama kare hata (RMSE), ortalama kare hata (MSE), ortalama mutlak hata (MAE), ortalama hata (ME), belirleme katsayısı (R2), Pearson korelasyon katsayısı, Spearman korelasyon katsayısı ve Kendall korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Veri setinin dağılımı hakkında temel istatistiksel bilgilerin çıkarılması amacıyla “Statistics by categories” ve “zonal statistics” gibi fonksiyonlar kullanılmıştır. Verilerin temel istatistiksel bilgileri sonucunda 3 boyutlu görselleştirme işlemi QGIS içerisinde yapılmıştır. Farklı yükseklik modelleri ile ICESat-2/ATLAS sistemlerinden elde edilen yükseklik bilgilerine

* Sorumlu Yazar: Tel: (0212) 285 34 14 Faks: (0212) 2856587

E-posta: ozgur.dogru@itu.edu.tr (Ahmet Özgür Doğru), ozguravsar@comu.edu.tr (Emin Özgür Avcı)

ait profiller yine QGIS ortamında çıkarılmıştır. Tüm bu işlemler her iki pilot bölgeye ait veriler için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

Bina ve ağaç yükseklik analizlerinin doğruluğu her iki pilot bölgede arazide toplanan yerel yükseklik verileri ile karşılaştırılmıştır. Noktasal olarak toplanan yükseklik verileri QGIS ortamına aktarılmış ve foton verileri ile ilişkilendirilmiştir. ICESat-2/ATLAS verileri kullanılarak toplamda 70 binanın yükseklik tespitinin yapıldığı çalışmada 48 bina yükseklik bilgisinin zayıf ışın hattından, 22 bina yükseklik bilgisinin ise güçlü ışın hattından elde edildiği tespit edilmiştir. Çalışmanın yükseklik sonuçları değerlendirildiği zaman zayıf ışın hattından elde edilen yükseklik bilgilerinin gerçek değere daha yakın olduğu ve güçlü ışınların gerçek değer üzerinde sonuçlar verdiği görülmüştür. ICESat-2/ATLAS verileri kullanılarak toplamda 22 ağaç yükseklik tespitinin yapıldığı çalışmada 16 ağaç yükseklik bilgisinin güçlü ışın hattından 6 ağaç yükseklik bilgisinin ise zayıf ışın hattından elde edildiği görülmüştür. Sonuçlar incelendiğinde bu çalışmada da güçlü ışınların gerçek değer üzerinde sonuçlar verdiği görülmüştür.

Bu çalışma, ICESat-2/ATLAS verilerinin analizinde güçlü ve zayıf ışın hatlarından elde edilen sonuçların genel doğruluğa olan etkilerine dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamakta ve ileri teknolojik bir veri türü olan ICESat-2/ATLAS verilerinin analizinde CBS uygulamalarının önemini ortaya koymaktadır. Ayrıca bu çalışma kentsel alanlarda elde edilen ağaç ve bina yükseklik tür yükseklik bilgilerinin CBS veritabanına aktararak kent için oluşturulacak karar destek sisteminde kullanılabilirliğini ortaya koymaktadır. Yerleşim yerlerindeki bina ve ağaçların belirlenmesi ve yükseklik bilgilerinin elde edilmesi yerleşim yerlerindeki planlama, gürültü ve çevre kirliliğinin filtrelenmesi, gölge, iklim düzenlemesi ve yönetim faaliyetlerinin takip edilmesi bakımından oldukça önemlidir (Dirik ve ark., 2014). Ayrıca, özellikle güçlü ışın hattından elde edilen verilerin farklı yöntemler geliştirilerek iyileştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar ileride yapılacak olan benzer çalışmalara altlık olacak niteliktedir. Bu çalışmada kullanılan ICESat-2/ATLAS verileri ülkemizde çok bilinmeyen ve dolayısı ile araştırmacılar tarafından çok kullanılmayan bir veri türüdür. Çalışmadan elde edilen sonuçlar mühendislik alanında bilimsel çalışmalar yapan araştırmacılar için büyük önem arz etmektedir.

Anahtar

Kelimeler

Çoklu Sensörlü Sistemler, ICESat-2/ATLAS, 3B Mekansal Veri Görselleştirilmesi, Mekansal veri, Özgür ve Açık Kaynak Kodlu Yazılımlar

Referanslar

Dirik, H., Erdoğan, R., Altınçekiç, H. S., & Altınçekiç, H. (2014). Kent Ağaçlarının İşlevleri, Koruma Önemi ve Değer Belirleme Yaklaşımları. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 15(2), 161-174. <http://dx.doi.org/10.17474/acuofd.74718>

<https://nsidc.org/data/icesat-2>

Markus, T., Neumann, T., Martino, A., Abdalati, W., Brunt, K., Csatho, B., ... & Zwally, J. (2017). The Ice, Cloud, and land Elevation Satellite-2 (ICESat-2): science requirements, concept, and implementation. Remote Sensing of Environment, 190, 260-273. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.12.029>

Narine, L. L., Popescu, S., Neuenschwander, A., Zhou, T., Srinivasan, S., & Harbeck, K. (2019). Estimating aboveground biomass and forest canopy cover with simulated ICESat-2 data. Remote Sensing of Environment, 224, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.01.037>

Narine, L. L., Popescu, S. C., & Malambo, L. (2020). Using ICESat-2 to estimate and map forest aboveground biomass: A first example. Remote Sensing, 12(11), 1824. <https://doi.org/10.3390/rs12111824>

Neuenschwander, A. L., & Magruder, L. A. (2019). Canopy and terrain height retrievals with ICESat-2: A first look. Remote Sensing, 11(14), 1721. <https://doi.org/10.3390/rs11141721>

Qin, H., Zhou, W., Qian, Y., Zhang, H., & Yao, Y. (2022). Estimating aboveground carbon stocks of urban trees by synergizing ICESat-2 LiDAR with GF-2 data. Urban Forestry & Urban Greening, 76, 127728. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127728>

Deprem Sonrası Yapılarda Meydana Gelen Hasarların CBS Yardımıyla Belirlenmesi

Ömer Bilginer^{1*}

¹İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 35620, İzmir.

Geniştirilmiş Özet

Doğal afetler gerek geçmişte gerekse günümüzde toplumlar için büyük tehlike oluşturmıştır. Küresel ısınma ve diğer çevresel etkenler nedeniyle doğal afet sayılarında son yıllarda ciddi artış yaşanmaktadır. Türkiye doğal afetlerden sıklıkla etkilenmekte ve her sene binlerce insan doğal afetler nedeniyle hayatını kaybetmektedir. Özellikle deprem, ülkemizde en sık karşılaşılan doğal afetler arasında yer almaktadır. Geçmişte şiddetli depremlere maruz kalan Türkiye’de binlerce insan hayatını kaybetmiş, üst yapı ve alt yapıda büyük hasarlar oluşmuştur. 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş’ta 9 saat ara ile gerçekleşen iki deprem (Mw 7.7 ve Mw7.6) Türkiye’nin güney ve doğusunda yer alan şehirlerde yaşayan yaklaşık 15 milyon insanı doğrudan etkilemiştir. Depremler neticesinde 518009 yapıda çökme veya ağır hasar meydana gelmiştir (URL-1). Türkiye’nin en kalabalık ve yapı stokunun en fazla olduğu İstanbul’da meydana gelebilecek şiddetli bir deprem sonrasında yapılarda oluşabilecek çökme veya ağır hasar miktarının daha fazla olacağı aşikardır. Geçmişte merkez üssü İstanbul’a yaklaşık 120 km uzaklıktaki Kocaeli’nin Gölcük ilçesinde gerçekleşen 17 Ağustos 1999 Marmara Depremi’nde (Mw 7.4) İstanbul’da 981 vatandaş hayatını kaybetmiş, 4000 bina ağır hasar görmüştür (Özmen, 2000). Depremin merkez üssünün İstanbul’a yakın olması halinde can kaybı ve hasarlı bina sayısında artış yaşanacaktır. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) istatistiklerine göre İstanbul ve çevre illerde 50 yıl aralıkla şiddetli, 250 yıllık aralıklarla da çok şiddetli depremler meydana gelmektedir (Cansız, 2022). Son şiddetli depremini 1766 yılında yaşayan İstanbul’da 50 sene içerisinde şiddetli bir deprem gerçekleşme ihtimali %90 olarak belirtilmektedir (Burton ve diğ., 2004). Beklenen İstanbul depremin moment büyüklüğünün Mw=7.5 olacağı öngörülmektedir (JICA, 2002). Türkiye nüfusunun yaklaşık %20’lik kısmının yaşadığı İstanbul’da yapılacak çalışma ile beklenen büyük İstanbul depremi gerçekleşmeden önce alınacak tedbirlerle can kaybının en aza indirilmesi ve yapılarda oluşabilecek hasarların tespit edilerek yapıların depreme karşı güçlendirilmesi gerekmektedir.

Şiddetli bir deprem sonrasında ortaya çıkabilecek can veya mal kayıplarının önlenmesi ya da azaltılabilmesi için afet yönetim döngüsünün kapsamlı şekilde ele alınıp yönetilmesi gerekmektedir (Taşkıran ve Baykal, 2018). Afet yönetim döngüsü; risk ve zarar azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme aşamalarından oluşmaktadır (Greiving ve diğ., 2012). Afet yönetim döngüsünde bir önceki aşamada gerçekleştirilen faaliyetlerin etkili olması bir sonraki aşamada gerçekleştirilecek faaliyetlerin başarısını etkilemektedir. Bu nedenle her aşamada hasarlardan kaynaklanan etkilerin azaltılmasına özen gösterilmesi gerekmektedir. Özellikle şiddetli bir deprem yaşanmadan önce hazırlık ve risk azaltma aşamalarında alınacak önlemler, deprem sonrasında yaşanacak can ve mal kayıplarının en aza indirilmesini sağlayacaktır. Şiddetli deprem öncesinde yapıların sismik performansı belirlenerek riskli yapıların konumlarının tespit edilmesi ile yapılarda oluşabilecek hasarlar önceden tahmin edilebilmektedir. Depreme maruz kalan yapılarda olası hasarı tahmin etmek için kırılma eğrileri kullanılmaktadır (Erberik, 2015). Kırılma eğrileri, sismik şiddet parametresine karşı belirli bir limit durumunun aşılma olasılığı temsil eden eğriler olarak tanımlanmaktadır. Kısacası kırılma eğrileri, sismik yoğunluk ölçüsünün bir fonksiyonu olarak hasar veya sürüklenme durumunun aşılmasını gösteren eğrilerdir. Şiddet ölçüsü, yapı için belirlenen bir sınır durumunun aşılma olasılığının çizildiği referans yer hareketi parametresi olarak tanımlanmaktadır. Yapıların hasar değerlendirilmesinde kullanılan en yaygın şiddet ölçüleri en büyük yer ivmesi (PGA), en büyük yer değiştirme (PGD), en büyük yer hızı (PGV), spektral ivme (S_a), spektral yer değiştirme (S_d) ve spektral hız (S_v). Yapıların sismik performans seviyesi, yapının sismik yük etkisi altında hasar sınırını (eşiğini) aşmama durumunu belirleyen limit durumları ile belirlenmektedir. Bu limit durumlarına göre kırılma eğrileri geliştirilmektedir. Limit durumu ile belirlenen hasar sınırı sayesinde yapıda oluşabilecek hasar durumları tespit edilebilmektedir. Yani limit durumu farklı hasar koşulları arasındaki sınır durumunu tanımlarken hasar durumu ise yapıdaki hasarı tanımlamaktadır. Literatürde araştırmacılar küçük hasar, orta hasar, büyük hasar, çökme, hasarsız, az hasarlı, orta hasarlı, ağır hasarlı gibi farklı limit ve hasar durumları kullanmışlardır. Söz konusu limit durumları kullanılarak elde edilen kırılma eğrileri sayesinde, benzer özelliklere sahip yapılarda deprem hasarı olasılığı tahmin edilebilmektedir. Kırılma eğrileri kullanılarak deprem sonrası yapıda oluşabilecek muhtemel hasarların tespit edilmesi ile gelecekte yapılacak yapılardaki tasarım kriterleri yeniden belirlenebilmekte ve yapıların depreme dayanımı artırılabilir.

Kırılma eğrilerinden faydalanılarak yapılara ait sismik kayıp analizi gerçekleştirilebilmektedir. Sismik kayıp analizi dört aşamadan oluşmaktadır: Deprem tehlikesinin belirlenmesi (fayların özellikleri ve fayların geçmişte ürettikleri depremler), yapı stoku özelliklerinin (yapım yılı, kat sayısı, yapı tipi, yapının konumu) belirlenmesi, yapısal analiz süreci (kırılma eğrilerinin elde edilmesi) ve son aşama can ve mal kaybının belirlenmesidir. Deprem sonrasında oluşabilecek can ve mal kayıpları Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı yazılımlar kullanılarak belirlenebilmektedir. Dünya’da hasar kayıp tahmini için MAEVİZ, ERGO, HAZTURK, ELER gibi CBS tabanlı analiz programları kullanılmaktadır. Söz

* Sorumlu Yazar: Tel: (0232) 329 35 35

E-posta: omer.bilginer@ikc.edu.tr

konusu yazılımların farklı ülkelerde kullanabilmesi için değişiklikler yapılması (kullanılacak ülkeye ait topografik veriler, yapı envanteri vb.) gerekmektedir. HAZTURK programı, deprem sonrasında oluşabilecek can ve mal kaybını en aza indirmeyi amaçlayan, aynı zamanda da kapsamlı bir risk bazlı kayıp analizi yapmaya olanak veren Amerika Birleşik Devletleri için geliştirilen CBS temelli MAEviz programının Türkiye’ye ait veriler kullanılarak geliştirilmiş halidir (Karaman, 2008). HAZTURK programının temeli tehlike, yapı kırılabilirliği ve envanter bileşenlerinden oluşmaktadır (Yıldız, 2013). HAZTURK programında yapılan deprem analizi ile şiddetli bir deprem sonrasında oluşabilecek yapı hasarı ve hasarlı yapıların konumları hakkında çıktılar sunulmaktadır. HAZTURK’te deprem sonrası yapılarda oluşabilecek ekonomik zarar için yapı ekonomik kayıp analizi, yapılarda deprem anında ve sonrasında oluşabilecek yangın riskini tahmin edebilmek için yangın analizi deprem sonrasında ulaştırma yapıları için (köprü, viyadük vb.) kullanılabilirlik analizi gibi analizler gerçekleştirilebilmektedir.

Bu çalışma olası bir deprem sonucunda İstanbul ili Küçükçekmece ilçesi Yeni mahallede yer alan yapılarda oluşabilecek hasar durumları ve hasarlı binaların konumlarının belirlenmesine odaklanmaktadır. Çalışma kapsamında şiddet ölçüsü olarak büyük yer ivmesi kullanılmıştır. Çalışma alanında yer alan yapılar için kırılabilirlik eğrilerinden faydalanılmıştır. HAZTURK programı kullanılarak çalışma bölgesine İstanbul’da gerçekleşmesi beklenen Mw 7.5 büyüklüğünde senaryo deprem etki ettirilmiş olup yapılarındaki hasar durumu (hasarsız, orta hasar, ağır hasar ve çökme) ve hasarlı yapıların konumları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda bölgede yer alan binalardaki hasar durumu ile 2020 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi ile Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü’nün hazırlamış olduğu Küçükçekmece Olası Deprem Kayıp Tahminleri Kitapçığındaki hasar durumu ile kıyaslanmış ve rapor ile çalışma sonucu benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen çıktılar ile olası İstanbul depreminin gerçekleşmesi halinde seçili bölgedeki hasarlı yapıların konumlarının tespiti ile karar verici kurum ve kuruluşların alacağı tedbirler için altlık oluşturulmuş olup bölgede yaşanabilecek can ve mal kayıp miktarı en aza indirilebilmesi sağlanacaktır. Aynı zamanda hasar alabilecek yapılar tespit edilerek güçlendirme veya kentsel dönüşüm yapılarak ilgili yapılar depreme karşı daha güvenli hale gelebilecektir.

Anahtar Kelimeler

CBS ve Doğal Afet Yönetimi, Afet Risk Yönetimi ve CBS, Toplumsal Farkındalık ve Bilinçlendirme için CBS, Kırılabilirlik Eğrisi, Deprem

Referanslar

- Burton, P. W., Qin, C., Tselentis, G. A. & Sokos, E. (2004). Extreme earthquake and earthquake perceptibility study in Greece and its surrounding area. *Natural Hazards*, 32(3), 277–312. <https://doi.org/10.1023/B:NHAZ.0000035545.89097.0d>.
- Cansız, S. (2022). Türkiye’de kullanılan deprem yönetmeliklerinin özellikleri ve deprem hesabının değişimi. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 14(1), 58–71. <https://doi.org/10.29137/umagd.948025>.
- Erberik, M.A. (2015). Seismic Fragility Analysis. In: Beer, M., Kougiumtzoğlu, I., Patelli, E., Au, I.K. (eds) *Encyclopedia of Earthquake Engineering*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Greiving, S., Pratzler-Wanczura, S., Sapountzaki, K., Ferri, F., Grifoni, P., Firus, K. & Xanthopoulos, G. (2012). Linking the actors and policies throughout the disaster management cycle by “Agreement on Objectives” - a new output-oriented management approach. *Natural Hazards and Earth System Science*, 12(4), 1085–1107. doi:10.5194/nhess-12-1085-2012.
- JICA. (2002). Japan International Cooperation Agency and Istanbul Metropolitan Municipality (IMM), *The Study on A Disaster Prevention/Mitigation Basic Plan in Istanbul including Seismic Microzonation in the Republic of Turkey*, Final Report, December.
- Karaman, H., Sahin, M., Elnashai, A. S. & Pineda, O. (2008). Loss assessment study for the Zeytinburnu district of Istanbul using Maeviz-Istanbul (HAZTURK). *Journal of Earthquake Engineering*, 12(SUPPL. 2), 187–198. doi:10.1080/13632460802014030.
- Ozmen, B. (2000) 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi’nin Hasar Durumu. Deprem Raporu. Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi, TDV/DR 010-53.
- Taşkıran, G. & Baykal, Ü. (2018). Afetlerde insan kaynakları yönetimi. Afet Hemşireliği, pp. 23–28.
- Yıldız, S. S. & Karaman, H. (2013). Post-earthquake ignition vulnerability assessment of Küçükçekmece district. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13(12), 3357–3368. doi:10.5194/nhess-13-3357-2013.
- Url-1<<https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/03/2023-Kahramanmaraş-ve-Hatay-Depremleri-Raporu.pdf>>, erişim tarihi 19.10.2024.

Multidisipliner Yaklaşımla Mekânsal ve Ekolojik Planlamada Proje Bazlı CBS Eğitimi

Ömer Öztoprak¹, Eda Şentürk², Arş. Gör. Tuba Gizem Aydoğan³, Prof. Dr. Öner Demirel⁴

¹ Doğa Koruma ve Milli Parklar 1. Bölge Müdürlüğü'nden emekli, 34672, İstanbul.

² Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Yüksek Lisans öğrencisi, 52200, Ordu.

³ Kırıkkale Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 71450, Kırıkkale.

⁴ Kırıkkale Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 71450, Kırıkkale.

Genişletilmiş Özet

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), üniversitelerde hem zorunlu hem de seçmeli dersler kapsamında öğretilmekte olup, proje derslerinde ve meslek yaşamında planlama süreçlerinin her aşamasında çok katmanlı analizler yapma olanağı sunarak, hassas ve güvenilir sonuçlara ulaşmada etkin bir rol oynamaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin planlama süreçlerine katkıları yalnızca hassasiyet ve doğruluk oranlarının artışıyla sınırlı kalmamakta, aynı zamanda zaman, emek ve maliyet tasarrufu sağlamaktadır. Analiz aşamalarında etkin biçimde kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), süreçlerin kısılmasını sağlayarak fikir üretimine, tasarıma, alternatif çözümlere ve planlama aşamalarına daha fazla zaman ayrılmasına olanak tanımaktadır. Bununla birlikte, Coğrafi Bilgi Sistemleri CBS derslerinin ayrı zaman dilimlerinde öğretilmesinin, öğrenme açısından beklenen olumlu sonuçları vermediği görülmektedir.

Bu bağlamda, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'yi en etkili öğrenme yönteminin proje tabanlı ve eş zamanlı olarak yürütülmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin öğrenilmesinin olumlu etkileri, özellikle sonraki planlama çalışmalarında kendini göstermektedir. Bu çalışmanın nihai hedeflerinden biri de, teorik olarak öğretilen Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin tüm derslerde bir araç olarak kullanılmasının yaygınlaştırılmasıdır. Hem online hem de yüz yüze eğitimlerde, saha verilerinin tek bir platformda toplanarak eş zamanlı ve uygulamalı bir şekilde kullanılması, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır.

1999 yılında WWF (Dünya Doğayı Koruma Vakfı) tarafından Avrupa'daki orman ekosistemleri değerlendirilmiş ve biyolojik çeşitliliği yüksek, ulusal koruma sistemlerinin dışında kalan acil korunması gereken ormanlık alanlar belirlenmiştir. Bu ormanlar "Avrupa'nın 100 Orman Sıcak Noktası" olarak adlandırılmıştır. Türkiye, Avrupa'dan sonra Rusya'nın ardından en fazla "orman sıcak noktası"na sahip ikinci ülke konumundadır ve 9 orman sıcak noktasına ev sahipliği yapmaktadır. Bu sıcak noktalardan biri de "Kuzey İstanbul" bölgesinde yer alan Kuzey Beykoz'dur. Örnek çalışma, 10.411 hektarlık bir alanı kapsayan bu bölgede gerçekleştirilmiştir.

Örnek alan ile ilgili tüm veriler bir yerde depolanır. Eş zamanlı uygulamalı olarak toplu girişler; haritaları beraber yapılış Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'yi öğrenmeyi kalıcı sağlamaktadır. Her uygulama çalışmanın aynı ortamda depolanması; sonradan tekrar çalışma açısından da etkili olmaktadır. Temel ve Analiz eğitimleri şeklinde Proje bazlı Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) konu başlıkları ile belirli süreç gerektiriyor.

