



3. KOCATEPE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ ÖĞRENCİ SEMPOZYUMU

AFYONKARAHİSAR / 10-12 HAZİRAN 2024

Yer: Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi



3. KOCATEPE MÜHENDİSLİK BİLİMLERİ ÖĞRENCİ SEMPOZYUMU

AFYONKARAHİSAR / 10-12 HAZİRAN 2024
Yer: Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

TAM METİN BİLDİRİ KİTABI

EDİTÖRLER:

Arş. Gör. Sezin BARIN
Arş. Gör. Eren Can SEYREK
Arş. Gör. Sami Serkan İŞOĞLU



SEMPOZYUM KURULLARI

ONUR KURULU

Prof. Dr. Mehmet KARAKAŞ

Afyon Kocatepe Üniversitesi Rektörü

YÜRÜTME KURULU

Prof. Dr. Ahmet YILDIZ

Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanı

Doç. Dr. Gökhan GÖRHAN

Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekan
Yardımcısı

Dr. Öğr. Üyesi Senem GÜNER

Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekan
Yardımcısı

DÜZENLEME KURULU BAŞKANI

Arş. Gör. Sezin BARIN

Afyon Kocatepe Üniversitesi



DÜZENLEME KURULU

Dr. Öğr. Üyesi Senem GÜNER	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Arş. Gör. Ali Kemal AY	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Arş. Gör. Ardan Hüseyin EŞLİK	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Arş. Gör. Burcu KALYONCUOĞLU	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Arş. Gör. Demrenur ÖZÇATAL	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Arş. Gör. Emin TAŞ	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Arş. Gör. Eren Can SEYREK	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Arş. Gör. Hilal KARTAL	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Arş. Gör. Mustafa GÜRSOY	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Arş. Gör. Sami Serkan İŞOĞLU	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Öğr. Gör. Oğuzhan ÖZ	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Arş. Gör. Samiye ADAL	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Begüm KARAKAYA	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Betül DEMİRKOL	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Damla YILMAZ	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Deniz DİNÇER	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Elif KARADAĞ	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fatmanur SARAYDARLI	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Seda ORCİN	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Sevgi ELASLAN	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Simge ACELE	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Şeymanur ESEN	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Tuğçe ÇOBAN	Afyon Kocatepe Üniversitesi



BİLİM KURULU

Prof. Dr. Ahmet YILDIZ	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Prof. Dr. Atilla EVCİN	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Prof. Dr. Bahri ERSOY	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Prof. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Prof. Dr. Fatih Onur HOCAOĞLU	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Prof. Dr. Füsün BALIK ŞANLI	Yıldız Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. İbrahim TİRYAKIOĞLU	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Prof. Dr. İbrahim YILMAZ	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Prof. Dr. İsmail DEMİR	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Prof. Dr. H. Özkan TOPLAN	Sakarya Üniversitesi
Prof. Dr. Levent ÖZCAN	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Prof. Dr. Meltem DİLEK	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Prof. Dr. Mevlüt GÜLLÜ	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Prof. Dr. Murat UYSAL	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Prof. Dr. Mustafa YILMAZ	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Prof. Dr. Nil TOPLAN	Sakarya Üniversitesi
Prof. Dr. Ömer YILDIRIM	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi
Prof. Dr. Ramazan ŞEVİK	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Prof. Dr. Tamer BAYBURA	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Prof. Dr. Taner KAVAS	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Prof. Dr. Veli UZ	Kütahya Dumlupınar Üniversitesi
Doç. Dr. Alihsan ŞEKERTEKİN	Çukurova Üniversitesi
Doç. Dr. Can BAŞARAN	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Doç. Dr. Duygu ÇELİK ERTUĞRUL	Doğu Akdeniz Üniversitesi
Doç. Dr. Gökhan GÖRHAN	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Doç. Dr. Gökhan KÜRKLÜ	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Doç. Dr. Gür Emre GÜRAKSIN	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Doç. Dr. Hakan ÇİFTÇİ	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Doç. Dr. Mehmet Ali DERELİ	Giresun Üniversitesi
Doç. Dr. Metin BAĞCI	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Doç. Dr. Mustafa YALÇIN	Afyon Kocatepe Üniversitesi
Doç. Dr. Mohamed Abu AL-SAYED	Isra University, Jordan