Mekânsal ve ekolojik planlamada ana ve bağlı faktörlerin üstleneceği uygunluk değerleri ve etki yüzdeleri, çok yönlü karar analizlerini destekleyecek şekilde 10 faktör üzerinden bir tablo halinde oluşturulmuştur. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımı olan ArcMAP'te kullanılan "Weighted Overlay" ve "Map Algebra" araçları ile faktörlere öznitelik bilgisi eklenmiş ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bu veriler ve matrisler yardımıyla, belirlenen kentsel mekânlar için farklı ölçeklerde uygunluk haritaları üretilmiştir.

Bu çalışmada, mekânsal analizler kapsamında rekreasyona, tarıma ve yerleşime uygunluk analizleri gerçekleştirilmiş; ekolojik analizler kapsamında ise Erguvan bitkisinin en uygun yetiştirme ortamlarına yönelik veriler hazırlanmıştır. Tüm analizlerde gerekli haritalar, aynı koordinat sisteminde ve raster veri-matris formatında puanlanarak hazırlanmıştır. Yapılacak analizler için ana ve bağlı faktörler göz önüne alınarak oluşturulan tablolar, haritaların üretimi için yol haritası niteliği taşımaktadır.

Mekânsal analizler için kullanılan veriler, raster formatında ve analiz türüne bağlı faktörlere göre çeşitlendirilmiştir. Bu kapsamda eğim, bakı, yükseklik, sıcaklık ve yağış gibi raster verilerin yanı sıra toprak verilerinden büyük toprak grupları, su ve rüzgar erozyonu, arazi kullanım kabiliyeti ve arazi kullanım alt sınıf verileri dikkate alınmıştır. Ayrıca, su kaynaklarına ilişkin veriler arasında derelere ve yeraltı su kaynaklarına yakınlık gibi parametreler; ulaşım verilerinden yollara ve yerleşim merkezlerine yakınlık; meşcere bilgileri bağlamında kapalılık ve ekosistem bilgileri; biyolojik çeşitlilik kapsamında habitat ve endemik türlere yakınlık; ve Corine Arazi Örtüsü Sınıflaması verileri raster formatında hazırlanmıştır. Veriler, analizlerin türüne ve ilgili faktörlere bağlı olarak yeniden sınıflandırılmış ve 1 ile 4 arasında puanlanmıştır. En uygun özelliklere sahip alanlar 4 puan alırken, en olumsuz koşullara sahip alanlar 1 puanla değerlendirilmiştir. Ara değerler ise bu puanlama sistemi doğrultusunda analiz edilmiştir. Analiz türüne göre, belirli özelliklerin etkisi artırılarak toplamda 100 üzerinden etki yüzdeleri hesaplanmıştır. Tüm veriler, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımı olan ArcMAP'te kullanılan "Weighted Overlay" ve "Map Algebra" araçlarıyla analiz edilmiştir. Bu yöntemler, mekânsal analizlerin etkinliğini ve doğruluğunu artırmak amacıyla kullanılmıştır.

Ekolojik analizler için Bitkinin yetiştirme ortamları özelliklerini Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'ne aktarılması sonucu aynı tablo ve aynı yöntemler ile analiz yapılmaktadır. Bunun için 1987 yılında İ.Ü.Orman Fakültesinden (Prof.Dr.Faik YALTIRIK,Prof.Dr. Burhan AYTUĞ, Prof.Dr. Suat ÜRGENÇ,Prof.Dr.İbrahim ATAY) Kent içi Ağaç Ağaççık çalı türleri ile ilgili klavuz ve semboller ile yetiştirme ortamlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'ne anahtar kelimeler üzerinden aktarılması yöntemi uygulanmıştır.

- A- Yaşına ve gelişme durumuna göre topraklı veya kaplı (küçükse tüplü)fidan olarak kullanılan türlerdir.
- B- Yollara, motorlu trafiği yoğun cadde ve bulvarlara, deniz kenarlarına, fabrika çevrelerine dikilmemelidir.
- C- Cadde, bulvar ve sokaklara "Yol ağacı" olarak dikilebilirler
- Ç- Çıplak köklü fidan olarak kullanılır.
- D- Ön bahçeleri dar olan ev veya blokların önüne dikilebilir.
- E- Parklara, özel ve tüzel kişilerin geniş bahçelerine (Üniversite, Fakülte, Okul, Hastane, Fabrika ve benzeri yerler gibi) dikilebilir
- F- Deniz rüzgarı ve tuzlu su etkilerine dayanıklıdır.
- G- Gölge veya yarı gölge ağaçlarıdır. Gölgeye dayanıklıdır.
- H- Taşlık, kayalık, meyilli ve güneşli bakılara uyum sağlayabilir.
- I- Havuz, çeşme, dere ve su kanalı gibi su kaynaklarının ve yakınına getirilmelidir.
- K- Nemli ve besin değerlerince zengin, derin topraklı yerleri tercih ederler.
- M- Mezarlıklara dikilebilir
- P- Canlı Çit (Bodur veya Boylu çit) rüzgar perdesi olarak kullanabilirler, makasa gelirler.
- R- Rutubet istekleri fazladır.
- X- Çiçek tozları (polen) allergen olan bitkiler

Analizler sonucunda raster veri sonucu kaç kademe ile göstereceği belirlenmektedir. Bazı analizle sonucu ya 1 ; ya 4 olarak 2 kademe verebilir. Ama en ideal kademe Çok Yönlü Karar analizi "En uygun yer analizi" olduğu için 4 kademedir:

- 4-Yüksek derecede uygun alanlar (En Uygun alanlar)
- 3- Orta derecede uygun alanlar
- 2- Düşük derecede uygun alanlar
- 1- Uygun olmayan alanlar

olarak sınıflandırılmıştır.

Proje tabanlı öğrenme yaklaşımıyla örnek bir alanda gerçekleştirilen çalışmalar, verilerin hazırlanması sürecinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin öğrencilere kazandırdığı becerilerin etkinliğini artırdığı ve bu sistemin kullanımının daha derin bir kavrayış geliştirilmesine olanak sağladığını göstermektedir. Bu bağlamda, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin yalnızca teorik düzeyde değil, pratik uygulamalarla da desteklenerek öğretilmesinin, öğrencilerin analitik düşünme yeteneklerini güçlendirdiği ve çok katmanlı veri analizlerine dayalı problem çözme becerilerini geliştirdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çerçevede, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin eğitim sürecinde, özellikle proje tabanlı öğrenme yöntemleriyle entegre edilmesi önerilmektedir. Böyle bir yaklaşım, öğrencilerin meslek yaşamlarına atıldıklarında bilimsel ve rasyonel çözümler üretebilmeleri için gereken altyapıyı daha etkili bir şekilde kazanmalarını sağlayacaktır. Ayrıca, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin yalnızca belirli derslerde değil, tüm ilgili disiplinlerde bir araç olarak kullanılmasının, disiplinler arası çalışmaların niteliğini artıracağı ve planlama süreçlerinde daha yenilikçi ve bütüncül çözümler geliştirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin gerek eğitim sürecinde gerekse mesleki uygulamalarda bir araç olarak yaygın kullanımı, sürdürülebilir planlama ve ekolojik yönetim süreçlerine bilimsel temelli yaklaşımlar getirilmesi açısından büyük bir öneme sahiptir.

Anahtar Kelimeler

CBS, Çok Kriterli Karar Verme, Ahp, CBS Eğitiminde Proje Bazlı Öğrenme

Açık Görüntü Verilerinden Vektör Bilgi Türetme

Orhan Kurt^{1,*}

¹Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi A-Blok, Harita Mühendisliği Bölümü, 41380, Kocaeli.

Genişletilmiş Özet

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) semantik ve sayısal bilgilerin bir arada sergilenebildiği, sorgulanabildiği ve analiz edilebildiği bilişim ortamıdır. CBS yazılımları başlangıçta büyük bilgisayar ve yazılım firmalarını tarafından geliştirilmişlerdir ve yüksek fiyatlarla satılmışlardır. Bilişim teknolojilerinin gelişmesi, ücretsiz erişilebilen GNU (GNU is not UNIX) işletim sistemlerinin ve üzerinde geliştirilen GNU uygulama yazılımlarının yaygınlaşması CBS benzeri yazılımların (bilişim, endüstri, otomotive, reklamcılık gibi) birçok alanda yaygın olarak kullanılmasına olanak sağlamıştır. Bu gelişmelere birlikte bu yazılımlara altlık oluşturan birçok dijital ve vektörel bilginin açık olarak paylaşılmasının da önü açılmıştır. Yazılım sektöründeki bu serbest paylaşım ortamında verinin önemi anlaşılmış ve veriyi üreten özel ya da tüzel kuruluşlar reklam amaçlı kullandıkları ücretsiz verilerde kısıtlamalara gitmiştir. Ticari yazılım firmaları, ulusal ya da uluslararası kuruluşlar ücretsiz olarak sağladıkları verileri genellikle görsel olarak paylaşma yoluna gitmiş ve ham veriyi gizlemişlerdir. Bunun iki nedeni vardır. Birincisi ürettiği değerli verinin maliyetini çıkarmak ve sürekliliğini sağlamak, ikincisi ise değerlendirmede kullanılan yazılımların ham veriyi benzer kaygılar ile gizlemesidir.

Bu çalışmada görüntü olarak verilen bir analiz sonucundan vektör verinin nasıl elde edilebileceği üzerinde durulacaktır. Uygulama bölümünde TC Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (TC-ÇŞİDB) CBS Genel Müdürlüğü (CBS-GM) tarafından kendi WEB sayfasında açık olarak paylaşılan InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) analizlerinden yararlanarak elde edilen yıllık deformasyon hız analiz sonuçları kullanılmıştır. Tiff (Tagged Image File Format) formatında verilen görüntü dosyalarında deformasyon analiz sonuçları 32 bit renk değerleri ile verilmiştir. Aynı görüntüler içinde bu renkler ile temsil edilen yıllık deformasyon hız miktarlarını gösteren (mm/yıl birimli) lejantlar da yer almaktadır. Arazide yaklaşık 25x25 m² alana karşılık gelen pikselin tamamı aynı deformasyon büyüklüğünü temsil etmektedir. Çok önemli olmamak ile birlikte bu veri biçimi jeodezik değerlendirme alışkanlıklarımızdan da çok uzaktır. Bu verilerin vektörel yapıya dönüştürülmesi, karar verici konumunda olan yöneticilerin ve uygulama mühendislerinin kullanımına daha uygun olacaktır. Bu çalışmada, renkler ile temsil edilen yıllık deformasyon hızlarının yer aldığı lejant üzerindeki renk bilgilerinden vektör bilgiye geçiş için aşağıda kısaca açıklanan uygulanabilir bir yöntem önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler

Açık Veri, Görüntü Verisi, Vektör Veri, CBS

Materyal ve Metot

Görüntüler 24 (RGB; Red, Green, Blue) ve 32 (RGBA; Alpha) bit olmak üzere iki türdür. Depolama araçlarında tek bir piksel için sırasıyla 3 (#ff0000, #00ff00, #0000ff) ve 4 (#ff0000ff, #00ff00ff, #0000ffff) bayt yer kaplayan bir pikselin renk değeri tek bir sayı olarak saklanır. İlgili görüntü formatlarını okuyan yazılımlar bu sayısal değeri kendisi ayrıştırır. 32 bit görüntülerde saydamlığa karşılık gelen son 8 bit (Alpha), ilgili pikselin saydamlaştırılmasını ya da belirginleştirilmesini sağlar. Son 8 biti A=0 (#00) olan piksel tam saydamken, A=255 (#ff) olan piksel tam belirgindir. Bu saydamlık değerleri, CBS-GM tarafından verilen yıllık deformasyon hız haritalarında deformasyon değeri bilinmeyen pikseller için A=0 ile deformasyon değeri bilinen pikseller için ise A=255 saydamlık değeri ile temsil edilmektedir. Bu çalışmada önerilen vektörleştirme işlemi sırasında bu saydamlık değerleri veri ayıklamada kullanılmıştır. Bu ayıklama işlemi ile kestirilen vektör verileri sadeleştirilmiş, bir anlamda vektör veri sıkıştırması da yapılmıştır. Renk lejantını ve deformasyon değerlerini yansıtan 24 bit bilgi, bilindiği üzere piksellerin RGB (kırmızı, yeşil, mavi) değerlerini yansıtmaktadır ve bu değerler pikselin mevcut rengini oluşturmaktadır. Matematiksel olarak renkler ile temsil edilen bir boyutlu deformasyon değerleri, 3 bileşenden oluşan renkler ile doğrusal olarak temsil edilemezler. Bu deformasyon değerleri ile renkler arasındaki çoklu ilişki matematiksel olarak modellenerek kestirilmelidir.

Herhangi bir dilde yazılmış bir yazılım ile herhangi bir görüntü formatına sahip görüntü dosyaları okutulabilir ve piksel değerlerini oluşturan bileşenleri (Enlem, Boylam, RGBA) ayrıştırılabilir. Bu ayrıştırma sırasında A=0 olan, deformasyon bilgisi içermeyen pikseller de ayıklanabilir. Bu işlem adımı QGIS (Quantum GIS) benzeri bir GNU yazılım ile de yapılabilir. Bu çalışmada, birçok uygulayıcı gibi bu yol tercih edilmiştir. QGIS'in işlem (Processing) menüsü altında yer alan GDAL'ın raster dönüştürme (Processing > Raster conversion > gdal2xyz) aracı kullanılmıştır. Bu araç renkleri tek tek dönüştürmektedir. Renklerin bir dosyada birleştirilmesi için C/C++ ortamında bir yardımcı alt program geliştirilmiştir. Bu alt program renkleri birleştirme yanında, deformasyon ve renkler arasındaki matematik model biliniyor ise deformasyon vektörlerini de hesaplayabilmektedir. Yine aynı alt program, yıllık deformasyon hız modeli kestirimi yapıldıktan sonra, görüntüde üzerinde bir kısım alanı kapatan ve depolamada yer kaplayan lejantın da temizlenmesine yardımcı olur. Lejantın görüntüden kaldırılması piksellerin boylam değerleri yardımı ile yapılır. Boylam değeri belli bir değeri aşan pikseller yeni vektör dosyaya kaydedilmez.

* Sorumlu Yazar: Orhan Kurt Tel: (0262) 303 3259

E-posta: orhan.kurt@kocaeli.edu.tr

Sayısal Uygulama

Sayısal uygulama için Çanakkale iline ait deformasyon bilgilerini gösteren “ÇANAKKALE_PSI.tif” isimli dosya CBS-GM’nin WEB sayfasından indirilmiştir. Önerilen yöntem bu görüntü dosyası üzerinde uygulanmıştır. CBS-GM tarafından verilen yıllık deformasyon hız haritalarındaki lejantta, en küçük deformasyon değerleri kırmızı (255,000,000) ile başlar ve en büyük mavi (000,000,255) değeri ile biter (Şekil-1). Ara renkler üç renk kombinasyonuna göre oluşturulur. Çanakkale iline ait görüntü dosyasının lejantın başlangıç, bitiş ve değerleri Tablo-1 de verilmiştir (Tablo-1). Tablo-1’in son satırında yer alan lejantın yıllık deformasyon hızları denklem sisteminin sağ taraf (sabit terimler) vektörünü oluşturur, renk değerleri ise üç bileşenli bir polinomsal fonksiyon yardımı ile belirlenen bilinmeyenlerin katsayılar matrisini oluştururlar. Çanakkale iline ait lejant renk değerleri (Tablo-1) için çeşitli polinomsal fonksiyonlar denenmiştir. Soncul karesel ortalamanın en küçüğü, en büyük ve en küçük düzeltme değerlerine göre en uygun polinomsal fonksiyon kestirilmiştir. Çanakkale iline ait yıllık deformasyon hızlarına en uygun polinomsal fonksiyonun derecesinin ikinci derece olduğuna karar verilmiştir. Bilinmeyen sayısı 7 olan bu en uygun polinomsal fonksiyon kullanılarak soncul standart sapma ± 0.35 mm olarak ve düzeltme değerleri $(-0.75, +0.75)$ mm aralığında kestirilmiştir.

Sonuçlar

Bu çalışmada En Küçük Kareler (EKK) ile elde edilen kestirim değerleri kullanılarak renklerden analizi yapılan deformasyonların vektörel değerlerine ulaşılmıştır. Önerilen yöntem Çanakkale ili verileri üzerinde uygulanmış, başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Lejant renk ve deformasyon değerlerinden yararlanılarak elde edilen veriler üzerinden yapılan polinomsal modelin hesaplanmasında, piksel bilgilerinin vektörel verilere dönüştürülmesinde C/C++ ortamında geliştirilen bir yazılım kullanılmıştır. GNU derleyiciler ile derlenen bu yazılım ile elde edilen vektör veriler CSV (Comma Separated Value) formatında kaydedilmiştir. CSV formatındaki bu dosyalar herhangi bir GNU CBS (QGIS) ya da WEB tabanlı geliştirilmiş üç boyutlu (SeçGEO gibi) uygulama yazılımları içerisinde kolayca kullanılabilir ya da istenilen herhangi görüntü formatına da kolayca dönüştürülebilir. Deformasyon haritalarının bu şekilde hesaplanmasının ve saklanması, akıllı şehir uygulamalarına daha uygun ve esnek kullanımlı bir altlık oluşturacağı aşikardır.

Not: Şekil-1, 2 ve Tablo-1 için Kongre Sistemine yüklenen “0.Kurt_CBS-2024_Congress.pdf” isimli dosyaya bakınız.

Kaynaklar

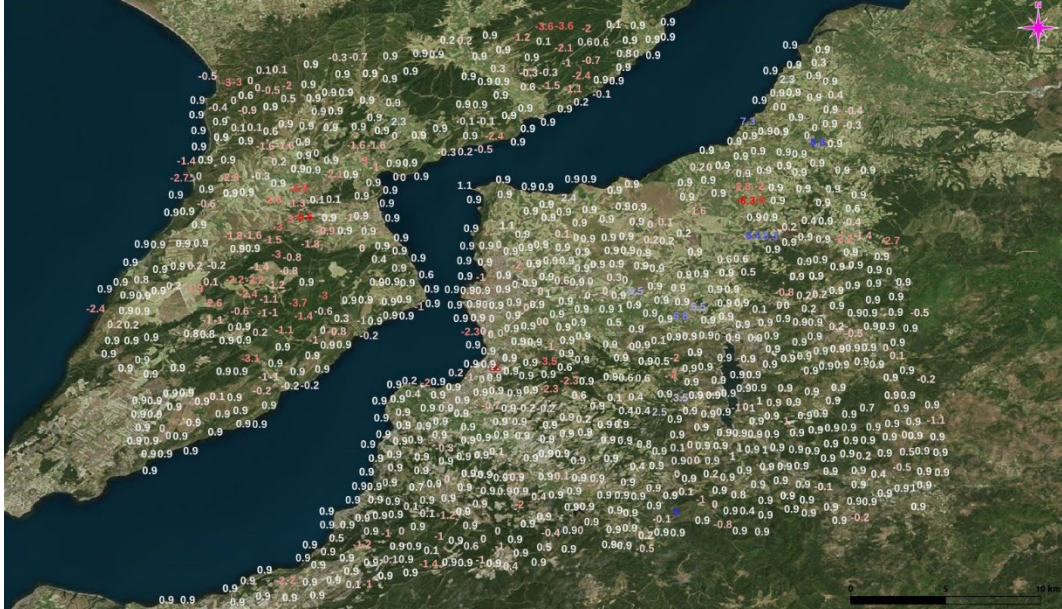
- M. Eyriboyun, H. Baycık ve F. Koltuk (2003). “Malzeme Mikroyapı görüntüleri için Bilgi Bankası Oluşturma ve Resim Tanıma”, 12. Uluslararası Yapay Zeka ve Sinir Ağları Sempozyumu (TAINN’2003), 02-04 Temmuz 2003, Çanakkale – Türkiye.
- T. Akbulut ve M. Eser (2004), “Raster Bilgilerin Vektör Bilgilere Dönüşümü”, Diploma Çalışması, Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fak., Harita Müh. Bölümü, Zonguldak.
- T. Akbulut ve O.Kurt (2005), “Taranmış Görüntü Üzerindeki Kontrol Nokta Doğruluklarının Artırılması İçin Basit Algoritmalar”, TMMOB-HKMO 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart - 1 Nisan 2005, Ankara, <https://www.researchgate.net/publication/268333835> (25 Ekim 2024).
- P. Çağan (2012), “Görüntü Dosya Formatları”, Bitirme Projesi, Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fak., Harita Müh. Bölümü, Kocaeli, <https://orhankurt.jimdofree.com/undergraduate/spring-bahar/muh406-undergraduate-thesis/>, (25 Ekim 2024).
- CBS-GM (2024), “Yıllık Deformasyon Hız Haritaları”, Bulut Şehir Uygulamaları, TC Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı CBS Genel Müdürlüğü (TC-ÇŞİDB,CBS-GM), <https://bulutsehir.csb.gov.tr/share/preview/m2CykxSMbdU8KCPmAdqtKfU543hbxVfTYawdBGbhfZRJhD8and>, (15 Ekim 2024).
- H. Seçilmiş ve O. Kurt (2024), “Afet Yönetiminde 3B Akıllı Şehir Modellerinden Yararlanma”, XXXIII. Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu (TUJK) Sempozyumu 2024, 06-09 Kasım 2024, Çanakkale.
- Code::Blocks, <https://www.codeblocks.org/>, (25 Ekim 2024).
- LibreOffice, <https://www.libreoffice.org/>, (25 Ekim 2024).
- QGIS, <https://www.qgis.org/en/site/>, (25 Ekim 2024).
- SeçGEO, <https://www.linkedin.com/in/se%C3%A7geo-apps-71a48118b/>, (25 Ekim 2024).
- Debian, <https://www.debian.org/>, (25 Ekim 2024).
- Linux Mint, <https://linuxmint.com/>, (25 Ekim 2024).
- Ubuntu, <https://ubuntu.com/>, (25 Ekim 2024).



Şekil-1 TC-ÇŞİDB'nın CBS-GM tarafından yayınlanan ve açık erişilebilen, renkli görüntüler olarak analiz edilmiş yıllık deformasyon hız haritası (QGIS).

Tablo-1 Çanakkale iline ait "ÇANAKKALE_PSI.tif" dosyasındaki lejantın on tabanlı sistemdeki renk değerleri.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
R	0	0	199	239	242	242	249	254	254	//
G	0	0	199	239	178	177	79	0	0	//
B	254	253	241	239	178	177	79	0	0	//
L	7.0	5.0	2.5	0.0	-2.5	-2.5	-5.0	-7.5	-9.0	[mm/yıl]



Şekil-2 Önerilen yöntem ile vektörleştirilmiş deformasyon haritası (QGIS).

Yol Yatırımlarının Önceliklendirilmesinde Ulaşım Değer Haritası Yaklaşımı: Ordu İli Örneği

Abdullah ÖZDEMİR¹ *, Arzu ÖZDEMİR²,

¹ Ordu Büyükşehir Belediyesi CBS ve Akıllı Şehirler Şube Müdürlüğü 52100,Altınordu, Ordu

²Ordu Büyükşehir Belediyesi Harita ve Kamulaştırma Şube Müdürlüğü 52100,Altınordu, Ordu

Genişletilmiş Özet

Ordu ili, Türkiye'nin kuzeydoğusunda, dağınık demografik ve kırıklı topografik yapısı, yoğun yağış rejimi nedeniyle altyapı yatırımlarının yapımı ve bakımının son derece zor olduğu bir coğrafyada yer almaktadır. Dağınık yerleşimden kaynaklanan uzun yol ağının da denkleme eklenmesiyle, ilimizde yol yatırımlarının planlanması, önceliklendirilmesi son derece önemli, adeta zorunlu hale gelmektedir. Bu çalışmada, bu zorluklara çözüm olarak geliştirilen "Yol Öncelik Puanı" metodolojisi ve bu metodolojiyi mümkün kılan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygulamaları ele alınmaktadır. CBS'nin güçlü analiz olanaklarının kullanılmasıyla, yol yatırım kararlarının daha hızlı, daha nesnel ve açıklanabilir bir şekilde alınabilmesinin mümkün olduğunu gösteren somut bir öneri sunulmaktadır.

Bu çalışmanın temel motivasyonu, sınırlı kamu kaynaklarının en verimli şekilde kullanılmasının, sezgisel kararlar yerine bilimsel ve somut verilere dayalı yaklaşımlar ile mümkün olduğunu göstermektir. Geleneksel yöntemlerin aksine, sosyal ve fiziksel faktörlerin bir arada değerlendirildiği, CBS destekli bir modelle, kamu yatırımlarının daha stratejik ve rasyonel bir zemine oturtulması gerektiği vurgulanmaktadır. Bu bağlamda CBS'nin, yatırım kararlarının sadece coğrafi bilgi sağlamaktan çok daha fazlasını sunduğu, kamu kaynaklarının yönetiminde kilit bir role sahip olduğu gösterilmektedir. Çalışmamızda, Nüfus ve Vatandaşlık İşleri (NVI) Genel Müdürlüğünden temin edilen Mekânsal Adres Verileri, Yapıdaki Kişi Sayısı ile Harita Genel Müdürlüğünden (HGM) temin edilen Sayısal Yükseklik Modeli, 1/25000 ölçekli ulaşım vektörel verisi kullanılmıştır. Ücretsiz olarak temin edilen bu veriler, QGIS programında analiz edilmiş ve/veya kıymetlendirilmiştir. Veri ve kullanılan program için herhangi bir ücret ödenmemiştir. Çalışmanın neredeyse sıfır maliyetle yapılabilir olması, kullanıcılar için önemli bir avantaj olarak değerlendirilmektedir.

Çalışmamız; "En YakınYol Analizi", "Önemli Yollara Bağlanan Yolların Tespiti", "Nüfus ve Hane Analizleri" "Topoğrafik Analizler" olmak üzere toplam dört temel adımdan oluşmaktadır.

İlk olarak, yolların ulaşımında kullanım derecesinin ve öneminin belirlenmesi amacıyla il ve ilçe merkezlerinden mahalle merkezlerine, eğitim ve sağlık kurumlarına "En Yakın Yol Analizleri" yapılmıştır. HGM'den temin edilen yol veri setinde yön bilgisi bulunmadığı için "En Yakın Yol Analizleri"nde QGIS Programı ve Open Route Services (ORS) kullanılmıştır. Her bir ilçe merkezinden her bir mahalle merkezine en kısa yollar ORS kullanılarak tespit edilmiş, elde edilen sonuçlar; çizgi geometrisinde ilçesinden mahallesine en kısa güzergâhlar isimli bir katman olarak kaydedilmiştir. Oluşturulan katman bir dizi veri temizleme, düzenleme ve analiz işlemine tabi tutulmuştur. Yollar kesişim noktalarından parçalara ayrılmış, oluşturulan her bir yol parçasının, kaç mahallenin ulaşımında kullanıldığı yine yapılan konumsal analizlerle tespit edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda her bir yol parçasının kaç mahallenin ulaşımında yer aldığı hesaplanmış, elde edilen nümerik değerler "ilçesinden mahallesine ulaşım skoru" olarak ulaşım veri setine bir öznitelik olarak yazdırılmıştır.

Yukarıda anlatılan işlemler il merkezinden 772 mahalle merkezi için tekrar edilmiş, analiz sonucunda elde edilen nümerik değerler "Ordu'dan mahallesine ulaşım skoru" olarak ulaşım veri setine eklenmiştir.

İlçesinden eğitim kurumlarına ve yine ilçesinden sağlık kurumlarına en kısa güzergâhlar, benzer işlem adımları kullanılarak hesaplanmış, "eğitim kurumlarına ulaşım skoru" ve "sağlık kurumlarına ulaşım skoru" adıyla ulaşım veri setine işlenmiştir.

Yapılan en yakın yol analizleri sonucunda; "ilçesinden mahallesine", "il merkezinden mahalleye", "ilçesinden eğitim kurumlarına" ve "ilçesinden sağlık kurumlarına" "ulaşım skorları" her bir yol parçasının ulaşımında kullanım sıklığını gösterir değeri nümerik olarak hesaplanmıştır. Bu skorların ayrı ayrı hesaplanmış olması, ağırlıklandırma çalışmalarında farklı senaryoların uygulanabilmesini mümkün kılmıştır.

İkinci adım olan stratejik önemi olan yolların belirlenebilmesi aşamasında; "Önemli Yollara Bağlanan Yollar" tespit edilmiştir. Devlet ve il yolları ile turizm yollarına bağlanan yollar yakınlık analizleri ile tespit edilmiş, bu yolların özniteliklerine bağlandığı yol türü kodlanmıştır.

Yolların hizmet verdikleri nüfusun belirlenmesi, Ordu gibi demografik yapının dağınık ve yaz kış nüfusu arasındaki farkın dramatik olduğu coğrafyalarda son derece zorlayıcı bir süreç olmaktadır. Yapılacak yatırımlarının sosyal etkisini maksimize etmek için son derece önemli göstergelerden olan Nüfus ve hane yoğunluğunu belirlemek için; kümelenme analizleri, nüfus yoğunluk haritalarının yanı sıra hane yoğunluk haritaları ve haneler için kümelenme analizleri de hazırlanmış yine veri setine ayrı ayrı öznitelikler olarak eklenmiştir.

Yol yapımı ve bakım maliyetleri için son derece önemli olan topoğrafik faktörlerin ulaşım veri setine eklenmesi için eğim, baki, taşkın ve sel analizleri yapılmıştır. Bu analizlerden elde edilen verilere ek olarak yolların geçtiği dere sayısı, yol parçasındaki köprü sayısı gibi hidrografik bilgiler de ulaşım veri setine eklenmiştir. Bu analizlerle, yol projelerinin

* Abdullah ÖZDEMİR: Tel: (0452) 777 14 52 -11227 Faks: (0452) 2332547

E-posta: abduallah.ozdemir@ordu.bel.tr (Abdullah Özdemir), arzu.ozdemir@ordu.bel.tr (Arzu Özdemir)

sürdürülebilirliği, bakım – onarım ihtiyacının mevsimsel ve kümülatif olarak belirlenmesi ve verilen hizmetin uzun ömürlü olması açısından kritik öneme sahip olan göstergeler veri setine eklenmiş, alternatif yatırım senaryolarının oluşturulmasında sıklıkla kullanılmıştır.

Yol envanterinden elde edilen yol kaplama cinslerine ait bilgilerin de ulaşım veri setine eklenmesi ile birlikte veri setindeki öznitelikler tamamlanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda; yolların çeşitli kriterlere göre önceliklendirilmesini, farklı yaklaşım ve ihtiyaçlara göre farklı senaryoların oluşturulmasını olanaklı hale getiren öznitelikler her bir yol parçası için elde edilmiştir.

Çalışmanın bulguları, yol önceliklendirme sürecinde mekânsal verilerin, özellikle nüfus yoğunluğu, hane dağılımı ve topoğrafik unsurlar gibi kritik değişkenlerle nasıl entegre edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu yaklaşım, yerel yönetimlerin yatırım önceliklerini daha doğru ve etkili bir şekilde belirleyebilmesi için güçlü bir temel sunmaktadır. CBS ile gerçekleştirilen analizler, bölgedeki yol yatırımlarının sosyal faydasını maksimize etmekte ve aynı zamanda inşaat ve bakım maliyetlerinin optimize edilmesini sağlamaktadır. Böylece, yalnızca bir yolun maliyetine veya fiziki yapısına odaklanılmamakta; aynı zamanda bu yolun sosyal etkileri, hizmet verdiği nüfus ve bu nüfusun mekânsal dağılımı da dikkate alınarak daha kapsamlı bir yatırım planlaması yapılmaktadır.

Çalışmanın teorik ve metodolojik katkıları, benzer özelliklere sahip diğer bölgelerde de uygulanabilir niteliktedir. Bu metodoloji, farklı coğrafi ve demografik bağlamlarda test edilerek genelleştirilebilir ve geliştirilebilir. Ancak çalışmanın sınırlılıkları da dikkate alınmalıdır. Özellikle verilerin güncelliği ve doğruluğu, elde edilen sonuçların kalitesini doğrudan etkilemektedir. Yol kaplamalarının niteliği gibi hızlı değişebilen parametreler, verilerin düzenli olarak güncellenmesini gerektirmektedir. Ayrıca, iklim değişikliği ve buna bağlı afet riskleri gibi dinamik faktörler de sürekli olarak izlenmeli ve modele entegre edilmelidir. Bu nedenle, veri güncelleme süreçlerinin iyileştirilmesi, CBS tabanlı analizlerin güvenilirliğini artırmak adına kritik bir adımdır.

Gelecek çalışmalar için, makine öğrenmesi ve yapay zeka tekniklerinin CBS ile entegre edilmesi önemli bir fırsat sunmaktadır. Bu teknolojilerin entegrasyonu, yol öncelik puanlarının hesaplanmasında daha öngörülebilir ve dinamik bir model sunarak, yatırımların daha doğru bir şekilde yönlendirilmesine katkı sağlayacaktır. Özellikle büyük veri kaynaklarının kullanımı ve uydu görüntüleri, drone teknolojileri gibi yeni nesil veri toplama yöntemleri, analizlerin doğruluğunu ve detay seviyesini artıracak potansiyele sahiptir.

Sonuç olarak, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojilerinin sunduğu olanakların, sınırlı kamu kaynaklarının en etkin şekilde yönetilmesine olanak tanıdığı, karar alma süreçlerinde de nesnellik ve veriye dayalı yaklaşımları ön plana çıkardığı, yatırım kararlarının vatandaşlara açıklanmasında ve kamuoyunu ikna etmede önemli faydalar sağladığı çalışmamızla güçlü bir şekilde ortaya konulmuştur. İşi doğru yapmak kadar doğru işi yapmanın da önemli olduğu bilinciyle geliştirilen metodolojinin sadece Ordu ili için değil, benzer coğrafi ve demografik koşullara sahip bölgelerde de uygulanabilir ve ölçeklenebilir olmasının çalışmamızın en önemli çıktısı olduğu değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler:

CBS Uygulamaları, Değer Haritası, Mekânsal İstatistik, Mekânsal Planlama, Özgür ve Açık Kaynak Kodlu Yazılımlar, Yatırım

Arkeoloji Tezlerinde CBS Uygulamaları: Eğirdir Gölü Çevresi Üzerine Bir Vaka Çalışması

İlkay Atav

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Geniştirilmiş Özet

Bu bildiride, arkeolojik saha verilerinin anlaşılması, açıklanması, analiz edilmesi ve sunulmasında coğrafi bilgi sistemlerinin (CBS) nasıl uygulandığına dair bilgiler sunulacaktır. Çalışmanın amacı, arkeolojik araştırmalarda CBS teknolojilerinin kullanımını artırmak; kültürel mirasın korunması, alan yönetimi ve geçmişteki yerleşimlerin farklı bir bakış açısıyla anlaşılması ve yorumlanmasını sağlamaktır.

Bildiride vaka çalışması olarak nitelendirilen “Antik Çağ’da Kuzey Pisidia’nın Sosyo-Ekonomik Yapısının Mekânsal Analiz Verileriyle Değerlendirilmesi” adlı doktora tez çalışmasının CBS ve uzaktan algılama yöntemlerini neden ve nasıl uygulandığı konusuna yer verilmiştir. Tez çalışmasının coğrafi kapsamı mikro bölge ölçeğinde incelenmiştir. Mikro bölge olarak tanımlanan Eğirdir Gölü (Isparta) çevresinin arkeolojik ve kültürel mekânsal analizlerine odaklanılmıştır. Bu alan Antik Dönem’den Orta Çağ’a kadar uzanan zengin bir yerleşim geçmişine sahip olup, kültürel ve mekânsal analizler için uygun bir çalışma alanı oluşturmaktadır. Mikro bölgede yer alan Parlais (Barla Kasabası), Prostanna (Akınar Köyü), Malos (Sarıdris), Timbriada (Aksu) gibi antik kent ve yerleşim alanlarına ait veriler tezin danışmanlığını yürüten Prof. Dr. Fikret Özcan’ın “Kuzey Pisidia Yüzey Araştırmaları” (KPYA) 2014- 2022 yılları arasında gerçekleştirmiş olduğu yüzey araştırmalarından elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan materyaller arasında saha araştırmaları, arkeolojik kayıtlar, topografik haritalar ve polen analizlerinden elde edilen paleo çevre verileri yer almaktadır. Saha çalışmaları GPS cihazları ve dronlarla desteklenmiş; özellikle antik yapılar, tarım alanları ve sulama yapılarının konumları bu verilerle doğrulanmıştır. Çalışmada CBS tabanlı analizlerin kullanımının ağırlık oranları, elde edilen veriler dijital ortamda aktarılmış ve mekânsal analizlere tabi tutulmuştur. Bu alanın seçilmesinde KPYA projesi verilerine sahip olunmasının yanı sıra bölgenin yerleşimcilere sunduğu çevresel (göl havzası, su kaynakları, yüksek dağlık, engebeli arazi vb.) koşulların incelenmesi açısından, mikro ölçekte bir vaka çalışmasına uygun görülmüş olmasıdır. Böylelikle Antik Çağ’da sulak/ gölsel alanların mekânsal kullanımına yöneltilecek temel soru ve etkenler tartışmaya açılmak istenmiştir (Atav, 2024). Bu bağlamda yarı göçebe topluluklardan yerleşik topluluklara değin su kenarlarının yerleşimcilere sağladığı olanakları CBS yöntemleri ile ortaya konulabileceği bir araştırma sorusu üzerinde durulmuştur. Çevresel faktörlerin bölgenin yerleşim alanlarının seçimi ve ekonomik faaliyetlerde nasıl bir rol oynadığı anlaşılmaya çalışılmıştır.

Bildiride, arkeoloji alanında 1960’lı yıllarda kullanılmaya başlanan CBS’nin, günümüzde arkeolojik çalışmalarda sıklıkla başvurulmuş mekânsal verilerin toplanma ve işlenmesinde verimli bir çalışma sistemi (Kalaycı, 2018, s. 93) olmasına rağmen ülkemizde tez çalışmalarında yöntemlerin uygulanıp uygulanmadığına ilişkin konular tartışmaya açılacaktır. Arkeolojide CBS yöntemlerinin uygulanmasına yönelik çok sayıda literatür bulunmaktadır. (Bunlardan başlıcaları Renfrew, 1973; 1976; Lock ve Stancic, 1995; Lock- Harris, 1996; Maschner, 1996; Saile, 1997; Bintliff, 1999; Gillings- Mattingly, 2000; Wheatley ve Gillings, 2002; Barrington Atlas, 2002; Dytchowskyj, vd., 2005; Conolly ve Lake, 2006; Robertson, vd., 2006; Kalaycı, 2006; DAMRC, 2008; Vaughn ve Crawford, 2009; Bintliff, 2010; Hanson, 2011; Batty, 2013; Weissová, 2017; Kalaycı, 2018: 93- 107; Nakoinz, 2018; Wu, vd., 2019; Gillings, vd., 2020; Pouncett 2020; Maddison, 2020; Brughmans- Peebles, 2020; Er, 2023). Türkçe literatür ise parmakla sayılacak kadar azdır (Çakırlar, Çilingiroğlu ve Ünlüsoy; Renfrew, 2018’de Türkçe’ye çevrilmiştir). CBS, Peyzaj arkeolojisi alanının öncelediği yöntemlerin başında gelir. Peyzaj arkeologlarına göre CBS araçları, arkeolojik alanların ve özelliklerin peyzajdaki dağılımına ilişkin örüntüleri ortaya çıkaran haritalar ve modeller oluşturmada büyük önem taşımaktadır. Mekânsal kaydı olan her türlü arkeolojik veri (yüzey araştırması sonuçları, kazı alanları, jeofizik, uydu fotoğrafları vb.) CBS yardımıyla birbirleri ile ilişkilendirilerek kullanılabilir. Bu örüntülerin oluşumunu ve dağılımını etkilemiş olabilecek çevresel ve topoğrafik faktörleri belirlemek için kullanılmaktadır. Eldeki bilgilerin online veri bankası paylaşımları yapan bazı kurum ve kuruluşların verileri ile birlikte CBS içerisinde değerlendirilme olanağı bulunmaktadır (Van Leusen, 2002, s. 3).

Tez çalışmasında, mikro bölgenin tarihi, mekânsal kullanımı ve ekonomik yapısını anlamak amacıyla farklı disiplinlerin yöntemlerinin bir araya getirilmesi olarak tanımlayan çok katmanlı bir araştırma modeli kullanılmıştır. Bu araştırma modeli, CBS ve uzaktan algılama tekniklerinin kullanımını incelemektedir. Arkeolojik, nümismatik ve epigrafik saklama yanı sıra seyyahlar ve araştırmacıların elde edilen bölge sanayi öncesi nitel bilgileriyle zenginleştirilmiştir. Bu tekniklerin sunduğu araçlar sayesinde arkeolojik kalıntıların dağılımı, ekonomik örüntüleri ve yerleşim modelleri topoğrafik unsurlar ile incelenmiştir. Toplanan heterojen verilerin birbirleri ile entegrasyonunu sağlamak için coğrafi veri tabanında düzenlemeler sağlayan CBS araçları kullanılmıştır. Araştırma sahası olan mikro bölgedeki akropolis, nekropolis, kırsal alan, kutsal alan, kale ve gözetleme alanları gibi arkeolojik alanların sınıflandırılması yapılmıştır.

* Sorumlu Yazar:

E-posta: atav.ilkay@gmail.com

Ayrıca bu alanların birbirleri ile mekânsal ilişkilerini gösteren tematik haritalar oluşturulmuştur. Haritalarda, arkeolojik verilerin farklı yönlerini göstermek amacıyla topoğrafik ve jeomorfolojik (yükselti, eğim, bakı, hidroloji, jeoloji vb.) altlık haritaları ile kullanılmıştır. CBS araçları ile havza (territorium), mesafe, ağ, görünürlük analizleri, en uygun maliyetli yol analizleri, ve benzeri tahmin analizleri uygulanmıştır. Territorium analizleri (Thiessen Analizi ve Voronoi Poligonları) arkeoloji alanında henüz tartışmaya müsait bir konu olmakla birlikte uygulama açısından ve yorumlamadaki yöntemlerin geliştirilmesine öneriler ile birlikte sunulmuştur. Eğim analizleri ile tarıma elverişli alanlar tespit edilmiş, antik tarım peyzajına ilişkin tahminlerde bulunulmuştur. Savunma alanlarına yönelik yapılan görünürlük (Viewshed, vb.) analizleri alandaki arkeolojik araştırmalarda tespit edilen çok sayıda kale ve kulelerin varlığının nedenlerini, yer seçme stratejilerini ve bu savunma alanlarının yerleşimlerle olan ilişkilerinin araştırılmasına olanak sağlamıştır. Çalışmada detaylı olarak uygulanan en uygun maliyetli yol analizleri ve benzeri mesafe analizleri yerleşim alanlarının birbirleri ile olan ilişkileri anlamlandırmada kullanılmıştır. Ayrıca bu analizler geçmiş dönemlerde kullanılan olası yol güzergahlarının tespitinde işe yarar sonuçlar sunmuştur.