Doç. Dr. Nizar POLAT
Doç. Dr. Saygın ABDİKAN
Doç. Dr. Serkan ELÇİN
Doç. Dr. Uçman ERGÜN
Doç. Dr. Uğur FİDAN
Doç. Dr. Zeynal TOPALCENGİZ
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Haşim YURTTAKAL
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Raif BOĞA
Dr. Öğr. Üyesi Aslı KARABAŞOĞLU
Dr. Öğr. Üyesi Burak TÜRKER
Dr. Öğr. Üyesi Cansu KURTULUŞ
Dr. Öğr. Üyesi Cemal KASNAK
Dr. Öğr. Üyesi Çiğdem AŞÇIOĞLU
Dr. Öğr. Üyesi Deniz AKIN ŞAHBAZ
Dr. Öğr. Üyesi Emre AKARSLAN
Dr. Öğr. Üyesi Erman DUMAN
Dr. Öğr. Üyesi Hakan ÇİFTÇİ
Dr. Öğr. Üyesi Naim KARASEKRETER
Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan ALAGÖZ
Dr. Öğr. Üyesi Ömer Gökberk NARİN
Dr. Öğr. Üyesi Özkan ASLAN
Dr. Öğr. Üyesi Rasim DOĞAN
Dr. Öğr. Üyesi Recep PALAMUTOĞLU
Dr. Öğr. Üyesi Sabire DUMAN
Dr. Öğr. Üyesi Sadık KAĞA
Dr. Öğr. Üyesi Senem GÜNER
Dr. Öğr. Üyesi Tülay ALTAY
Dr. Öğr. Üyesi Veli BAŞARAN
Arş. Gör. Dr. Elif AKGÜN
Arş. Gör. Dr. Mustafa KANIK
Arş. Gör. Dr. Nazan YILMAZ
Öğr. Gör. Dr. Tuğba DEDEBAŞ

Harran Üniversitesi
Hacattepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Muş Alparslan Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Sağlık Bilimleri Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Pamukkale Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fırat Üniversitesi
Fırat Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Afyon Kocatepe Üniversitesi



SEMPOZYUM PROGRAMI

10 HAZİRAN 2024 PAZARTESİ

<p style="text-align: center;">Afyon Kocatepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Abdullah Kaplan Konferans Salonu</p>	
13.00	Saygı Duruşu
	İstiklal Marşı
	<p style="text-align: center;">AÇILIŞ KONUŞMALARI</p> <p style="text-align: center;">Arş. Grv. Sezin BARIN (3. KOGRENSEM Düzenleme Kurulu Başkanı) Prof. Dr. Ahmet YILDIZ (Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanı)</p>
13.30	<p style="text-align: center;">DAVETLİ KONUŞMACI</p> <p style="text-align: center;">Dr.Tarık ÖĞÜT FİGES Yönetim Kurulu Başkanı</p>
14.30	<p style="text-align: center;">TÜBİTAK 2209A VE B ÖĞRENCİ PROJELERİ</p> <p style="text-align: center;">Prof. Dr. Cahit GÜRER Afyon Kocatepe Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Öğretim Üyesi</p>
15.30	<p style="text-align: center;">MÜHENDİSLİK MESLEĞİNDE KARİYER HEDEFLERİ ve GİRİŞİMCİLİK PANELİ</p> <p style="text-align: center;">Moderatör Doç. Dr Gökhan GÖRHAN Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekan Yardımcısı</p> <p style="text-align: center;">Konuşmacılar Aslıhan ŞAHAN Biyomedikal Mühendisi (Alice Virtualland Kurucu Ortağı) Metin KARAYİĞEN İnşaat Mühendisi (Metkar Grup İnşaat Mühendislik Müşavirlik San. ve Tic. Ltd. Şti.) Mehmet Ali EL Gıda Mühendisi (Tarım ve Orman Bakanlığı İl Kontrol Laboratuvarı Müdürlüğü)</p>



11 HAZİRAN 2024 SALI

[1] Mühendislik Fakültesi Konferans Salonu (102) Gıda Mühendisliği Oturumu Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KILINÇ	
9.30-11:00	Fermente Edilmiş Karadut Meyvesinin Fizikokimyasal ve Duyusal Özelliklerinin İncelenmesi (KOGRENSEM_03016) Beyza Kurt (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Senem Güner (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
	Farklı Kavurma Yöntemlerinin Kaju Kuruyemişinde Oluşan Etkileri (KOGRENSEM_03025) Nurbahar Karakeçeli (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ebru Atak (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Aytac Aghaliyeva (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Senem Güner (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
	Atık Değerlendirme ile Pektin Elde Edilmesi (KOGRENSEM_03026) Ebru Atak (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Nurbahar Karakeçeli (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Aytac Aghaliyeva (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Senem Güner (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
	Farklı Ekstraksiyon Koşullarının Portakal Kabuğundan Pektin Eldesi Üzerine Etkileri (KOGRENSEM_03031) Aytac Aghaliyeva (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Nurbahar Karakeçeli (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ebru Atak (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Aytac Aghaliyeva (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Senem Güner (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
	Gıdalarda Biyojen Aminler (KOGRENSEM_03033) Ramazan Şevik (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Şeyma Şanverdi (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Asmaa Sheikhanı (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Çiğdem Aşçıoğlu (Afyon Kocatepe Üniversitesi)