Sonuç olarak çok katmanlı değerlendirme sistemi farklı disiplinlerden gelen heterojen veriler ile çevresel analizlerden elde edilen bulgularla bütüncül olarak açıklanmış ve yorumlanmıştır (Atav, 2024). Çalışmada önerilen yöntem ve bulgular, arkeolojik sahaların yönetimi, korunması ve sürdürülebilir bir şekilde değerlendirilmesi açısından önemli katkılar sağlayacaktır. Eğirdir Gölü'ndeki arkeolojik yerleşimlerin CBS teknolojileri ile incelenmesi, yerleşim tarihi ve ekonomik örüntüleri açıklamada büyük rol oynamıştır. Böylelikle ileride arkeoloji alanında yapılması planlanan benzer çalışmalar için model oluşturmuştur. Tez çalışmasında CBS'nin arkeolojik verilerinin bir parçası halinde ortaya çıkmasında yaygın olarak rol oynayabileceği düşünülerek, yalnızca elde edilen bulgular ve sonuçlar değil, yöntemler detayları ile birlikte verilmiştir. Çalışmada CBS uygulamaları sayesinde sadece mevcut veriler değil, aynı zamanda bu kaydedilen kültürel mirasların korunmasında nasıl bir değer sunulmuştur. CBS'nin arkeolojiye katkıları, tarihsel yerleşimlerin korunması, sahanın daha verimli kullanımı ve saklanan dijital verilerin sistematik bir şekilde analiz edilme açısından dikkate alınmayan değerler oluşturmuştur. Eğirdir Gölü çevresi özelinde ise, CBS ile yapılan mekânsal analizlerin arkeolojisi ve kültürel miras yönetimine nasıl entegre edilebileceğine dair önemli bir vaka çalışması olarak sunulmaktadır. Arkeolojik alanlarda uygulanabilecek CBS analizlerinin toplum ve karar vericilerle bilgi paylaşımını kolaylaştırdığı, görsel sunumlar ve haritalarla desteklenmesinin mekanların günümüz planlamasına etkili olabileceği ön görülmüştür. Bildiride tez sonucunda elde edilen haritalar, uygulanan analizler ve yorumlar tartışmaya açılacaktır. Böylelikle sonuçların tartışılabilir olarak ortaya konması ve kültürel miras alan yönetiminde alınabilecek önlem ve önerilerin sunulmasını sağlayacaktır. Araştırmanın sonucunda yöntemsel olarak tercih edilen mekânsal analizler yolu ile kurgulanan araştırma modelinin uygulanabilir olduğu görülmüştür. Çalışma bilimsel ve pratik anlamda bir vaka çalışması örneği olarak, gelecekte benzer çalışmalar için bazı metodların geliştirilmesini teşvik etmekte ve CBS'nin ve analiz yöntemlerinin arkeoloji alanında yaygınlaşması konusunda da örnek teşkil etmektedir.

Anahtar

Kelimeler

Arkeolojide Coğrafi Bilgi Sistemleri, Arkeolojik Veri, Alan Havza Analizleri, Territorium Analizi, Thiessen Analizi, Voronoi Diyagramı, En Uygun Maliyetli Yol Analizi, Eğirdir

İlan ve Reklam Vergilerinin Doğrulanmasında CBS Temelli, Düşük Maliyetli Bir Çözüm Önerisi

Abdullah ÖZDEMİR^{1*}, Arzu ÖZDEMİR²

¹CBS Uzmanı (Seviye 6), Çevre Yüksek Mühendisi, Ordu Büyükşehir Belediyesi CBS ve Akıllı Şehirler Şube Müdürlüğü 52100,Altınordu, Ordu.

²Harita Mühendisi, Ordu Büyükşehir Belediyesi Harita ve Kamulaştırma Şube Müdürlüğü 52100,Altınordu, Ordu.

Genişletilmiş Özet

İlan ve reklam vergisi, belediyelerin en önemli gelir kaynaklarından biridir ve bu gelirler, kentsel hizmetlerin finansmanında kritik bir rol oynar. Ancak mevcut beyan sistemi, verilerin doğruluğu ve güncelliği konusunda ciddi soru işaretleri barındırmaktadır.

Bu çalışma, belediyelerin önemli gelir kaynaklarından biri olan ilan ve reklam vergisinin toplanmasında yaşanan sorunları ele almakta ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile veri madenciliği tekniklerini kullanarak bu sorunlara çözüm önerisi sunmaktadır. Mevcut beyan sisteminin yetersizlikleri nedeniyle yaşanan gelir kayıplarını minimize etmek amacıyla geliştirilen bu yöntem; veri toplama ve entegrasyonu, çapraz kontrol ve analiz, saha çalışması ve geri bildirim mekanizması olmak üzere dört temel adımdan oluşmaktadır. Çalışmada, ücretsiz yazılımlar ve açık veri kaynakları kullanılarak, düşük bütçeli belediyeler için uygun maliyetli ve uygulanabilir bir çözüm sunulmuştur.

Beyan sisteminden kaynaklanan gelir kayıpları, belediyeleri alternatif yöntemler aramaya itmiştir. Bu kapsamda yapılan pek çok çalışmada; yerel vergilerin toplanmasında etkinliği artırmak için çapraz kontrol mekanizmaları ile veri paylaşımı ve entegre bilgi sistemlerinin hayati öneme sahip olduğu ifade edilmiştir.

Çalışma, veri toplama ve entegrasyonu, çapraz kontrol ve analiz, saha çalışması ile geri bildirim mekanizmasından oluşan dört aşamalı bir yöntem sunmaktadır. Amaç, ilan ve reklam vergisi potansiyelini tam olarak kullanamayan belediyeler için basit, kullanışlı, pratik ve uygulanabilir bir çözüm geliştirmektir. Çalışmanın tamamında ücretsiz yazılımlar ve ücretsiz olarak temin edilebilecek veriler kullanarak, sınırlı bütçeye sahip yerel yönetimler için uygun maliyetli çözümlerin mümkün olduğu gösterilmiştir.

Çalışmada, belediyedeki beyan bilgilerinin yer aldığı Excel formatındaki tablolar, Nüfus ve Vatandaşlık İşleri (NVI) Genel Müdürlüğü'nden temin edilen Mekânsal Adres Kayıt Sistemi (MAKS) veri seti, Mapillary platformu, Google Earth Pro, PostgreSQL, QGIS ve QField ücretsiz programlar kullanılmıştır. Konumsal analiz ve raporlama işlemlerinde açık kaynak kodlu güçlü bir CBS yazılımı olan QGIS, saha çalışmalarında ise QGIS'in mobil uzantısı olan QField uygulaması kullanılmıştır.

İlimize ait adres bileşenleri ile yapı belgesi verileri, NVİ Genel Müdürlüğü uhdesindeki MAKS veri setinden, ücretsiz olarak temin edilmiştir. Kontrol ve doğrulama çalışmalarında kullanılmak üzere yine ücretsiz bir yazılım olan PostgreSQL veri tabanına aktarılmıştır.

Doğrulama çalışmalarına, mükelleflerin belediyemize verdiği beyanlarda bulunan, mükellef sicil no, tabela sayısı, boyutu, adresi gibi bilgileri içeren dijital bir veri seti oluşturularak başlanmış, bu kayıtlar, veri setinde yer alan adres bilgileri üzerinden konumla ilişkilendirilmiştir. Konumla ilişkilendirilen mükelleflere ilişkin veriler yine konum üzerinden Nüfus Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilen MAKS verileri ile eşleştirilmiştir. Yapılan bir dizi eşleştirme ve konumsal analiz sonucunda; belediyemize verilen beyanlara göre iş yeri sayıları, cadde sokak düzeyinde hesaplanmıştır. MAKS veri setinde yer alan “Ofis İşyeri” ve “Zemin Kat Kullanım Durumu” verileri kullanılarak yine cadde sokak düzeyinde, işyeri sayıları ile ayrıca zemin kattaki işyeri sayıları hesaplanmıştır.

Mapillary Platformuna belediyemiz tarafından yüklenen 360 derece panoramik cadde ve sokak görüntülerinden ilan reklam tabelalarının konumları geojson formatında indirilmiş, mükerrer kayıtlar silinmiş, yapılan konumsal analizlerle, MAKS veri setindeki cadde sokaklar ile ilişkilendirilmiştir. Mapillary platformundan elde edilen tabela sayıları da cadde sokak düzeyinde hesaplanmıştır.

İlimizdeki ticari işletmelere ilişkin veriler Google Earth Pro uygulaması kullanılarak tespit edilmiş, kml formatında indirilmiş, QGIS ile gerekli düzenlemeler yapılmış ve cadde sokak ile konumsal ilişkisi kurulmuştur. Bu şekilde elde edilen ticari işletme sayıları da cadde sokak düzeyinde raporlanmıştır.

Tüm bu çalışmaların sonucunda ilimizdeki işyeri sayıları, Beyana, MAKS'tan, Mapillary Platformundan ve Google Earth Programından elde edilen verilere göre, cadde- sokak düzeyinde elde edilmiştir.

Dört farklı kaynaktan elde edilen işletme ve/veya tabela sayısı verileri tek tabloda birleştirilerek, çapraz karşılaştırmalar yapılmıştır. Yapılan fark analizleri sonucunda, beyanda yer alan tabela sayısının, çapraz kontrole tabi tutulan verilere oranla, en düşük olduğu cadde sokaklar tespit edilmiş, en büyük farktan en düşük farka göre sıralanmıştır. Farkın büyük olduğu cadde sokaklardan başlanarak, tüm cadde sokaklar, ofis ortamında, Mapillary platformunda yer alan panoramik cadde sokak görüntüleri üzerinden incelenerek tabela sayıları kontrol edilmiştir.

Saha çalışmasını planlamak üzere, cadde ve sokaklar, farkın büyüklüğüne göre sıralanmıştır. Sıralama işlemi hem mutlak fark hem de yüzdesel fark üzerinden ayrı ayrı yapılmış, bu iki sıralama birlikte değerlendirilerek, nihai bir öncelik listesi oluşturulmuştur.

* Abdullah ÖZDEMİR: Tel: (0452) 777 14 52 -11227 Faks: (0452) 2332547

E-posta: abduallah.ozdemir@ordu.bel.tr (Abdullah Özdemir), arzu.ozdemir@ordu.bel.tr (Arzu Özdemir)

Saha çalışmaları için ücretsiz mobil bir uygulama olan Qfield için bir proje hazırlanmış, sahada kullanacak ekibe kısa bir eğitim verilerek, uygulamayı test etmek üzere birlikte sahaya çıkılmıştır. Yapılan planlama ve mobil uygulama kullanımı sayesinde saha çalışmasının sistematik ve verimli bir şekilde yapılması ayrıca verilerin doğru ve güvenilir toplanması da mümkün olmuştur.

Önerilen yöntemin bir diğer önemli bileşeni, geri bildirim mekanizmasıdır. Vatandaşların, web tabanlı bir CBS platformu olan FELT üzerinden yeni tabela yerlerini işaretleyebilmesi ve mevcut verilerdeki hataları bildirebilmesi, veri kalitesinin sürekli olarak iyileştirilmesine katkı sağlamıştır. Bu sayede, toplumsal katılım teşvik edilmiş ve yerel yönetimlerin vergi toplama süreçleri şeffaf hale getirilmiştir.

Sistemin sürdürülebilirliği ve veri kalitesinin sürekli iyileştirilmesi amacıyla; mükelleflerin harita üzerinden yeni tabela yerlerini işaretleyebileceği ve/veya mevcut bilgilerdeki hataları bildirebileceği interaktif web tabanlı coğrafi bir "geri bildirim mekanizması" da kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Elde edilen bulgular, önerilen yöntemin; beyan edilmemiş tabelaların tespitini kolaylaştırdığı, saha çalışmalarının verimliliğini artırdığı, veri kalitesini iyileştirdiği, vergi geliri kaybını azalttığını ortaya koymuştur. Ayrıca, bu yöntemin sadece Ordu Büyükşehir Belediyesi için değil, benzer sorunları yaşayan diğer belediyeler için de uygulanabilir olduğu ortaya konulmuştur. Gelecek çalışmalar için yapay zekâ ve makine öğrenmesi gibi ileri analiz tekniklerinin CBS ile entegre edilerek veri analizlerinin daha da güçlendirilmesi önerilmektedir.

İlan ve reklam vergisi toplama sürecinin iyileştirilmesi için yasal ve idari düzenlemelerin gözden geçirilmesi, veri paylaşımı ve entegrasyonunun teşvik edilmesi gerekmektedir. Ayrıca, belediyelerin teknik kapasitelerinin artırılması ve personelin sürekli eğitimi de ayrıca önem taşımaktadır.

Bu çalışma, CBS ve veri madenciliği tekniklerinin, ilan ve reklam vergisi beyanlarının doğrulanmasında ve vergi kayıplarının minimize edilmesinde etkin bir araç olduğunu, önerilen yöntemin; düşük maliyetli ve uygulanabilir bir çözüm sunduğunu, belediyelerin mali kapasitelerini artırma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Yöntemin avantajları arasında, ücretsiz yazılımlar ve açık veri kaynakları kullanılması, saha çalışmalarının etkin bir şekilde planlanması ve vatandaş katılımının sağlanması bulunmaktadır. Sınırlılıkları ise verilerin güncelliği, teknik altyapı gereksinimleri ve personel eğitimi ihtiyacı olarak sıralanabilir.

Sonuç olarak, bu çalışma, belediyelerin ilan ve reklam vergisi toplama süreçlerinde karşılaştıkları sorunlara yenilikçi ve pratik bir çözüm sunmaktadır. Önerilen CBS ve veri madenciliği tabanlı yöntem, vergi gelirlerinde somut artışlar sağlarken, veri doğruluğunu ve operasyonel verimliliği artırmıştır, üstelik bunlar yapılırken yazılım ve donanım için ek maliyetlere ihtiyaç duyulmamıştır. Vatandaş katılımının teşvik edilmesi ve teknolojik araçların etkin kullanımıyla, daha şeffaf ve hesap verebilir bir belediye yönetiminin mümkün olduğu da görülmüştür.

Teknolojik yenilikleri ve modern yöntemleri kamu yönetimine entegre etmek, toplumsal refahı artırmak için büyük fırsatlar sunmaktadır. Bu yaklaşımla, diğer belediyelerin de benzer adımlar atarak ülke genelinde uygulamaya geçmesi, hem yerel yönetimlerin mali sürdürülebilirliğini güçlendirecek hem de kentsel hizmetlerin kalitesini önemli ölçüde artıracaktır. Bu dönüşüm, şehirlerde yaşayan herkesin yaşamını iyileştirmek için güçlü bir potansiyel taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler

Bilgisayar Görüsü, MAKS, Mapillary, Mekânsal Veri Elde Etme Yöntemleri, Özgür ve Açık Kaynak Kodlu Yazılımlar, Qfield, Veri Madenciliği (Data Mining)

Açık Veriyle Geleceği Şekillendirmek: Şeffaf Ve Katılımcı Yerel Yönetimler İçin Ulasav'ın Gücü Ve Kaçırılan Fırsatlar

Abdullah ÖZDEMİR¹ *, Arzu ÖZDEMİR²,

¹ CBS Uzmanı (Seviye 6), Çevre Yüksek Mühendisi, Ordu Büyükşehir Belediyesi CBS ve Akıllı Şehirler Şube Müdürlüğü 52100,Altınordu, Ordu.

²Harita Mühendisi, Ordu Büyükşehir Belediyesi Harita ve Kamulaştırma Şube Müdürlüğü 52100,Altınordu, Ordu.

Genişletilmiş Özet

Günümüz şehirleri, sadece fiziksel yapılar ve altyapılarla sınırlı kalmayan, verinin ve teknolojinin yön verdiği dinamik ekosistemler haline gelmiştir. Dijitalleşme çağında, şehirler giderek karmaşılaşan sosyal, ekonomik ve çevresel sorunlarla karşı karşıya kalmakta ve bu sorunların üstesinden gelebilmek için daha sürdürülebilir, verimli ve vatandaş odaklı yönetim modellerine ihtiyaç duymaktadır. Akıllı şehirler, şehir yönetim süreçlerini yeniden şekillendirerek, veri temelli karar alma mekanizmalarını ve teknolojik çözümleri ön plana çıkaran bir yaklaşımı benimsemektedir. Bu süreçte, akıllı şehir ekosistemlerinin merkezinde yer alan açık veri, inovasyonu teşvik ederken şehir yönetiminde şeffaflık, hesap verebilirlik ve vatandaş katılımını artıran kritik bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

Açık veri, modern şehirlerin sürdürülebilir yönetimi için vazgeçilmez bir unsur haline gelirken, ULASAV (Ulusal Akıllı Şehir Açık Veri Platformu), Türkiye'deki yerel yönetimlere bu veriyi ücretsiz ve etkin bir şekilde sunma ve/veya kullanma fırsatı sunmaktadır. Platform, veri paylaşımını kolaylaştırarak şeffaflık, hesap verebilirlik ve vatandaş katılımını artırırken, aynı zamanda yenilikçi çözümler geliştirme konusunda güçlü bir zemin hazırlamaktadır. Buna rağmen, pek çok belediye, ULASAV'ın sağladığı bu fırsatları yeterince değerlendirememekte, böylece veriye dayalı yönetimin sunduğu stratejik avantajları ıskalamaktadır. Bu durum, belediyelerin hem hizmet kalitesini artırma hem de vatandaşlarla daha etkili iletişim kurma potansiyelini sınırlandıran önemli bir kayıp olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu makalede akıllı şehir bağlamında açık verinin ve onun paylaşımının önemi ile ULASAV'ın sunduğu olanaklar ve ıskalanan fırsatlar ele alınmıştır.

Açık veri, telif hakkı, patent ya da diğer yasal kısıtlamalar olmaksızın herkesin erişebileceği ve kullanabileceği veriler olarak tanımlanır. Bu veriler hem yönetim süreçlerini şeffaflaştırmakta hem de toplumsal katılımı artırarak farklı paydaşların çözüm üretmesini mümkün kılmaktadır. Şehirlerin yaşam kalitesini artırma, enerji tasarrufu sağlama veya trafiği verimli yönetme gibi hedefler, doğru verilere dayandığında daha hızlı ve etkili bir şekilde gerçekleştirilebilir. Bu bağlamda, açık veri platformları, yerel yönetimlerin verileri yeniden kullanmalarını sağlayarak çok paydaşlı iş birliklerine zemin hazırlar ve yerel yönetimlerin geleceğe yönelik planlamalar yapmasına olanak tanır.

Bilimsel açıdan bakıldığında, açık veri platformları, verilerin yeniden kullanılabilirliğini ve paylaşılabilirliğini artırarak, çok paydaşlı iş birliklerine olanak tanır. Verilerin serbestçe paylaşılması, yerel yönetimlerin geleceğe yönelik planlamalarını veri temelli modellemelerle desteklerken, inovatif çözümlerin geliştirilmesine de katkı sağlar. Bu bağlamda, açık veri sadece şehir yönetimi için değil, araştırmacılar, teknoloji geliştiriciler ve girişimciler için de büyük bir fırsat yaratmaktadır. Şehirlerde toplumsal katılımı artırırken, aynı zamanda yenilikçi çözümler üretme sürecini hızlandırır.

Türkiye'deki en önemli açık veri platformlarından biri olan ULASAV (Ulusal Akıllı Şehir Açık Veri Platformu), şehirlerin veriye dayalı yönetim uygulamalarını destekleyen ve bu süreçte kritik bir rol oynayan bir yapıdır. ULASAV, yerel yönetimlere topladıkları verileri organize etme, analiz etme ve bu verileri toplumla paylaşma konusunda önemli bir platform sunar. Bu platformun sunduğu olanaklar, yerel yönetimlerin daha yenilikçi, şeffaf ve sürdürülebilir yönetim anlayışlarını benimsemelerine katkı sağlar.

ULASAV'ın sunduğu açık veri, yalnızca yerel yönetimlerin değil, girişimcilerin, araştırmacıların ve diğer paydaşların da yararlanabileceği bir kaynak sunar. Bu veriler, teknoloji girişimcileri tarafından yeni çözümler geliştirilmesine imkân tanırken, aynı zamanda yerel yönetimlerin daha bilinçli ve yenilikçi kararlar almasına yardımcı olur. ULASAV'ın sunduğu fırsatlar, yalnızca verilerin depolanması ve paylaşılmasıyla sınırlı kalmaz; aynı zamanda bu verilerin vatandaşlarla paylaşılması yoluyla inovasyonun teşvik edilmesini sağlar.

ULASAV, yerel yönetimlerin dijital dönüşüm süreçlerine rehberlik eden bir platform olarak, veriye dayalı karar alma süreçlerini daha bilimsel ve sistematik bir zemine oturtur. Bu sayede, afet yönetimi, kentsel dönüşüm, enerji yönetimi gibi kritik alanlarda veri analizleri ve bu analizlere dayalı planlamalar yapılabilir. Şehirlerin daha dayanıklı ve sürdürülebilir hale gelmesine katkıda bulunan bu yaklaşımla, ULASAV yerel yönetimlerin dijitalleşme sürecinde önemli bir stratejik ortak haline gelmiştir.

Açık veri, verinin demokratikleşmesi anlamına gelir; bu, verinin sadece belli bir kesimin değil, tüm toplumun faydasına sunulması anlamını taşır. Yerel yönetimlerin açık veri kullanımı, vatandaşlarla daha yakın bir ilişki kurmalarına olanak tanır ve şehir yönetimine katılımı artırır. Vatandaşlar, yerel yönetimlerin sunduğu veri setlerine

* Abdullah ÖZDEMİR: Tel: (0452) 777 14 52 -11227 Faks: (0452) 2332547

E-posta: abduallah.ozdemir@ordu.bel.tr (Abdullah Özdemir), arzu.ozdemir@ordu.bel.tr (Arzu Özdemir)

erişerek, şehirdeki sorunları daha iyi analiz edebilir ve çözüm önerileri geliştirebilir. Bu, şehir yönetiminde katılımcılığı teşvik eden önemli bir süreçtir. Aynı zamanda, açık veri, vatandaşların yerel yönetimlerin karar alma süreçlerini daha iyi anlamalarına ve bu süreçlerde söz sahibi olmalarına imkân tanır.

Katılımcılığın giderek önem kazandığı modern şehir yönetimlerinde, vatandaşların aktif bir rol almasını sağlayan bu süreç, şehirlerin daha demokratik ve hesap verebilir hale gelmesine katkı sağlar. Açık veri, yerel yönetimlerin sadece şeffaflık sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda vatandaşların yönetim süreçlerine doğrudan katkıda bulunmasını da mümkün kılar.

Açık veri, şehirlerde inovasyonun temelini oluşturan bir kaynaktır. Teknoloji girişimcileri, araştırmacılar ve geliştiriciler, açık veri setlerinden yararlanarak yeni çözümler geliştirebilirler. Bu çözümler, şehirlerin ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasını hızlandırırken, aynı zamanda yerel ekonomilere de katkı sağlar. Örneğin, bir şehirdeki ulaşım verilerinin açık hale getirilmesi, bu verilere dayalı olarak geliştirilecek uygulamaların hem vatandaşların hayatını kolaylaştırmasına hem de yerel yönetimlerin hizmet kalitesini artırmasına olanak tanır.

ULASAV, yerel yönetimlerin kaynaklarını daha verimli kullanmalarına yardımcı olan veriye dayalı karar alma süreçlerini destekler. Enerji tüketimi, su yönetimi ve atık yönetimi gibi kritik alanlarda yapılan veri analizleri, belediyelerin maliyetleri düşürmesine ve çevresel sürdürülebilirliği artırmasına katkı sağlar. Ayrıca, açık veri sayesinde yerel ekonomilere yeni iş modelleri kazandırılabilir ve bu da şehirlerde girişimciliği teşvik eder.

Açık veri, akıllı şehirlerin yönetiminde temel bir unsur olup, şeffaflık, hesap verebilirlik, katılımcılık, inovasyon ve ekonomik değer yaratma açısından büyük fırsatlar sunmaktadır. Yerel yönetimler, açık veri kullanımıyla şehirlerin karmaşık sosyal, ekonomik ve çevresel sorunlarına daha verimli çözümler üretebilirler. Verinin demokratikleşmesi, yerel yönetimlerin vatandaşlarla daha yakın bir ilişki kurmasına ve onların şehir yönetimine daha aktif katılmalarına olanak tanır. Bu süreç, hem vatandaşların şehirdeki sorunları anlamalarını hem de çözüm geliştirme süreçlerine katkıda bulunmalarını sağlar. Şeffaf yönetim, yerel yönetimlerin güven kazanmasında önemli bir rol oynarken, katılımcı süreçler, yönetim modellerinin daha demokratik hale gelmesine katkı sağlar.

ULASAV, Türkiye'deki yerel yönetimler için açık veri konusunda büyük bir fırsat sunmaktadır. Bu platform, yerel yönetimlerin topladığı verileri organize etmelerine, analiz etmelerine ve bu verileri toplumla paylaşmalarına olanak tanırken, şehirlerin veriye dayalı karar alma süreçlerini de güçlendirmektedir. Bu platform sayesinde yerel yönetimler, sadece bugünün sorunlarına değil, aynı zamanda geleceğin zorluklarına da etkili çözümler üretebilir. Enerji tüketimi, su yönetimi, ulaşım sistemleri ve çevresel izleme gibi alanlarda yapılan veri analizleri, şehirlerin kaynaklarını daha verimli kullanmalarına ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olur. Ayrıca, açık verinin girişimciler ve araştırmacılar tarafından kullanılması, yerel ekonomilere doğrudan katkı sağlarken, inovasyonun gelişmesini de teşvik eder.

Ekonomik açıdan, açık veri yerel yönetimlere yeni iş modelleri yaratma fırsatını sunar ve şehirlerde girişimciliği destekler. Veriye dayalı teknolojik çözümler, şehirlerin ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmasına katkı sağlar. ULASAV, veriye dayalı karar alma süreçleri sayesinde yerel yönetimlerin maliyetleri düşürmesine, hizmet kalitesini artırmasına ve çevresel etkilerini minimize etmesine olanak tanır. Bu platformun sunduğu stratejik avantajlar, yerel yönetimlerin dijital dönüşüm süreçlerinde önemli bir rehber niteliğindedir.

Yerel yönetimlerin ULASAV gibi platformları aktif bir şekilde kullanmaları, şehirlerini daha yaşanabilir, sürdürülebilir ve verimli hale getirmede kritik bir rol oynayacaktır. Açık veri platformlarının sunduğu imkânlar, yerel yönetimlerin sadece veriyi paylaşmalarını değil, aynı zamanda veriyi stratejik bir kaynak olarak görüp, bu veriye dayalı daha akıllı, hesap verebilir ve katılımcı yönetim modellerini benimsemelerini sağlar. ULASAV, şehirlerin geleceğini şekillendirmede güçlü bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır ve bu platformun etkin kullanımı, gelecekteki şehirlerin daha dayanıklı, sürdürülebilir ve yaşanabilir olmasına katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler:

Açık Veri (Open data), Birlikte Çalışabilirlik, Mekânsal İstatistik, Mekânsal Planlama, Mekânsal Veri Altyapıları, ULASAV

Kuraklığın Fourier Analizi ile Frekans Boyutunda Değerlendirilmesi

İrem ÖZOK YAZICI^{1,*}, Derya ÖZTÜRK²

¹T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Aydın Kadastro Müdürlüğü, 09000, Aydın.

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 55139, Samsun.

Genişletilmiş Özet

Kuraklık, yağış ve bağıl nemin azalması, sıcaklığın artması gibi hidroklimatolojik değişkenlerin anormal davranışlarından kaynaklanan bir su kıtlığı olgusudur (West vd., 2019). Kuraklık etkilerinin yavaş bir şekilde ortaya çıkması ve yıllar boyunca devam etmesi, kuraklığın başlangıç ve bitiş zamanlarının tespit edilmesini zorlaştırmaktadır. Bu durum, kuraklığı, ani gelişen ve kısa sürede etkilerini gösteren sel veya deprem gibi diğer doğal afetlerden ayıran temel özelliklerden biridir (Tannehill, 1947). Kuraklık, başlangıçta meteorolojik olarak ortaya çıkmakta ve zamanla tarımsal ve hidrolojik kuraklığa dönüşmektedir. Dolayısıyla kuraklık, uzun vadede çevresel, sosyal ve ekonomik sorunlara neden olmaktadır. Kuraklığın ölçütlerinin belirlenmesi, kuraklık eylem planlarının hazırlanmasında ve sürdürülebilir su kaynakları planlaması açısından kritik bir öneme sahiptir (Aksoy vd., 2018). Süre, şiddet, frekans ve etki alanı, kuraklığın tespitinde kullanılan en önemli ölçütlerdir (Wilhite ve Glantz, 1985). Kuraklık özelliklerinin tek bir klimatolojik veya çevresel değişkenle tam olarak ifade edilemeyeceği dikkate alındığında, tek değişkenli bir kuraklık indeksi, kuraklık olaylarının karmaşık doğasını yeterince yansıtmamaktadır (Mishra ve Sing, 2011). Bu nedenle, farklı değişkenleri bir araya getiren entegre kuraklık indekslerinin kullanımı, daha kapsamlı ve doğru bir değerlendirme sağlaması nedeniyle tercih edilmektedir.

Günümüzde uzaktan algılama, kuraklığın mekânsal ve zamansal olarak analiz edilmesinde önemli olanaklar sağlamaktadır. Meteoroloji gözlem istasyon sayılarının yetersizliği, yeni kurulan istasyonlarda geçmiş yıllara ait verilerin bulunmaması vb. nedenler sadece meteoroloji gözlem istasyonlarına bağlı analizlerin en önemli zayıflıklarıdır. Uzaktan algılama ile geniş alanlara ait güncel ve arşiv veriler çok kısa sürede ve ekonomik olarak elde edilebilmekte, bu sayede büyük coğrafi alanlar üzerindeki kuraklık çalışmaları hızlı ve ekonomik olarak gerçekleştirilebilmektedir (Rhee vd., 2010; Caccamo vd., 2011). Uzaktan algılama tabanlı entegre kuraklık indeksleri, çeşitli klimatolojik ve çevresel parametreleri bir araya getirerek kuraklık izleme sürecinde önemli avantajlar sunmaktadır. Bu indeksler, yağış, yüzey sıcaklığı, bitki örtüsü ve toprak nemi gibi farklı veri türlerini birleştirerek, tek bir değişkenle hesaplanan indekslere kıyasla kuraklığın kapsamlı olarak değerlendirilmesine olanak tanımaktadır (Alahacoon ve Edirisinghe, 2022).

Kuraklık tespitinde genellikle yağış verisinin zamana bağlı değişimi incelenmektedir. Ancak kuraklık tespitinin yapıldığı çalışmaların çoğunda frekans boyutunda inceleme ihmal edilmektedir. Oysaki kuraklık frekansının incelenmesi, zamana dayalı gözlemlerde ve kuraklık gibi dramatik ilerleyen afetlerin erken tespitinde büyük bir önem taşımaktadır. Hidroklimatolojik çalışmalarda yaygın olarak tercih edilen Fourier Analizi, kuraklık indeksi verilerinin farklı mevsim ve zaman dilimlerinde gömülü periyodikliğinin tespit edilmesinde kullanılabilmektedir (Rajagopalan ve Lall, 1998; Moreira vd., 2015). Fourier Dönüşümü olarak da bilinen bu yaklaşım, bir fiziksel süreci hem zaman hem de frekans alanında tanımlamaktadır. Bu yöntemle, bir sürecin frekansa bağlı olarak nasıl değiştiği genlik (büyüklük) kullanılarak ifade edilmektedir. Fourier Analizi ile yüksek frekanslı dalgalanmalar ve döngüsel davranışlar gibi önemli özellikler kolaylıkla belirlenebilmektedir (Portela vd., 2017).

Bu çalışmada, Küçük Menderes Havzası'ndaki kuraklık frekans boyutunda analiz edilmiştir. Zaman serileri frekansının incelenmesinde Fourier Analizi kullanılmıştır. Çalışma alanı olarak Küçük Menderes Havzası'nın seçiminde, su kıtlığının yoğun bir şekilde yaşanması, bölgenin tarım, sanayi ve turizm sektörleri için önem arz etmesi dikkate alınmıştır. Kuraklık meteorolojik, hidrolojik, tarımsal ve sosyo-ekonomik olarak farklı şekillerde ortaya çıkabilmektedir. Tek değişkenli kuraklık indeksleri, bu kuraklık türlerinden birini ele alırken entegre kuraklık indeksleri birden fazla kuraklık türünün incelemeye olanak tanımaktadır. Aynı zamanda entegre kuraklık indeksinin kullanımı ile kuraklık üzerinde doğrudan etkiye sahip değişkenler arasındaki ilişkiler incelenmektedir. Bu çalışmada yağış, sıcaklık ve bitki örtüsü verilerine bağlı olarak bir uzaktan algılama tabanlı entegre kuraklık indeksi kullanılmış ve uzaktan algılama tabanlı entegre kuraklık indeksi zaman serilerine Fourier Analizi uygulanarak, kuraklığın frekans boyutunda değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) haritalarının oluşturulmasında MODIS Bitki Örtüsü İndeksleri verisi (MOD13A3-MODIS Terra Vegetation Indices Monthly L3 Global 1 km) kullanılmıştır. NDVI verileri normalize edilmiş ve Vegetation Condition Index (VCI) haritaları oluşturulmuştur. Land Surface Temperature Index (LST) haritalarının üretiminde ise MODIS Yer Yüzeyi Sıcaklığı koleksiyonu (MOD11A1-MODIS Terra Land Surface Temperature and Emissivity Daily Global 1 km) verileri kullanılmıştır. Bu verilerin normalize edilmesi sonucunda Temperature Condition Index (TCI) haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen bu haritaların mekânsal çözünürlükleri 1 km'dir. Entegre kuraklık indeksinin diğer bir bileşeni olan yağış verileri ise Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station (CHIRPS) veri tabanından ücretsiz olarak indirilmiş olup 5 km mekânsal çözünürlüğe sahiptir. Entegre kuraklık indeksinin oluşturulmasında kullanılan verilerin mekânsal çözünürlüklerinde standardı sağlamak adına, yağış verisinin çözünürlüklerinde iyileştirme (Du vd., 2013; Meng vd., 2016; Ji vd., 2018; Jiao vd., 2019; Liu vd., 2020; Wei vd., 2020)

* Sorumlu Yazar: Tel: (0256) 280 10 00 Faks: (0256) 2801000

E-posta: ozokirem@gmail.com (İrem Özok Yazıcı), dozturk@omu.edu.tr (Derya Öztürk)

yapılmış ve CHIRPS yağış verileri, cokriging enterpolasyon tekniği kullanılarak mekânsal çözünürlükleri 1 km olacak şekilde yeniden düzenlenmiştir. Daha sonra, düzenlenen CHIRPS verileri normalize edilmiş ve Precipitation Condition Index (PCI) haritaları oluşturulmuştur. 2001 ile 2023 yılları arasında aylık olarak düzenlenen VCI, TCI ve PCI haritaları kullanılarak uzaktan algılama tabanlı bir entegre kuraklık indeksi oluşturulmuştur. Oluşturulan bu entegre kuraklık indeksi ile kuraklık şiddetinin mekânsal dağılımı çalışma alanı için detaylı olarak incelenmiştir.

Yağış, sıcaklık ve bitki örtüsü verileri kullanılarak oluşturulan entegre kuraklık indeksinin doğruluk değerlendirmesinde, meteoroloji gözlem istasyonlarından elde edilen yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak hesaplanan Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) kuraklık değerlerinden yararlanılmıştır. Evapotranspirasyon değerinin hesaplanmasında Thornthwaite yöntemi kullanılmıştır. Hesaplamalar R v.4.4.1 yazılım dilinde gerçekleştirilmiş ve meteoroloji gözlem istasyonlarına ait SPEI kuraklık değerleri elde edilmiştir. Entegre kuraklık indeksi sonucu oluşan kuraklık haritasından kuraklık değerleri alınmış ve bu değerler SPEI kuraklık değerleriyle karşılaştırılmıştır. Yapılan korelasyon analizi sonucunda aylık bazlı olarak değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir.

Çalışma alanının, 2001-2023 yılları arasını kapsayan PCI, VCI ve TCI indekslerine ait toplam 828 adet aylık harita üretilmiştir. Bu indekslerin birleştirilmesi sonucunda 276 adet entegre kuraklık indeksi haritası oluşturulmuştur. Entegre kuraklık indeksi haritalarından elde edilen değerler ile zaman serileri oluşturulmuştur. Bu zaman serileri kullanılarak Matlab R2024b yazılımında Fourier Analizi gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, çalışma alanı sınırları içerisindeki kuraklığın baskın frekansları tespit edilmiş ve kuraklığın periyodikliği incelenmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen bulgular Küçük Menderes Havzası'nda görülen kuraklık frekansı ve periyodikliğinin tespitinde Fourier Analizinin kullanılabilirliğini kanıtlamaktadır. Zaman serilerine uygulanan Fourier Analizi, kurak dönemleri belirlemede daha ayrıntılı inceleme olanağı sağlamakta ve uzun dönemli verilerde yüksek ve düşük frekanslı dalgalanmaları ortaya çıkarmaktadır. Kuraklığın tespitinde belirleyici olan bitki örtüsü, sıcaklık ve yağış verilerinin entegre edilmesi ve mekânsal boyutta incelenmesi, kuraklığın tespitinde daha doğru çıkarımlar yapılmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca, yapılan analizler sonucunda elde edilen frekans spektrumu, belirli yıllarda şiddetli kuraklık olaylarının yaşandığını ve bu olayların belirgin bir mevsimsel döngüde gerçekleştiğini göstermiştir. Kuraklığın periyodik özelliklerinin tespiti, gelecekteki kuraklık risklerinin öngörülmesine yardımcı olacaktır. Aynı zamanda bu tespit, erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesinde de önemli katkılar sunacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler

Mekânsal Bilgi, Mekânsal Veri Elde Etme Yöntemleri, Zamansal Mekânsal Analiz, Kuraklık, Fourier Analizi

Kaynaklar

Aksoy, H., Önöz, B., Çetin, M., Yüce, M.İ., Eriş, E., Selek, B., Aksu, H., Burgan, H.İ., Eşit, M., Orta, S., & Çavuş, Y. (2018). Edirne için Kuraklık Şiddet-Süre-Frekans Eğrileri. HİDRO'2018: Ulusal Hidrojeoloji ve Su Kaynakları Sempozyumu, 27–29 Eylül 2018, Beytepe, Ankara.

Alahacoon, N., & Edirisinghe, M. (2022). A Comprehensive Assessment of Remote Sensing and Traditional Based Drought Monitoring Indices at Global and Regional Scale. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*. 13:1, 762–799.

Caccamo, G., Chisholm, L.A., Bradstock, R.A., & Puotinen, M.L. (2011). Assessing the Sensitivity of MODIS to Monitor Drought in High Biomass Ecosystems. *Remote Sensing of Environment*. 115:10, 2626–2639.

Du, L., Tian, Q., Yu, T., Meng, Q., Jancso, T., Udvardy, P., & Huang, Y. (2013). A Comprehensive Drought Monitoring Method integrating MODIS and TRMM data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 23, 245–253.

Ji, T., Li, G., Yang, H., Liu, R., & He, T. (2018). Comprehensive Drought Index as an Indicator for use in Drought Monitoring Integrating Multi-Source Remote Sensing Data: A Case Study Covering the Sichuan-Chongqing Region. *International Journal of Remote Sensing*. 39:3, 786–809.

Jiao, W., Tian, C., Chang, Q., Novick, K.A., & Wang, L. (2019). A New Multi-Sensor Integrated Index for Drought Monitoring. *Agricultural and Forest Meteorology*. 268, 74–85.

Liu, Q., Zhang, S., Zhang, H., Bai, Y., & Zhang, J. (2020). Monitoring Drought Using Composite Drought Indices Based on Remote Sensing. *Science of the Total Environment*. 711, 134585.

Meng, L., Dong, T., & Zhang, W. (2016). Drought Monitoring Using an Integrated Drought Condition Index (IDCI) Derived from Multi-Sensor Remote Sensing Data. *Natural Hazards*. 80, 1135–1152.

- Mishra, A.K., & Singh, V.P. (2011). Drought Modeling—A Review. *Journal of Hydrology*. 403:1-2, 157–175.
- Moreira, E.E., Martins, D.S., & Pereira, L.S., (2015). Assessing Drought Cycles in SPI Time Series Using a Fourier Analysis. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 15:3, 571–585.
- Portela, M., Silva, A., Santos, J., Zelenáková, M., & Hlavatá, H. (2017). Assessing The use of SPI in Detecting Agricultural and Hydrological Droughts and Their Temporal Cyclicity: Some Slovakian Case Studies. *European Water*. 60, 233–239.
- Rajagopalan, B., & Lall, U. (1998). Interannual Variability in Western US Precipitation. *Journal of Hydrology*. 210:1-4, 51–67.
- Rhee, J., Im, J., & Carbone, G.J. (2010). Monitoring Agricultural Drought for Arid and Humid Regions Using Multi-Sensor Remote Sensing Data. *Remote Sensing of Environment*. 114:12, 2875–2887.
- Tannehill, I.R. (1947). *Drought, Its Causes and Effects*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Wei, W., Pang, S., Wang, X., Zhou, L., Xie, B., Zhou, J., & Li, C. (2020). Temperature Vegetation Precipitation Dryness Index (TVPDI)-Based Dryness-Wetness Monitoring in China. *Remote Sensing of Environment*. 248, 111957.
- West, H., Quinn, N., & Horswell, M. (2019). Remote Sensing for Drought Monitoring & Impact Assessment: Progress, Past Challenges and Future Opportunities. *Remote Sensing of Environment*. 232, 111291.
- Wilhite, D.A., & Glantz, M.H. (1985). Understanding the Drought Phenomenon: The role of Definitions. *Water International*. 10:3, 111–120.

Geleneksel Yöntemler ve CBS Kullanımıyla 6 Şubat 2023 Depremlerinden Sonra Antakya’da Planlama

İrem YURDAY^{1,*}, Tuğçe TEZER², Mehmet TUNÇER³

¹ Harita Yüksek Müh., Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Doktora Öğrencisi, Konya, Türkiye

² Dr. Öğr. Üyesi Tuğçe Tezer, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, İstanbul, Türkiye

³ Prof. Dr. Çankaya Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü Ankara, Türkiye

Genişletilmiş Özet

Çalışmanın amacı. Depremi üzerinden iki yıla yakın bir süre geçmiş olmasına rağmen, Antakya’da deprem sonrası döneme, duruma ve gelişmelere uygun, yerelde ve uzmanlarca kabul görmüş onaylı bir makro plan, koruma planı ve imar planı henüz oluşturulmamıştır. Özel bir mimarlık bürosunun -yerli ve yabancı danışmanlarıyla- Kültür ve Turizm Bakanlığı ile Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı için çeşitli planlar ve projeler hazırladıkları bilinmektedir. Bu bildiride; Antakya’daki 6 Şubat 2023 depremleri sonrasında kamu (yerel ve merkezi yönetimlerin) ve sivil toplum kuruluşlarının yaklaşımları ele alınacaktır. Amaç; Antakya’da geleneksel yöntemlerle yapılmış, halen sürdürülmekte olan makro planlama ve koruma planlaması çalışmalarının incelenmesi ve planlama çalışmalarının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak yapılması halinde daha sağlıklı sonuçlar alınabilmesine ilişkin olanakların irdelenmesidir. Bölgesel ölçekte zemin sorunları ve fay hatları değerlendirilecek, planlamaya ilişkin makro kararlar geliştirilecektir. Kamu (TOKİ, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Kültür ve Turizm Bakanlığı, Hatay Büyükşehir Belediyesi, Antakya Belediyesi ve diğer ilgili belediyeler) ve STK’lar tarafından yürütülen plan ve proje çalışmaları, kent genelinde ve kentsel sit alanlarında yürütülen çalışmalar kapsamında değerlendirilecektir.