[2] Mühendislik Fakültesi Konferans Salonu (101) Jeoloji-Jeofizik Mühendisliği Oturumu Oturum Başkanı: Doç. Dr. Metin BAĞCI	
9:30-10:45	Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Elde Edilen Verilerin Analitik Hiyerarşi Proses Tekniği ile İncelenmesi: Bandırma' nın Taban Suyu Potansiyeli (KOGRENSEM_03032) Hande Çağatay (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi), Şebnem Önder (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi)
	Mermer Ocakları Üzerinde Yapılan Şev Stabilitesi Çalışmaları: İtalya Carrara Örneği (KOGRENSEM_03045) Sami Serkan İšoğlu (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ahmet Yıldız (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
	Jeotermal Aramalarda Elektrik ve Elektromanyetik Yöntemler (KOGRENSEM_03050) Muzammil Al Macky (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ahmet Yıldız (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Özcan Özyıldırım (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
	Volkanik Sistemlerde Manyetotellurik Özdirenç Modellerinden Eriyik Magma Kısımlarının Belirlemesi Muzammil Al Macky (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Özcan Özyıldırım (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Can Başaran (Afyon Kocatepe Üniversitesi)



[3] Mühendislik Fakültesi konferans salonu (102)
Elektrik-Kimya-Makine Mühendisliği Oturumu
Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Fatih SERTTAŞ

Uzay Tarımı Prototip Tasarımının Gerçekleştirilmesi
(KOGRENSEM_03015)

Mesut Arif Kardeş (Dumlupınar Üniversitesi), Zafer Arslan (Dumlupınar Üniversitesi)

11:15-12:15

Şeker Üretiminde Yeni Yaklaşım: Esmer Şekere Geçiş
(KOGRENSEM_03029)

Gülner Dilek (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ayşen Nur Çolak (Afyon Kocatepe Üniversitesi),
Hamdiye Merve Kaplan (Afyon Kocatepe Üniversitesi), İrem Teker (Afyon Kocatepe Üniversitesi),
Yağmur Kızılırmak (Afyon Kocatepe Üniversitesi)



[4] Mühendislik Fakültesi konferans salonu (101)
Bilgisayar Mühendisliği Oturumu
Oturum Başkanı: Dr. Öğretim Üyesi Ahmet Haşim YURTTAKAL

	<p>Makine Öğrenmesi Yöntemleri İle Kripto Para Tahmini (KOGRENSEM_03005)</p> <p>Elif Dilasa Kurt (Yıldız Teknik Üniversitesi), Ahmet Elbir (Yıldız Teknik Üniversitesi), Banu Diri (Yıldız Teknik Üniversitesi)</p>
11:00-11:45	<p>Detection of Security Vulnerabilities on Remote Computers by Manual Software Execution (KOGRENSEM_03038)</p> <p>Ali Fuat Tulumcu (Maltepe Üniversitesi), Ahmet Hakan Kapusuzoğlu (Maltepe Üniversitesi)</p>
	<p>Uyku Kalitesini Tahmin Etmede Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Karşılaştırılması (KOGRENSEM_03040)</p> <p>Ecesu Topçu (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Zeynep Sena Koç (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>



[5] Mühendislik Fakültesi Konferans Salonu (102)
Biyomedikal Mühendisliği Oturumu
Oturum Başkanı: Prof. Dr. Levent ÖZCAN

13:30-14:45	<p>Emg İşaretlerine Dayalı Kas İmbalans Ölçümü (KOGRENSEM_03011)</p> <p>İrem Güdücü (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Sena Balkan (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Rümeyza Özcan (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Uğur Fidan (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
	<p>Radyoloji Raporlarından Doğal Dil İşleme Teknikleri Kullanılarak Varlık İsmi Çıkarımı (KOGRENSEM_03018)</p> <p>Sedanur Orcin (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Uçman Ergün (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
	<p>FDM Tabanlı Biyolojik Yazıcı Üretimi (KOGRENSEM_03024)</p> <p>Emre Hot (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Sadık Kağa (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>
	<p>Derin Öğrenme Algoritmaları Kullanarak Mamografilerde Kanserli Bölge Tespiti (KOGRENSEM_03034)</p> <p>Tuğçe Çoban (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Uçman ERGÜN (Afyon Kocatepe Üniversitesi)</p>