Mekansal ve kültürel yıkımı dikkate alarak, Antakya-Hatay’ın tarihi aslına uygun çağdaş bir kent olarak yeniden inşa edilmeye ihtiyacı vardır. Antakya-Hatay’ın tarihi, özgün ve geleneksel dokusundan koparılmadan, çevreye duyarlı bir kent olması, güvenli bir kent olması, insan odaklı bir kent olması, kimlikli ve akıllı, afetlere dirençli bir kent olması gerekir. Antakyalıların yaşam kalitesini arttıran çağdaş bir şehir olarak yeniden yapılandırılması gerekir. Tarih boyunca sekiz kez büyük yıkımı yaşayan Antakya, yaşanan her büyük yıkımdan sonra hem planlı hem de programlı olarak, halkın da katılımıyla yaralarını sarmış ve yeniden inşa edilmiştir.

Aslında, çok zor bir konu olmasına rağmen, Antakya’da oluşan mekânsal ve kültürel tahribat dikkate alınarak, Antakya’nın aslına uygun koruma planlı ve çağdaş bir kent olarak yeniden inşa edilmesi gerekmektedir. Antakya (*Antioch*) arkeolojisi, tarihi nitelikleri, özgün ve geleneksel dokusundan ayrılmadan, çevreye duyarlı, güvenli, insan odaklı, kimlikli, afetlere dayanıklı, akıllı bir şehir olarak ele alınmalıydı (Tunçer, M., Yurday, İ., Eylül 2023, Eren, Ş.G, & Gül, A. (Eds.).

Kullanılacak materyeller, Günümüze kadar merkezi ve yerel yönetimler tarafından açıklanmış, çeşitli toplantılarda sunulmuş makro planlama ve projelendirme çalışmaları, Antakya Koruma Amaçlı Revizyon İmar Planı, kamunun görev verdiği STK’ların hazırladığı plan ve kentsel tasarım çalışmalarıdır. Antakya’da yüzyıllar boyunca Antakya halkı ile birlikte varolan ve gelişen üç önemli jeolojik yapı bulunmaktadır. Asi nehri ve yakın çevresinin yumuşak alüvyonlu zemini, binyıllardır deprem üreten Antakya fayının deprem sırasındaki davranışının iyi anlaşılması gerekir.

- En zayıf zeminler: Dolgu alanlarındaki alüvyonlar, birikinti konileri ve yamaç döküntüleri bu tür zeminleri oluşturur. Alüvyonlar graben tabanı (Amik Ovası) nda geniş alan kaplar. Gri, açık gri renkli, olgun ve az olgun farklı çakıllardan oluşan çakıl, kum, kil ve silt kaya biriminden oluşur
- Zayıf zeminler: Asi Nehri’nin doğu ve batısındaki akarsu taraçalarından oluşur. Süreksizlik yüzeyleri tanımlamasına göre son derece zayıf kayalar grubunda yer alır. Birim çakıl, kum ve yer yer silt litolojisine sahiptir.
- Az sağlam zeminler: Asi Nehri’nin doğusu ve batısında daha geniş alan kaplayan çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı ve kıltaşı ardalıması şeklinde bir litolojiye sahiptir.
- Orta derecede sağlam zeminler: Killi kireçtaşı, silttaşı, kıltaşı ve marn ardalıması ile çakıltaşı ve kumtaşlarından oluşur. Habib-i Neccar Dağı’nın doğu, güneydoğu ve kuzeydoğusunda bulunur.
- Sağlam zeminler: Habib-i Neccar Dağı’nın kuzeydoğu ve güney doğusunda dar bir alanda görülen farklı jeolojik yaşlarda kireçtaşı ile gabbro, diyabaz ve serpantininden oluşur (Atabey, 2023).

Sonuç bulgular, deprem sonrası hazırlanan makro planlar, proje ve tasarımlar ele alınarak; CBS kullanılması halinde, jeolojik yapı, topoğrafya, çevre ve nüfusun desantralizasyonu açısından nasıl daha sağlıklı bir kentleşme olabileceği değerlendirilecektir. CBS’yle üretilen bölgesel ve/veya kent düzeyinde mekânsal bilgilerden, bilim ve toplum yararları doğrultusunda; makro planlamada kamu açısından “maksimum fayda sağlanması”, insan ve çevre merkezli (çoklu ortamlarda) çevre düzeni planları, geleceğe yönelik strateji senaryolar üretmek gerekmektedir.

Bölgesel ekonomik teşvik ve kalkınma planı, GAP’ın güncellenmesi de dahil, büyük bir stratejik ana plan ve program hazırlanmasını, bu plan çerçevesinde alt plan ve programların uygulanması gereklidir. Örneğin hazırlanacak ‘Stratejik Yapısal Planda’ (1/250 000 ve 1/100 000) şehirlerin nereye taşınacağı, şehirlerin ve sanayilerin nerede yeniden inşa

edileceği, bunların ihtiyaç duyacağı teknik altyapı, yol, demiryolu, havalimanı, çevre ve atık planlaması, demografik planlama, tarihi, doğal ve kültürel varlıklar, ekosistem ve bunların korunması gibi kritik önemdeki hususlar yer almalıdır (Tunçer, M., Ercoşkun, Y., Ö., 2014)

CBS uygulamalarının pek çoğu, farklı planlama amaçlarına ve aşamalarına veya belirli işlevlere göre geliştirilmiştir. Kentsel arazi kullanım planlaması, kültürel mirasın korunması (Al-kheder ve ark., 2009; Giannopoulou ve ark., 2014), kıyı bölgeleri yönetimi (Dąbrowski ve ark., 2009) ve sürdürülebilir ekonomik kalkınma için yapı planlarının tasarımı, çevre düzeni planı, nazım planı, imar uygulama planlarının yapımı gibi planlamada CBS uygulamasının birçok örneği vardır.

Çevre Düzeni Planları oluşturma ve karar verme süreçleri içinde kaliteli coğrafi verilerin nasıl erişilebilir olacağı ve bu verilerden nasıl faydalanılacağı da CBS'nin grafik ve grafik olmayan sözel verileri sınıflandırma, verileri depolama, sorgulama ve analiz edebilme yeteneği doğrultusunda oluşturulmaktadır.

- CBS kullanımında afet sonrası yerleşme sorunlarının çözümünde, harita mühendisliği, mimar, şehir ve bölge plancısı, jeoloji mühendisi, çevre mühendisi, peyzaj mimarı vd disiplinlerle ortak çalışmalar yürütülmesi gerektiği ve her disiplinin katkılarının açıklanması,
- Sağlıklı, yaşanabilir, akıllı, yeşil ve “depreme/afete dirençli kentleşme”ye ilişkin Antakya’da mekânsal bilgilerin ve teknolojilerin tanımlanması, kullanımlarının değerlendirilmesi,
- Kamu yönetimleri arasındaki diyalog, özellikle meslek odaları ile Bakanlıklar ve Belediyeler arasındaki bilgi alışverişinin sağlanarak; yakın, orta ve uzak gelecek için stratejilerin belirlenmesi,
- Geleneksel yöntemlerle yapılan planlama ve planlamanın CBS’yle yapılması halinde ortaya çıkacak sonuçların karşılaştırmalı olarak ortaya konulması, gelecek için önlem ve önerilerin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nca yürütülen çevre düzeni planı çalışmaları;

- Araştırma ve Sentez çalışmalarının yapılması
- Taslak Planların Hazırlanması
- Nihai Plan, Plan Uygulama Hükümleri ile Plan Açıklama Raporunun hazırlanması
- Onay
- Dağıtım ve Askı süreci
- Askı sürecinde gelen itirazların değerlendirilmesi aşamalarından oluşur ve çevre düzeni planının onayına kadar hatta gerek görülürse onayından sonra da planlama bölgesinde yer alan il ve illerde bilgilendirme ve katılım toplantıları düzenlenir.

Çevre Düzeni Planlarında uyulacak esaslar, revizyon, ilave ve değişikliklerin hangi esaslar kapsamında yapılacağı, planların hazırlanması, hazırlatılması ve incelenmesine ilişkin idari ve teknik usullerin nasıl olacağı, planların onaylanması, yürürlüğe girmesi, ilanı, dağıtımı, uygulamaların izlenmesi ve denetlenmesine ilişkin esaslar 14.06.2014 gün ve 29030 sayılı Resmi Gazete’ de yayımlanan “Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği” hükümleri uyarınca yürütülmektedir.

14.06.2014 tarih ve 29030 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Mekansal Planlar Yapım Yönetmeliği’nin 4.maddesinin (c) bendi uyarınca çevre düzeni planları bölge, havza veya il düzeyinde 1/50.000 veya 1/100.000 ölçeklerinde hazırlanır.

Çevre Düzeni Planlarına yönelik olarak Haziran 2010 yılında bitirilen “Çevre Düzeni Planlarına Yönelik Coğrafi Veritabanının Geliştirilmesi, Veri Entegrasyonu ve Planların Web Üzerinden Yayınlanması” Projesi kapsamında çevre düzeni planlarına yönelik standart veri tabanı oluşturulmuştur.

Çalışmalarına Çevre ve Orman Bakanlığınca başlanılan “Çevre Düzeni Planlarına Yönelik Coğrafi Veritabanının Geliştirilmesi, Veri Entegrasyonu ve Planların Web Üzerinden Yayınlanması” Projesi kapsamında; Bakanlıkça onaylanan/onaylanacak tüm çevre düzeni planlarının yönetilmesi, güncellenmesi, veri tekrarının önlenmesi, çok kullanıcı ortamında çalışabilen, ulusal ve uluslararası veri standartlarına uygun, veri tabanlarının bağımsız olarak güncellenmesini sağlayan ve coğrafi veri sunucusuna entegre edilebilen, standart bir veri tabanı oluşturulmuştur. Standart Veri Tabanı sayesinde, Bakanlıkça coğrafi bilgi sistemlerine dayalı olarak hazırlanarak onaylanan/onaylanacak tüm çevre düzeni planları aynı veri tabanı yapısına sahip olacak, planların gösterim dilleri (renk, tarama v.b.), metadata ve öznitelik verileri ortak bir standarda kavuşmuş olacaktır.

Anahtar Kelimeler

Antakya, Deprem, Mekânsal Planlama, CBS Uygulamaları, Afet Yönetimi, Dirençli Kent, Makro Planlama

Referanslar

- Atabey, E., 2023, “Hatay’da Depremin Yıkıcı Etkisi Ve Kentin Yeniden İnşası İçin Uygun Zeminler”
<https://www.temizmekan.com/hatayda-depremin-yikici-etkisi-ve-kentin-yeniden-insasi-icin-uygun-zeminler>
(Erişim: 10.11.2023)
- Tunçer, M., Ercoşkun, Y., Ö., 2014, “Malatya Ekolojik-Teknolojik Yeni Yerleşme Planlaması”, Nazım Ve Uygulama Planları, Kentsel Tasarım, And Planlama Ve Modern Planlama Ltd., İştaklı, 1/25 000, 1/5000, 1/1000, 1/500.

- Dąbrowski, J., Kulawiak, M., Moszyński, M., Bruniecki, K., Kamiński, Ł., Chybicki, A. Ve Stepnowski, A., 2009, Real-Time Web-based GIS for analysis, visualization and integration of marine environment data, In: Information Fusion and Geographic Information Systems, Eds: Springer, p. 277-288.
- Giannopoulou, M., Vavatsikos, A. P., Lykostratis, K. ve Roukouni, A., 2014, Using GIS to record and analyse historical urban areas, *TeMA-Journal of Land Use, Mobility and Environment*.
- Tunçer, M., Yurday, İ., Eylül 2023, Eren, Ş.G, & Gül, A. (Eds.). *"Recommendations For The Post-Earthquake Multi-Layered Antakya (Antioch) Conservation And Planning"*, Architectural Sciences And Studies On Historical Stratifications And Multi-Layered Cities, Iksad Publications (E-Book Chapter).

Uydu Görüntüleri ile Gemi Tespiti: YOLOv5 ve YOLOv8 Modellerinin Performans Analizi ve Karşılaştırması

Merve Demir ^{1*}, Elif Sertel ¹, Ahmet Selman Gürbıyık ¹

¹Istanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul.

Genişletilmiş Özet

Gemilerin mekansal dağılımının belirlenmesi, türlerinin tespit edilmesi ve zamana bağlı olarak izlenmesi; deniz güvenliği, kaçakçılığın önlenmesi, çevresel izleme ve deniz trafiği yönetimi gibi pek çok alanda kritik bir rol oynamaktadır. Son yıllarda, uydu görüntülerinin kullanımı sayesinde geniş deniz alanları etkin bir şekilde izlenebilmekte ve bu durum, hem sivil hem de askeri çalışmalar için önemli kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Yüksek çözünürlüklü uydu verileri gemilerin hızlı ve otomatik tespiti konusunda önemli bir bilgi kaynağıdır [1]. Uzaktan algılama verilerinden gemi tespitine yönelik yapılan çalışmalarda geleneksel yöntemler, sınırlı doğruluk ve zaman alıcı süreçler nedeniyle yerini, daha fazla doğruluk ve hız sağlayan derin öğrenme tekniklerine bırakmıştır. Son yıllarda veri setlerinin büyümesi ve donanım özelliklerinin artması ile birlikte yaygın olarak kullanılmaya başlanan derin öğrenme algoritmaları görüntülerden gemilerin tespit edilmesine yönelik olarak da kullanılmaya başlanmıştır. Derin öğrenme algoritmaları, büyük veri setleri üzerinde eğitim alarak yüksek doğruluk oranları ile sonuçlar elde edebilmekte ve gemi tespitinde hızlı ve etkili çözümler sunmaktadır. Kızılkaya vd.'nin [2] oluşturmuş olduğu VHRShips veri seti modifiye edilerek üretilen VHRShips2 veri seti dünyanın 52 farklı bölgesinden elde edilmiş, 9503 uydu görüntüsünden oluşmaktadır. Bu çalışmada, VHRShips2 veri seti kullanılarak YOLOv5 ve YOLOv8 modellerinin kıyı ve açık denizlerde farklı gemi türlerini tespit etmeye yönelik performansları irdelenmiştir. Bu çalışmanın temel amacı, detay çıkarımına olanak tanıyan yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden oluşan bir veri kümesi kullanarak gemi tespiti gerçekleştirmek ve derin öğrenme yöntemleri olan YOLOv5 ve YOLOv8 modellerinin hiperparametre değişimlerinden nasıl etkilendiğini incelemektir. Bu bağlamda, gemi tespiti uygulamalarına referans olabilecek farklı model performanslarının sunulması hedeflenmiştir. Bu çalışma kapsamında farklı modellerin performanslarını karşılaştırmak amacıyla hiperparametre optimizasyonu, performans analizi gibi işlemler gerçekleştirilmiştir.

Gelişen teknolojiyle birlikte, Region Based Convolutional Neural Networks (RCNN), Fast RCNN, You Look Only Once (YOLO) ve Single Shot MultiBox Detector (SSD) gibi tek ve iki aşamalı derin öğrenme mimarileri, nesne tespiti problemini çözmek için kullanılmaktadır [2]. Lu ve ekibi [3], meyvelerin sınıflandırılması için CNN mimarisini kullanmış ve %91.44 doğruluk oranıyla başarılı bir sonuç elde etmiştir. Bu çalışma, oy tabanlı destek vektör makineleri ve genetik algoritmalarla daha yüksek bir doğruluk sağlamıştır. Bakırman ve Sertel [4], uydu görüntülerinden uçak tespiti için YOLOv4 ve Faster R-CNN mimarilerini kullanarak yüksek çözünürlüklü bir uçak veri seti (HRPlanes) oluşturmuş ve değerlendirmiştir. Yapılan testlerde YOLOv4 %99.15, Faster R-CNN ise %96.80 doğruluk oranı ile uçak tespitinde başarılı sonuçlar elde etmiştir. Lee ve Hwang [5], video görüntüleri üzerinde yaptıkları gerçek zamanlı nesne tespiti için YOLO mimarisine AFC ekleyerek gecikmeleri azaltmış ve donanım gereksinimlerini iyileştirmiştir. Mittal ve ekibi [6], OpenCV kullanarak arabalar ve köpekler üzerinde yaptıkları çalışmada, YOLO mimarisinin CNN temelli nesne tespitini gerçekleştirmiş ancak bilgi kaybı ve doğruluk sorunlarının iyileştirilmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Derin öğrenme yöntemleri, özellikle görüntü işleme ve nesne tespiti alanlarında son derece başarılı sonuçlar elde etmiştir. Uydu görüntüleri gibi yüksek çözünürlüklü veriler, denizcilik uygulamalarında önemli bir kaynak sağlamaktadır. Geleneksel yöntemlerde gemi tespiti, gözlemcinin deneyimine dayalı manuel analizlerle gerçekleştirildiğinden, sonuçlar çoğunlukla yoruma açık olmuştur. Ancak derin öğrenme teknikleri, bu süreci otomatikleştirerek daha tutarlı ve güvenilir sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır [2]. Bu çalışma kapsamında kullanılan veri seti, Kızılkaya vd.'nin [2], ürettiği olduğu Google Earth Professional platformundan elde edilen ve yüksek çözünürlüklü görüntüler içeren VHRShip veri seti modifiye edilerek üretilen VHRShip2 veri setidir. Bu veri seti, dünya genelinde farklı coğrafi özelliklere ve atmosfer koşullarına sahip 52 bölgeden toplanmış görüntülerden oluşmaktadır. Veri seti, toplamda 720x720 piksel boyutlarında 9503 görüntü ve 11.179 gemi içermektedir. Gemi tespitine yönelik gerçekleştirilen çalışmalarda, veri setinin kalitesi ve genişliği modelin başarısını doğrudan etkilemektedir. Bu çalışmada kullanılan veri seti, gemi sınıflandırmasında büyük bir çeşitlilik sunarak hem kıyı hem de açık deniz gemilerinin tespitini mümkün kılmıştır.

Derin öğrenme yöntemlerinin başarısı büyük ölçüde kullanılan hiperparametre ayarlarına bağlıdır. Bu çalışmada, YOLOv5 ve YOLOv8 modellerinin performanslarını etkileyen hiperparametreler arasında epoch sayısı, model boyutu, öğrenme hızı, batch size, network size ve optimizasyon yöntemi yer almıştır. Her model için çeşitli hiperparametrekombinasyonları kullanılarak toplamda 113 deney gerçekleştirilmiş ve her iki modelin sonuçları karşılaştırılmıştır.

İlk yapılan eğitimler sonucunda YOLOv5 ve YOLOv8 Modelleri için en iyi optimizasyon algoritması olarak Stochastic Gradient Descent (SGD) belirlenmiş, ardından AdamW ve Adam optimizasyon algoritmaları gelmiştir. Optimizasyon algoritmalarında yapılan değişikliğin eğitim süresi üzerinde büyük bir etkisi olmamakla birlikte, doğrulukta %0.7 ile %6.3 arasında değişiklikler gözlemlenmiştir. Bu sebeple sonraki deneyler SGD optimizasyon algoritması kullanılarak yapılmaya devam etmiştir. Ayrıca, 8, 16 ve 32 batch boyutları incelenmiş ve 32 batch boyutunun YOLOv5 ve YOLOv8 modellerinin her ikisi için de hem zaman açısından daha verimli hem de daha doğru olduğu tespit edilmiştir. Epoch sayısı ise aşırı öğrenmeyi önlemek için kritik bir hiperparametre olarak öne çıkmaktadır. Epoch sayısının artırılmasının öğrenme doğruluğu üzerinde olumlu bir etkisi olduğu, ancak belirli bir değerden sonra anlamlı bir fark yaratmadığı fark edilmiştir. 50, 70 ve 100 epoch değerleri arasında 70 epoch'un her iki model için de en uygun ve modelin stabilizasyonunu sağladığı belirlenmiştir. Ayrıca, öğrenme oranının doğruluk üzerindeki etkisi incelendiğinde, daha yüksek öğrenme oranlarının daha yüksek doğruluk değerleri sağladığı ancak deney süresi üzerinde olumsuz etkisi olduğu, bu nedenle çalışmanın ihtiyaçlarına uygun yeterli doğruluğu sağlayacak bir öğrenme oranının tercih edilmesinin zaman tasarrufu sağlayacağı görülmüştür. Ağ boyutlarının (640x640, 736x736 ve 960x960) artırılması, doğruluk ve eğitim süresini paralel olarak artırmıştır. Sonuç olarak, YOLOv5s mimarisiyle yapılan eğitimde model karmaşıklığı arttıkça eğitim süresinin yaklaşık 2 katına çıktığı ve eğitim sonuçlarının seçilen parametrelere bağlı olarak %10-20 oranında değişiklik göstermiştir. Diğer yandan YOLOv8l ile elde edilen doğruluğun YOLOv8m ile elde edilen değerlerle yakınsadığı ve kapsamlı bir model olduğu için daha fazla zaman aldığı gözlemlenmiştir. Zaman harcaması ve elde edilen doğruluk değerleri değerlendirildiğinde, YOLOv8m kullanımının daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

* Sorumlu Yazar: Merve Demir Tel: (538) 3119800

E-posta: demirmer19@itu.edu.tr

Elde edilen bulgular, YOLOv8 modelinin, YOLOv5'e kıyasla daha yüksek doğruluk değerlerine ulaştığını göstermektedir. YOLOv5l modeli %83,9 Mean Average Precision 50 (mAP50) değeriyle en iyi performansı sergilerken, YOLOv8m modeli %90,1 mAP50 değerine ulaşmıştır. Bu sonuçlar, YOLOv8'in genel olarak daha doğru tespitler gerçekleştirdiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, model karmaşıklığının arttıkça eğitim süresinin de uzadığı tespit edilmiştir. Örneğin, YOLOv5l modeli daha yüksek doğruluk sağlamış olmasına rağmen, eğitimi tamamlamak için gereken süre YOLOv5s ve YOLOv5m modellerine göre daha uzun olmuştur. Benzer şekilde, YOLOv8 modelleri arasında da model derinliği arttıkça eğitim süresi uzamış, ancak doğrulukta kayda değer bir fark gözlemlenmemiştir.

Gemi tespiti alanında gerçekleştirilen bu çalışmanın sonuçları, derin öğrenme yöntemlerinin bu tür uygulamalarda başarılı olduğunu göstermektedir. YOLOv8 ve YOLOv5 modellerinin karşılaştırılması, her iki modelin de farklı senaryolarda etkin bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Ancak YOLOv8'in genel olarak daha yüksek doğruluk değerlerine ulaşması, bu modelin gemi tespiti gibi büyük ölçekli izleme çalışmaları için daha uygun olduğunu göstermiştir. Gelecekte, iyileştirilen YOLO modelleri kullanılabilir veya gemi türlerinin detaylı olarak belirlenmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilebilir.

Anahtar Kelimeler

Derin Öğrenme, Yapay Zeka, Bilgisayar Görüşü, Uydu Görüntüsü, YOLO

KAYNAKLAR

- [1] C. Zhang, X. Zhang, G. Gao, H. Lang, G. Liu, C. Cao, Y. Song, Y. Guan, and Y. Dai, "Development and application of ship detection and classification datasets: A review," IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine, 2024
- [2] S. Kızılkaya, U. Alganci, and E. Sertel, "Vhrships: An extensive benchmark dataset for scalable deep learning-based ship detection applications," ISPRS International Journal of Geo-Information, vol. 11, no. 8, p. 445, 2022.
- [3] S. Lu, Z. Lu, S. Aok, and L. Graham, "Fruit classification based on six layer convolutional neural network," in 2018 IEEE 23rd International conference on digital signal processing (DSP). IEEE, 2018, pp. 1–5.
- [4] T. Bakirman and E. Sertel, "A benchmark dataset for deep learning- based airplane detection: Hrplanes," arXiv preprint arXiv:2204.10959, 2022.
- [5] J. Lee and K.-i. Hwang, "Yolo with adaptive frame control for real- time object detection applications," Multimedia tools and applications, vol. 81, no. 25, pp. 36 375–36 396, 2022.
- [6] N. Mittal, A. Vaidya, and S. Kapoor, "Object detection and classification using yolo," Int. J. Sci. Res. Eng. Trends, vol. 5, pp. 562–565, 2019.

Açıklanabilir Yapay Zeka Yöntemleri ile Ağaç Türlerinin Sınıflandırılması

Şule Nur Topgöl^{1,*}, Elif Sertel²

¹*İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Programı, 34469, İstanbul.*

²*İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul.*

Genişletilmiş Özet

Ormanların izlenmesi ve ağaç türlerinin belirlenmesi, biyolojik çeşitliliğin korunması, ekosistem sağlığının değerlendirilmesi, iklim değişikliği etkilerinin azaltılması ve sürdürülebilir kaynak yönetimi açısından önemlidir. Ayrıca ağaç türlerinin mekânsal dağılımının belirlenmesi ve ilgili alanlardaki karbon tutma potansiyelinin değerlendirilmesi için kullanılabilir. Buna ek olarak orman kaynaklarının miktarının tahmin edilmesi ve bölgesel ekolojik ortamın değerlendirilmesi için ağaç türlerinin mekânsal dağılımının bilinmesi önemli bilgiler sunmaktadır. Ayrıca orman kaynaklarının miktarını tahmin etmek ve bölgesel ekolojik ortamı değerlendirmek için de faydalıdır[1]. Uzaktan algılama teknolojisi, ormancılık uygulamalarında önemli bir mekânsal veri kaynağı olmakla birlikte maliyeti daha düşük olan hızlı çözümler sunması nedeniyle arazi çalışmalarını tamamlayıcı bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Orman alanlarının kapsanacağı ölçek ve verinin toplanması gereken zamansal sıklık değerlendirildiğinde uzaktan algılama sistemlerinin sağladığı mekânsal, zamansal ve spektral çözünürlük çok etkili bir veri kaynağı olmaktadır. Özellikle ağaç detayında bilgiler üretilmek istendiği zaman yüksek çözünürlüklü uzaktan algılanmış veriler yaygın olarak kullanılmaktadır [2]. Sentinel-2 ve Landsat gibi uydu sistemlerinin açık erişimli olması, çok farklı spektral bantlarda bilgi toplaması ve sürekli olarak veri alması nedeniyle ormancılık çalışmaları açısından tercih edilmektedir. Fakat bu uydu sistemlerinin mekânsal çözünürlüğündeki kısıtlar farklı uygulamalar için yeterli olmayabilir [3]. Farklı yapısal ve morfolojik özelliklere sahip olan ağaç türleri, farklı spektral özellikler göstermektedir. Aynı çevresel koşullarda bile farklı yaş evrelerinde veya sağlık durumundaki ağaçlar arasında dahi spektral bilgi farklılıkları bulunabilmektedir. Bu bağlamda, uzaktan algılama verilerinin kullanılması, ağaç türlerinin hassas bir şekilde sınıflandırılmasında kritik rol oynamaktadır. Son yıllarda, nispeten basit görüntü işleme tekniklerinden oldukça karmaşık makine öğrenimi ve derin öğrenmeye dayalı yaklaşımlara kadar uzanan bir yelpazeyi kapsayan ağaç türü tanımlamasında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir [4]. Yaygın olarak kullanılan Rastgele Orman[5] veya Destek Vektör Makineleri[6] gibi geleneksel sınıflandırıcılar, karmaşık arka planlara sahip yoğun ağaç taçlarını tespit etmede sınırlı performans sergilemektedir [4], [7]. Bunun aksine, derin öğrenmeye dayalı modeller daha yüksek düzeyde bilginin doğru bir şekilde çıkarılmasına imkân sağlayabilmektedir. Ancak derin öğrenme modellerinin kullanılabilmesi için ihtiyaç duyulan referans veri örneği sayısı daha yüksektir[8]. Literatürde derin öğrenme yaklaşımları kullanılarak ağaç türlerinin sınıflandırılmasına yönelik farklı araştırmalar mevcuttur [9], [10], [11], [12], [13].

Derin Öğrenme (DÖ) yöntemleri, özellikle görüntü sınıflandırma, nesne tanıma ve semantik segmentasyon gibi uzaktan algılama uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri olan Konvolüsyonel Sinir Ağları (CNN - Convolutional Neural Networks), farklı boyutlardaki filtreleri kullanarak özellikleri otomatik olarak çıkarabilme yeteneğiyle öne çıkmaktadır[14], [15]. CNN'ler, kullandıkları bu farklı boyutlardaki filtreler ile görüntülerdeki ayırt edici özellikleri öğrenir ve bu özellikleri sınıflandırma süreçlerinde kullanır. Derin sinir ağları tabanlı algoritmalar, özellikle multispektral görüntülerden ağaç türlerini sınıflandırmak için sıkça tercih edilmektedir. CNN'ler, ağaç türü ayrımı, orman hasarı tespiti ve ağaç ölümleri haritalama gibi ağaç algılama ve sınıflandırma görevlerinde yaygın olarak kullanılmıştır.[16]'da, çam, ladin ve huş ağacı türlerinin sınıflandırılması için 3B evrişimli sinir ağları (3B-CNN) kullanılmıştır. [17]'de, bir İHA tarafından edinilen yüksek çözünürlüklü RGB görüntülerinden doğu Kanada'daki bireysel ağaç türlerinin sınıflandırılması için DenseNet'i kullanan bir CNN yaklaşımı geliştirilmiştir. Ek olarak, DÖ modelleriyle eğitilen veri kümelerinin genellikle çok sayıda etiketli örnek içermesi beklenmektedir. Bu, modelin parametreleri yeterince öğrenmesini sağlamak için gereklidir [18], [19]. Örneğin, [9]'da, 50.381 görüntüden oluşan, hava, Sentinel-1 ve Sentinel-2 görüntülerinden çoklu algılayıcı verileri kullanılarak, Orta Avrupa'daki ağaç türlerinin sınıflandırılması için yeni bir veri kümesi olan TreeSatAI referans veri seti geliştirilmiştir. Bu bağlamda, ResNet modellerinin yalnızca 0,2 m çözünürlüğe sahip hava görüntülerinin RGB bantlarını kullanarak %79'a kadar ağırlıklı hassasiyete ulaştığı gösterilmiştir. Sentinel-1 ve Sentinel-2 verilerinin dahil edilmesi performansı marjinal olarak iyileştirirken, Sentinel-2 tek başına çok katmanlı algılayıcı (MLP - Multi Layer Perceptron) veya LightGBM (Işık Gradyan Artırma Makinesi)[20] modelleriyle %74'e kadar ağırlıklı hassasiyet elde edilmiştir. Ancak modellerin oluşturulmasında yöntemlerin güvenilirliğinin test edilmesi, hatalı tanımlayıcı özelliklerin analiz edilmesinde veya etiketli görüntüdeki kalite eksikliği gibi performansı olumsuz etkileyen çeşitli etmenlerin değerlendirilmesinde önemli olmaktadır [21]. Açıklanabilir Yapay Zeka (AYZ - XAI (Explainable Artificial Intelligence)) yöntemlerinin entegrasyonu, karmaşık modellerde bu sınırlara ilişkin şeffaflık ve yorumlanabilirlik sağlama potansiyeli açısından giderek daha fazla tanınmaktadır ve araştırmacıların ağaç türü sınıflandırmasının ardındaki karar alma süreçlerini anlamalarını sağlamaktadır[22].

* Sorumlu Yazar: Tel: (0212) 285 34 14 Faks: (0212) 2856587

E-posta: ozgur.dogru@itu.edu.tr (Ahmet Özgür Doğru), ozguravsar@comu.edu.tr (Emin Özgür Avşar)

AYZ yöntemleri, makine öğrenimi algoritmalarının ve derin öğrenme tabanlı modellerin karar verme süreçlerini kavramak ve bu modellere girdi olarak sunulan özelliklerin etkinliğini değerlendirmek amacıyla kullanılmasının [23] yanı sıra, buna ek olarak çıktı sürecindeki ağırlıkların analizi de bu yöntemler aracılığıyla gerçekleştirilebilir [24]. Özellikle CNN gibi kapalı kutu (black box) modellerde verilen kararların anlaşılması ve yorumlanması açısından AYZ yöntemleri son derece önemlidir [25], [26]. Uzaktan algılama verilerine odaklanarak, görüntülerdeki AYZ yöntemleri, DeepLIFT (Deep Learning Important Feature) [27], Grad-CAM (Gradient-weighted Class Activation Mapping) [28] ve hem görüntüler hem de özellikler üzerinde, yerel yorumlanabilir modelden bağımsız açıklama sağlayan (LIME) (Local Interpretable Model-agnostic Explanations)[29], bir modelin sınıflandırması hakkında nasıl karar verdiğine dair içgörü sağlamak için literatürde kullanılmıştır. [30]'da, SEN12MS[31] ve BigEarthNet [32] veri kümelerine, LIME [29], DeepLIFT[27], Grad-CAM [28], Kılavuzlu Grad-CAM [28] ve diğerleri gibi seçili AYZ yöntemleriyle birlikte [9]'da sınıflar arasındaki korelasyonları göstermek için uygulanmıştır. Yukarıda tartışılan tüm yöntemler yerel açıklamalarla sınırlıdır, bu da kullanılan tüm veri setinde mevcut olan bilgileri doğru bir şekilde yakalayamayabilecekleri anlamına gelmektedir. Buna ek olarak, bazı durumlarda açıklamaların belirli kanallarla sınırlı oluşu, diğerlerinden gelen önemli bilgilerin ve bunların açıklamalar üzerindeki etkilerinin araştırılmadığını göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında, TreeSatAI referans veri seti üzerinde popüler CNN ve nesne algılama algoritmalarından Resnet50, Resnet101, VGG16, VGG19, Resnext ve ConvNeXt modeli kullanılarak hava görüntülerinden karşılaştırmalı bir ağaç türü sınıflandırması gerçekleştirilmiştir. TreeSatAI, belirli bir bölgedeki baskın ağaç türlerinin tanımlanması için hava ve uydu görüntülerini bir araya getirerek zengin bir veri kaynağı sunmaktadır. Veri seti, 50.381 (45.337 adet eğitim, 5.044 adet test) senkronize hava, Sentinel-1 ve Sentinel-2 görüntü üçlüsü ile 12 yaş, 15 cins ve 20 ağaç türü sınıfını içermektedir. Yakın Kızılötesi (NIR), Kırmızı (R), Yeşil (G) ve Mavi (B) bantları, 0,2 m mekânsal çözünürlüğe sahip hava görüntüleri için kullanılabilir ve her bir görüntü 304 x 304 pikseldir [9]. Çalışmamız özelinde, 304 x 304 piksel olan görüntüler eğitim ve test için 256 x 256 piksele yeniden örneklendirilmiştir. Buna ek olarak eğitim/test aşamasına üç bant kombinasyonu, R + G + B dahil edilmiştir. [9]'a benzer şekilde, sırasıyla Abies, Acer, Alnus, Betula, Cleared, Fagus, Fraxinus, Larix, Picea, Pinus, Populus, Prunus, Pseudotsuga, Quercus ve Tilia olmak üzere 15 ağaç türü için cins sınıfları öngörülmüştür. Bu kapsamda elde edilen sonuçlara göre, Resnext modelinin %95.17 doğruluk değeri ile diğer modelleri geride bıraktığı görülmüştür. Resnet50, Resnet101, VGG16, VGG19 ve ConvNeXt modellerinin doğruluk sonuçları sırasıyla; %78.73, %79.16, %75.41, %74.56 ve %50.9'dur. Çalışmamızın asıl amacı, TreeSatAI referans veri setinin hava görüntülerinin, ağaç türü sınıflandırması için, CNN modellerinin çıktılarından elde edilen sonuçları AYZ yöntemleri ile değerlendirerek bu modellerin performanslarının gerçekte doğrulukları ile ne kadar ilişkili olduklarını analiz etmektir. Bu kapsamda AYZ yöntemlerinden Saliency, DeepLift, Occlusion ve Integrated Gradients yöntemleri kullanılarak sonuçların doğruluğu değerlendirilecektir.

Anahtar Kelimeler

Derin Öğrenme (Deep Learning), Ağaç Türlerinin Sınıflandırılması, Yapay Zekâ (AI), Mekânsal Büyük Verinin Görselleştirilmesi, Bilgisayar Görüşü

Teşekkür

İstanbul Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Birimi'ne (İTÜ-BAP) Prof. Dr. Elif Sertel'e "FHD-2023-44797" proje kimliğiyle destek verdiği için teşekkür ederiz.

Referanslar

- [1] O. C. Bayrak, F. Erdem, and M. Uzar, "DEEP LEARNING BASED AERIAL IMAGERY CLASSIFICATION FOR TREE SPECIES IDENTIFICATION," *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, vol. XLVIII-M-1-2023, pp. 471–476, Aug. 2023, doi: 10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-1-2023-471-2023.
- [2] A. S. Belward and J. O. Sköien, "Who launched what, when and why; trends in global land-cover observation capacity from civilian earth observation satellites," *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, vol. 103, pp. 115–128, May 2015, doi: 10.1016/j.isprsjprs.2014.03.009.
- [3] M. Drusch *et al.*, "Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services," *Remote Sens. Environ.*, vol. 120, pp. 25–36, May 2012, doi: 10.1016/j.rse.2011.11.026.
- [4] Y. Gan, Q. Wang, and A. Iio, "Tree Crown Detection and Delineation in a Temperate Deciduous Forest from UAV RGB Imagery Using Deep Learning Approaches: Effects of Spatial Resolution and Species Characteristics," *Remote Sens.*, vol. 15, no. 3, Art. no. 3, Jan. 2023, doi: 10.3390/rs15030778.
- [5] L. Breiman, "Random Forests," *Mach. Learn.*, vol. 45, no. 1, pp. 5–32, Oct. 2001, doi: 10.1023/A:1010933404324.
- [6] N. Cristianini and E. Ricci, "Support Vector Machines," in *Encyclopedia of Algorithms*, M.-Y. Kao, Ed., Boston, MA: Springer US, 2008, pp. 928–932. doi: 10.1007/978-0-387-30162-4_415.

- [7] Y. Ke and L. J. Quackenbush, "A review of methods for automatic individual tree-crown detection and delineation from passive remote sensing," *Int. J. Remote Sens.*, vol. 32, no. 17, pp. 4725–4747, Sep. 2011, doi: 10.1080/01431161.2010.494184.
- [8] Y. LeCun, Y. Bengio, and G. Hinton, "Deep learning," *Nature*, vol. 521, no. 7553, pp. 436–444, May 2015, doi: 10.1038/nature14539.
- [9] S. Ahlswede *et al.*, *TreeSatAI Benchmark Archive: A multi-sensor, multi-label dataset for tree species classification in remote sensing*, 2022. doi: 10.5194/essd-2022-312.
- [10] S. Egli and M. Höpke, "CNN-Based Tree Species Classification Using High Resolution RGB Image Data from Automated UAV Observations," *Remote Sens.*, vol. 12, no. 23, Art. no. 23, Jan. 2020, doi: 10.3390/rs12233892.
- [11] F. Schiefer *et al.*, "Mapping forest tree species in high resolution UAV-based RGB-imagery by means of convolutional neural networks," *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, vol. 170, pp. 205–215, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.isprsjprs.2020.10.015.
- [12] C. Zhang, K. Xia, H. Feng, Y. Yang, and X. Du, "Tree species classification using deep learning and RGB optical images obtained by an unmanned aerial vehicle," *J. For. Res.*, vol. 32, no. 5, pp. 1879–1888, Oct. 2021, doi: 10.1007/s11676-020-01245-0.
- [13] T. Kattenborn, J. Leitloff, F. Schiefer, and S. Hinz, "Review on Convolutional Neural Networks (CNN) in vegetation remote sensing," *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, vol. 173, pp. 24–49, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.isprsjprs.2020.12.010.
- [14] Y. Huang, X. Wen, Y. Gao, Y. Zhang, and G. Lin, "Tree Species Classification in UAV Remote Sensing Images Based on Super-Resolution Reconstruction and Deep Learning," *Remote Sens.*, vol. 15, no. 11, Art. no. 11, Jan. 2023, doi: 10.3390/rs15112942.
- [15] R. Wang *et al.*, "Transformers for Remote Sensing: A Systematic Review and Analysis," *Sensors*, vol. 24, no. 11, p. 3495, May 2024, doi: 10.3390/s24113495.
- [16] S. Nezami, E. Khoramshahi, O. Nevalainen, I. Pölönen, and E. Honkavaara, "Tree Species Classification of Drone Hyperspectral and RGB Imagery with Deep Learning Convolutional Neural Networks," *Remote Sens.*, vol. 12, no. 7, Art. no. 7, Jan. 2020, doi: 10.3390/rs12071070.
- [17] S. Natesan, C. Armenakis, and U. Vepakomma, "Individual tree species identification using Dense Convolutional Network (DenseNet) on multitemporal RGB images from UAV," *J. Unmanned Veh. Syst.*, vol. 8, no. 4, pp. 310–333, Dec. 2020, doi: 10.1139/juvs-2020-0014.
- [18] X. Wang, Y. Zhao, and F. Pourpanah, "Recent advances in deep learning," *Int. J. Mach. Learn. Cybern.*, vol. 11, no. 4, pp. 747–750, Apr. 2020, doi: 10.1007/s13042-020-01096-5.
- [19] "Building Manufacturing Deep Learning Models with Minimal and Imbalanced Training Data Using Domain Adaptation and Data Augmentation," arXiv. Accessed: Jul. 23, 2024. [Online]. Available: <https://arxiv.labs.arxiv.org/html/2306.00202>
- [20] G. Ke *et al.*, "LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree," in *Advances in Neural Information Processing Systems*, Curran Associates, Inc., 2017. Accessed: Jul. 22, 2024. [Online]. Available: https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2017/hash/6449f44a102fde848669bdd9eb6b76fa-Abstract.html
- [21] A. Abdollahi and B. Pradhan, "Urban Vegetation Mapping from Aerial Imagery Using Explainable AI (XAI)," *Sensors*, vol. 21, no. 14, Art. no. 14, Jan. 2021, doi: 10.3390/s21144738.
- [22] S. Mostafa, D. Mondal, K. Panjvani, L. Kochian, and I. Stavness, "Explainable deep learning in plant phenotyping," *Front. Artif. Intell.*, vol. 6, Sep. 2023, doi: 10.3389/frai.2023.1203546.
- [23] A. Temenos, I. N. Tzortzis, M. Kaselimi, I. Rallis, A. Doulamis, and N. Doulamis, "Novel Insights in Spatial Epidemiology Utilizing Explainable AI (XAI) and Remote Sensing," *Remote Sens.*, vol. 14, no. 13, Art. no. 13, Jan. 2022, doi: 10.3390/rs14133074.
- [24] L. Zhong, Z. Dai, P. Fang, Y. Cao, and L. Wang, "A Review: Tree Species Classification Based on Remote Sensing Data and Classic Deep Learning-Based Methods," *Forests*, vol. 15, p. 852, May 2024, doi: 10.3390/f15050852.
- [25] R. Guidotti, A. Monreale, S. Ruggieri, F. Turini, D. Pedreschi, and F. Giannotti, "A Survey Of Methods For Explaining Black Box Models," Jun. 21, 2018, arXiv: arXiv:1802.01933. doi: 10.48550/arXiv.1802.01933.
- [26] J. Chen, L. Song, M. J. Wainwright, and M. I. Jordan, "Learning to Explain: An Information-Theoretic Perspective on Model Interpretation," Jun. 14, 2018, arXiv: arXiv:1802.07814. doi: 10.48550/arXiv.1802.07814.
- [27] A. Shrikumar, P. Greenside, and A. Kundaje, "Learning Important Features Through Propagating Activation Differences," Oct. 12, 2019, arXiv: arXiv:1704.02685. doi: 10.48550/arXiv.1704.02685.
- [28] R. R. Selvaraju, M. Cogswell, A. Das, R. Vedantam, D. Parikh, and D. Batra, "Grad-CAM: Visual Explanations from Deep Networks via Gradient-based Localization," Dec. 03, 2019, arXiv: arXiv:1610.02391. doi: 10.48550/arXiv.1610.02391.
- [29] M. T. Ribeiro, S. Singh, and C. Guestrin, "'Why Should I Trust You?': Explaining the Predictions of Any Classifier," Aug. 09, 2016, arXiv: arXiv:1602.04938. doi: 10.48550/arXiv.1602.04938.
- [30] I. Kakogeorgiou and K. Karantzalos, "Evaluating explainable artificial intelligence methods for multi-label deep learning classification tasks in remote sensing," *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinformation*, vol. 103, p. 102520, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.jag.2021.102520.

- [31] M. Schmitt, L. H. Hughes, C. Qiu, and X. X. Zhu, “SEN12MS – A CURATED DATASET OF GEOREFERENCED MULTI-SPECTRAL SENTINEL-1/2 IMAGERY FOR DEEP LEARNING AND DATA FUSION,” *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.*, vol. IV-2-W7, pp. 153–160, Sep. 2019, doi: 10.5194/isprs-annals-IV-2-W7-153-2019.
- [32] G. Sumbul, M. Charfuelan, B. Demir, and V. Markl, “Bigearthnet: A Large-Scale Benchmark Archive for Remote Sensing Image Understanding,” in *IGARSS 2019 - 2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Jul. 2019, pp. 5901–5904. doi: 10.1109/IGARSS.2019.8900532.

6 Şubat 2023 Depremlerinin Adıyaman Tut İlçesindeki Yükseklik Değişimine Etkisinin Göktürk-1 Verilerinden Üretilen Sayısal Yükseklik Modeli Kullanılarak İncelenmesi

Hasan Bilgehan MAKİNECİ^{1*}, Osman Semih EYİMAYA¹

¹Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 42250, Konya.

Geniştirilmiş Özet

İnsanoğlunun topoğrafya ile ilişkisi, varoluşundan bu yana devam etmektedir. Türümüz yerleşim yerlerinin belirlenmesinde, tarım alanlarının düzenlenmesinde vb. birçok alanın seçiminde topoğrafyadaki farklılıkları ve değişimleri dikkate almıştır. Topoğrafyadaki yükseklik değişimleri de seçimlerimizde önemli rol oynamaktadır. Yükseklik değişimlerinin analizinde yersel teknikler kadar uzaktan algılama tekniği de kullanılmaktadır. Uzaktan algılama teknolojisi ile birlikte uydu görüntülerinden üretilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılarak yersel ölçümlerle yapılan işlemler çok daha kolay, zaman ve maliyet açısından etkin bir şekilde yapılabilmektedir (Makineci & Karabörk, 2016). Uydu görüntülerinden SYM üretiminde Elektro-Optik (EO) algılayıcılar ve Radar algılayıcıları kullanılmaktadır. Uzaktan algılama teknolojisiyle stereo uydu görüntülerinden SYM üretimi ilk olarak SPOT uyduları ile birlikte başlamıştır (Şıpka, 2014). Mekansal çözünürlüğü 10 m ve daha iyi olan SPOT uydularının yerini gelişen teknoloji ile birlikte 30 cm mekansal çözünürlüklü EO uydular almıştır. Teknolojideki bu değişim daha yüksek doğrulukta ve daha yüksek hassasiyetle SYM'ler üretilmesine imkan sağlamıştır. Dünyamızın yüzeyi, kıta hareketliliği ve doğal afetlerden dolayı her geçen gün değişmektedir. Bu değişimin analizi ise birçok alanda ilgililere fayda sağlamaktadır. Özellikle yer yüzünde meydana gelen büyük çaplı depremler bölgedeki yükseklik değişiminde önemli rol oynamaktadır. Söz konusu depremlerin oluşturduğu etkiler, ilgili bölgelerde SYM'ler üretilerek analiz edilebilmektedir. Depremler sonucunda yıkılan binalar, yollar, köprüler vb. insan yapımı objeler ile genel olarak topoğrafyada görülen yükseklik değişimleri daha önce üretilmiş olan SYM modellerinin doğruluklarını değiştirmiş, geçersiz kılmış ve yeniden belirlenmesine ihtiyaç doğmuştur. Depremlerin etkilediği bölgelerdeki deformasyonun belirlenmesi bölgenin daha iyi analiz edilmesine önemli katkı sağlayacağı düşünüldüğü için, bu araştırma kapsamında 6 Şubat 2023 depremleri sonrası bölgedeki arazi değişimlerinin analiz edilmesinin bölgedeki yeni yapılaşma ve bölge planlamasına önemli katkı sağlayacağı düşünülmüştür (Huang, vd., 2015; Zhou, vd., 2015). Türkiye ve Suriye'yi etkisi altına alan 06 Şubat 2023 tarihinde saat 04:17 ve 13:24 de gerçekleşen 7.7 Mw ve 7.6 Mw büyüklüğündeki depremlerde ülkemizden Adana, Adıyaman, Batman, Bingöl, Diyarbakır, Elazığ, Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Kayseri, Kilis, Malatya, Mardin, Niğde, Osmaniye, Şanlıurfa ve Tunceli olmak üzere toplamda 17 il olumsuz etkilenmiştir. Bu depremler, oldukça büyük bir yıkıma yol açmış, binlerce can kaybına ve yaralanmaya sebep olmuştur. Depremlerin ardından başlatılan arama kurtarma çalışmaları, günlerce aralıksız devam etmiştir. 06 Şubat depremlerinin yol açtığı tahribatın boyutu oldukça büyüktür. Ayrıca, depremlerde elli binden fazla insan hayatını kaybederken on binlerce insan yaralanmış, on binlerce bina yıkılmış veya hasar görmüş, altyapı tesisleri büyük zarar görmüş dolayısıyla da elektrik, su ve doğalgaz gibi temel ihtiyaçların kesilmesi, bölgedeki yaşamı daha da zorlaştırmıştır. Depremlerin ardından devlet ve sivil toplum kuruluşları tarafından yardım çalışmaları başlatılmış ve arama kurtarma çalışmaları tamamlandıktan sonra, enkaz kaldırma ve yeniden inşaat çalışmaları başlamıştır. 06 Şubat depremleri ülkemiz için son derece acı bir tecrübe olmuş ve bu felaket depreme karşı ülkemizin hazırlıklarını gözden geçirmesine sağlamıştır. Bu yıkıcı ardışık depremler ayrıca, levha hareketlerine ve yüzey değişimlerine de sebep olmuştur. Söz konusu değişimlerin tespiti yersel ölçümlerle yapılabilir olmasına karşın uzaktan algılama verileri ile gerçekleştirilmesinin daha hızlı ve büyük bölgeleri kapsayacağı bilinmektedir. Bu kapsamda, 06 Şubat 2023 tarihinde gerçekleşen depremlerde Adıyaman, Tut İlçesi'ndeki arazide görülen düşey yüzey değişimlerinin analizinin yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, deprem öncesi dönemde (10.11.2020 tarihli) alımı yapılmış Göktürk-1 stereo görüntülerinden üretilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ile deprem sonrası dönemde (25.02.2024 tarihli) alımı yapılmış Göktürk-1 stereo görüntülerinden üretilen SYM karşılaştırılarak düşey konum değişimleri analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında HGM'den temin edilen stereo Göktürk-1 uydu görüntülerinden SYM üretimi için PCI Geomatica yazılımı kullanılmıştır. PCI Geomatica yazılımında bağlanma noktalarının tespiti için Fast Fourier Transform Phase Matching (FFTP) ve Normalized Cross Correlation (NCC) görüntü eşleme yöntemleri kullanılmış, referans yükseklik verisi olarak ALOS verisi kullanılmıştır. Bağlanma noktaları oluşturduktan sonra "automatic dem extraction" modülü kullanılarak stereo uydu görüntülerinden SYM verisi üretiminde görüntü eşleme yöntemi olarak Semi-Global Matching (SGM) kullanılmıştır. PCI Geomatica yazılımında otomatik SYM oluşturmak için, X yönünde yükseklik paralaksını korumak amacıyla ön ve arka stereo görüntülerden bir çift yarı epipolar görüntü oluşturulur. Daha sonra bu görüntülerin ilgili gri değerlerinin karşılaştırılması yoluyla SYM'yi oluşturmak için otomatik görüntü eşleştirme yöntemi kullanılır. Sol ve sağ epipolar görüntülere karşılık gelen pikselleri bulmak için bu yöntem, sıralı şekilde normalleştirilmiş alt piksel ortalama çapraz korelasyon eşleştirmesi yapmaktadır. Kullanılan gerçek eşleştirme yöntemi, eşleşen her piksel için 0 ile 1 arasında korelasyon katsayıları üretir; bu katsayılardan 0 toplam uyumsuzluğu ve 1 en doğru eşleşmeyi temsil eder. Daha sonra, alt piksel doğruluğuyla eşleşme konumunu bulmak için maksimum korelasyon katsayılarının etrafına ikinci dereceden bir yüzey yerleştirilir. Görüntüler arasındaki konum farkı, arazi kabartmasından kaynaklanan eşitsizliği veya paralaksı verir. Bu işlem sonrasında 3 boyutlu bir uzay-kesişme çözümü kullanılarak WGS84 elipsoidinin üzerindeki mutlak yükseklik değerlerine dönüştürülür (Cheng & Chaapel, 2008). Söz konusu yöntemle deprem öncesi ve sonrası Göktürk-1 stereo uydu görüntülerinden üretilen SYM'ler kendi aralarında küçük kareajlara bölünmüş ve rastgele seçilmiş 4200 noktadan okunan değerler üzerinden analiz yapılmıştır. Elde edilen verilerden analizin daha tutarlı sonuçlar vermesi için üç sigma testi ile tutarsız ölçü olduğu tespit edilen değerler analizden çıkarılmış ve 3998 noktada karşılaştırma yapılmıştır. İstatistikte üç sigma, normal dağılımdaki bir ortalama üç standart sapma içinde kalan veri noktalarının sınırlarını gösteren bir hesaplama. Üç sigma limiti olarak adlandırılan bu araç, belirli bir noktanın belirlenmiş parametreler dahilinde kalma olasılığının hesaplanmasına yardımcı olur. Üç sigma, 68-95-99,7 kuralını izler; burada verilerin %68'i ortalamanın bir, verilerin %95'i ortalamanın iki ve verilerin %99,7'si ortalamanın üç standart sapması dahilindedir. İstatistiksel analizler için Karesel Ortalama Hata (KOH) değerleri incelenmiştir. KOH genel anlamda literatürde "analizler sonucunda karşımıza çıkan

* Sorumlu Yazar: Tel: (0332) 205 16 40

E-posta: hbmakineci@ktun.edu.tr (Hasan Bilgehan Makineci), eyimayasemih@gmail.com (Osman Semih Eyimaya)

hatalar nicelik bakımından farklı olabilmektedir. Hataların karesinin alınarak analizde karşımıza çıkan hataların ortalamaya etkisinin daha büyük hale getirildiği karesel ortalama hata yönteminde büyük olan hataların ölçüme olan etkileri daha net bir şekilde belirlenebilmektedir.” olarak karşımıza çıkmaktadır. Tüm noktalar için KOH değeri 5.54 m olarak tespit edilmiştir. Ardından çalışma bölgesinin eğim değerlerine göre analizler genişletilmiştir. Çalışma alanına yönelik düşey değişim analizlerinde European Space Agency (ESA) tarafından hazırlanarak açık kaynakta erişime sunulan WorldCover verisi ve QGIS yazılımı kullanılarak oluşturulan eğim haritası kullanılmıştır. ESA tarafından hazırlanan WorldCover verisi kullanılarak bölge meskun ve gayri meskun alanlarda, oluşturulan eğim haritası kullanılarak bölge eğimin %30’dan küçük, %30 - %60 arasında ve %60’ dan büyük olduğu bölgeler olmak üzere beş sınıfa ayrılarak analizler yapılmıştır. Değerlendirmede eğimin %30’dan küçük olduğu bölgelerde rastgele seçilen 100 noktada yapılan karşılaştırma sonucunda KOH değeri 0.34 m, eğimin %30 ile %60 arasında olduğu bölgelerde rastgele seçilen 100 noktada yapılan karşılaştırmada ise KOH değeri 0.06 m, eğimin %60’tan büyük olduğu bölgelerde KOH değeri 0.03 m olarak belirlenmiştir. Ayrıca çalışma bölgesinde bulunan meskun ve gayri meskun sahalara yönelik yapılan araştırmada, meskun sahada KOH değeri 0.26 m, gayri meskun sahada KOH değeri 0.21 m olarak tespit edilmiştir. Yapılan analizler neticesinde 06 Şubat depremlerinin topoğrafyada önemli yükselti değişimlerine yol açtığı eğimin %60’dan büyük olduğu bölgelerde eğimin %60’dan küçük olduğu bölgelere nazaran topoğrafyada daha az yükselti değişimlerine yol açtığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler

Uzaktan Algılama, Mekânsal Veri Kalitesi, Değişim Analizi, Göktürk-1, Karesel Ortalama Hata (KOH), Sayısal Yükseklik Modeli, 6 Şubat 2023 Depremleri

2,5 Boyutlu Değil 4 Boyutlu Yol Projesi Tasarımı ve CBS

Hasan Aday¹

¹Beypro Mühendislik, 06105, Ankara.

Genişletilmiş Özet

Günümüzde, kent içi ulaşımlarda ağırlıklı olarak karasal ulaşım kullanılmakta olup, kentin gelişmişlik özelliğine bağlı olarak raylı sistemler ve yine kentin mekânsal konumuna bağlı olarak (deniz kıyısı ve/veya nehir geçişi) deniz ulaşım sistemi kullanılabilmektedir. Ulaşımın büyük bir kısmını oluşturan karasal yani karayolu ve demiryolu ulaşım projeleri, her ne kadar 3 boyutlu olarak tasarlanıyor olsada, üçüncü boyutun yani yükseklik boyutunun arazi koşullarına bağlı olarak kısıtlanıyor olması, bu üçüncü boyutun aslında tam anlamıyla özgür olarak üçüncü boyutunun kullanılmadığı gerçeğini gizlemektedir. Topoğrafyanın yaratmış olduğu kısıtlama, yarma veya dolgu yöntemleri kullanılarak kısmen aşıyor olsa da, ve topoğrafyanın çok düşük olduğu bölgelerde viyadük sistemleri kullanılıyor olsa da, hatta dağlarda tünel sistemi kullanılıyor olsa da yine de üçüncü yani yükseklik boyutunda ister istemez bir takım kısıtlamalar içerisinde kaldığı bilindiğinden bu tasarımlara tam anlamıyla 3 boyutlu yol tasarımı demek doğru değildir.

Yakın gelecekte hayatımıza girecek olan, Türkçe tanımıyla; Hava Taksi / Uçan Taksi / Şehir İçi Hava Ulaşımı veya İnsanlı Hava Aracı olarak tanımlayabileceğimiz, İngilizce olarak literatürde geçen tanımlarıyla, Air Taxi / Flying Taxi / Urban Air Mobility (UAM) / Personal Air Vehicle (PAV) / eVTOL (electric Vertical Take-Off and Landing olarak adlandırılmakta olan kent içi ulaşımında kullanılabilecek (şu an itibariyle toplu taşıma amaçlı olmasa da) olan hava taşıtlarına ilişkin çalışmalar son aşamadır.

Kent içi ulaşımında yaşanan sorunları çözeceği düşünülen ve bir anlamda ulaşım sorununa devrim niteliğinde yenilikçi çözüm getiren bu insanlığı hava araçları yani hava taksiler 2024 yılı sonu itibariyle lisans almış durumda olacaklardır. Gelecekte şehir içi ulaşımı yeniden şekillendirme potansiyeline sahip inovatif bir çözüm olan ve trafik azaltma potansiyeli ile karbon ayak izi gibi konularda ön plana çıkacak olan bu sistem, “vakit nakittir” felsefesini güzel kapitalist ekonomik sistem içerisinde de önemli bir yer sunacağı aşikardır.

Singapur'da 2024 yılında Marina Bay ve Sentosa'da sıklıkla uçuşlar yapmayı hedefleyen Volocopter, yine 2024 yılında hizmetlerini başlatmayı planlayan ve elektrikli hava taksileri geliştiren Joby Aviation, hava taksileri için geliştirdiği jet boyutunda araçlarla 2025 yılına kadar hizmete girmeyi hedefleyen Almanya merkezli Lilium, Archer Aviation, Beta Technologies vb. firmalar bu hava taksi işletmeciliği konusunda şu an itibariyle en ön planda olan firmalardır.

Bu araçların sayılarının yüzbinlerce hatta milyonlarca olması halinde, tüm bu hava trafiğinin yönetilebilmesi için kentsel hava hareketliliğinin planlanması ihtiyacı doğmaktadır. Bu araçların kontrollü, planlı ve projelendirilmiş bir tasarım süreci ile trafik planlamasının yapılması gerekmektedir. Bu araçların iniş/kalkış yerlerinin planlanması ve bu iniş/kalkış yerlerinden mevcut güzergaha katılımlarına ilişkin ciddi tasarımların yapılması gerekmektedir. 2000'li yıllardan önce 2000'li yılların, yani milenyum çağının uzay çağı olarak adlandırıldığı dönemlerde, bu tarz ulaşım sistemlerine ilişkin manyetik koridorlar oluşturulması gerektiğine dair önermeler yer almaktadır. Ancak günümüzde kullanılmakta olan GNSS sistemleri bu sürecin yönetilmesini çok daha kolaylaştıracaktır.

Günümüzde kara taşıtlar için bile otonom sürüşlerin başlatıldı şu günlerde, böylesine karmaşık bir hava ulaşım sisteminin kontrol ve yönetim sürecinin otonom olması konusu da değerlendirilebilir. Kullanıcıya bağlı olarak yapılacak sürüşlerinin yaratacağı sorunlar göz önüne alındığında en ideal çözümün GNSS sistemleri kullanılarak otonom olarak yapılması doğru olabilir. Bu kapsamda, Sürdürülebilir Ulaşım (Sustainable Mobility) sistemi kurmak ve bu amaçla mekânsal karar destek sistemi kullanılmalı ve çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak, çoklu sensör entegrasyonu ile gerek makine-makine iletişimi gerek makine-insan iletişimi dikkate alınarak ciddi bir ana ulaşım planlaması yapılmalıdır. Bu nedenle coğrafi bilgi sistemlerinin 3 boyutlu kullanımı 6 oluşturacaktır. Kentlere dair 3 boyutlu modellerin oluşturulduğu günümüzde düşey engel veri tabanı oluşturularak hazırlanacak bir altlık tan istifade edilerek ciddi bir taşıma sistemi ve bu sistemi projelendirecek bir yapı kurulmalıdır.

Makale başlığında yer alan dördüncü boyut (4B) kavramı, tam da bu aşamada çevreye girmektedir. Bilindiği üzere birçok kentimizde, merkezi iş alanı (MİA) olarak tanımlanan bir merkez ile konut alanları arasında kent içi ulaşım sorunu yer almaktadır. Ve bu ulaşım süreci günün farklı saatlerinde farklı yoğunluklar yaratmakta ve trafik literatüründe buna “pik saatler” kavramı ile çözüm bulunmaya çalışılmaktadır. Yani merkezi iş alanı içerisinde yaşanacak olan mesai kavramına bağlı olarak, mesai süreci başlaması öncesi konut alanlarından merkezi iş alanlarına, mesai süreci bitiminden sonra ise merkezi iş alanlarında konut bölgelerine bir trafik yoğunluğu yaşanmaktadır. Dördüncü boyut yani zaman kavramı bu noktada dikkate alınması halinde, insanlı hava araçları/hava taksiler ile trafik yoğunluğunun yaşanacağı saatler dikkate alınarak, bu saatlerde kara yolu trafiğinde kullanılan şerit sayısı tabirine benzer bir kullanım metodolojisi ile çözüm sağlanabilir. Basit bir benzetmeyle sabah saatlerindeki giriş yoğunluğundaki şerit sayısının artırılması ve akşam saatlerinde diğer dönüş yolundaki şerit sayısının artırılması gibi tanımlanabilir. Kaldı ki tam bir üçüncü boyut çok kullanılması durumu söz konusu olacağından belki de haklı güzergah sistemleri yani geliş ve dönüş koridorlarının farklı kot seviyelerinde kullanılabiliyor olması bu planlamalarda dikkate alınabilir.

* Sorumlu Yazar: Tel: (0532) 333 92 86

E-posta: hasanaday@beypro.com.tr (Hasan Aday)

Sonuç olarak bu makale ile karasal ulaşım sistemlerinde yaşanan ulaşım sorunları ve trafik handikaplarının, geliştirilmekte olan insanlı hava aracı / hava taksi sistemlerinde yaşanmaması ve var olan coğrafi bilgi sistemleri teknolojilerinden de faydalanarak sürdürülebilir ve düzenli bir ulaşım planlaması sağlanması amacıyla projelendirme sürecine ilişkin önermeler içermektedir. Günümüzde yaşanan en büyük sorunlardan biri olan ve çözülmesi ile ilgili coğrafi / mekânsal / topografik koşulların aşılmasında yaşanan güçlükler nedeniyle sıkıntılar içeren ulaşım, yeni teknolojik gelişmeleri de dikkate alarak ve coğrafi kısıtları aşıyor olmanın verdiği olanaklardan da yararlanarak daha dikkatli ele alınabileceği önermesini içermektedir.

Anahtar Kelimeler

Mekânsal Planlama, “Akıllı” Ulaşım Sistemleri, Otonom Araç, Konum Temelli Hizmetler İçin Çoklu Sensör Entegrasyonu, Makine-Makine İletişimi (M2M), Makine-İnsan iletişimi (HCI), Sürdürülebilir Ulaşım (Sustainable Mobility), Mekânsal Karar Destek Sistemleri, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, Zamansal Mekânsal Analiz