[6] Mühendislik Fakültesi konferans salonu (102) Maden Mühendisliği Oturumu Oturum Başkanı: Doç Dr. Fatih BAYRAM	
15:00-16:30	Yaya Trafikine Maruz Kalan Doğaltaşlarda Avrupa (EN) ve Amerikan (ASTM) Aşınma Dayanımı Standardı Deney Yöntemlerinin Karşılaştırılması (KOGRENSEM_03004) İ. Sedat Büyüksağış (Afyon Kocatepe Üniversitesi), A. Cakir (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
	Doğaltaş Maden Ocaklarında Çalışan Ekskavatör Operatörlerinin Titreşim Maruziyeti (KOGRENSEM_03027) Zişan Memiş (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ali Ekrem Arıtan (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
	Yetkilendirilmiş Tüzel Kişilerde Maden ve Jeoloji Mühendisleri (KOGRENSEM_03037) Ali Koray Özdoğan (Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü), Behzat Gökçen Demir (Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü), Akın Akbulut (Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü)
	Maden Sahalarında Gerçekleşen Rehabilitasyon Faaliyetlerinin Önemi ve Maden Mevzuatındaki Yeri (KOGRENSEM_03042) Selçuk Bostancı (Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü), Özgün Türkeli (Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü), Fatih Pekdemir (Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü)
	Çok Telli Mermer Blok Kesme Makinalarının Üretim Performansı Bakımından İncelenmesi (KOGRENSEM_03046) Mehmet Özsarı (Afyon Kocatepe Üniversitesi), İrfan Engin (Afyon Kocatepe Üniversitesi)



12 HAZİRAN 2024 ÇARŞAMBA

[7] Mühendislik Fakültesi konferans salonu (102) Harita-İnşaat Mühendisliği Oturumu Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Ömer Gökberk NARİN	
9:30-11:00	Yapı Yaklaşık Maliyetinin Kamu Birim Fiyatları Kullanılarak Belirlenmesi ve Birim Fiyat Analizlerinin İncelenmesi (KOGRENSEM_03001) Hasan Demir (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Şerife Ak (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
	Türkiye'deki Ahşap Yapı Yönetmelik ve Standartlarının Karşılaştırılması (KOGRENSEM_03012) Enes Can Soytürk (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Veli Başaran (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Gökhan Kürklü (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
	Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Mezun Bilgi Sistemi Geliştirilmesi ve Leaflet JS ile Görselleştirilmesi: Afyon Kocatepe Üniversitesi Örneği (KOGRENSEM_03008) Mustafa Sayar (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Alp Duhan Kaya (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Mehmet Salih Çelik (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Mustafa Yalçın (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Eren Can Seyrek (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
	Uzay Tabanlı LiDAR Sistemleri ve Orman Yüksekliği Tahmini Uygulamaları (KOGRENSEM_03017) Eren Can Seyrek (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Murat Uysal (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
	Kil Zeminlerin Cam Elyaf ve Mermer Tozu ile Stabilizasyonu (KOGRENSEM_03053) Veli Burak SEZEN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ömer SINAN (Afyon Kocatepe Üniversitesi), İsmail ZORLUER (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Süleyman GÜCEK (Afyon Kocatepe Üniversitesi)



[8] Makine Mühendisliği Online Oturumu Oturum Başkanı Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Fatih YURAN (Çevrimiçi)	
13:00	Ahşap Tozu Filamentiyle Sipsi Yapımı ve Akustik Performans Analizi (KOGRENSEM_03002) Lokman Yünlü (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi), Mücahit Erdoğan (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi), Rifat Pekaya (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi)
13:15	3D Eklemeli İmalat Teknolojisinin Cura Enstrümanına Uygulanması (KOGRENSEM_03003) Lokman Yünlü (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi), Yüksel Barış (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi), Nejmettin Mustafa Yılmaz (Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi)
13:30	TiN Kesici Takımlarda Aşınma Analizi ve Performans Değerlendirmesi (KOGRENSEM_03006) Özkan Dayalı (Erciyes Üniversitesi)
13:45	Plastik Enjeksiyon İşleminde Enerji Tüketimini Etkileyen Faktörler ve Kalıp Enerji Sınıfının Belirlenmesi (KOGRENSEM_03030) Hilmi Kemal Yıldırım (Uludağ Üniversitesi), Erhan Pulat (Uludağ Üniversitesi)
14:00	Titanyum Oksit Kaplamaların Dört Nokta Prob Yöntemi ile Yalıtkanlığının Ölçülmesi (KOGRENSEM_03009) Şengül Danışman (Erciyes Üniversitesi), Emin Ersoy (Erciyes Üniversitesi), Ayşenur Atlı (Erciyes Üniversitesi), Ömercan Mert (Erciyes Üniversitesi), Filiz Hodancı (Erciyes Üniversitesi)



[9] Bilgisayar Mühendisliği Online Oturumu Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Süleyman YARIKKAYA (Çevrimiçi)	
13:00	Uzak Bilgisayarlardaki Güvenlik Açıklarının Tespiti (KOGRENSEM_03014) Kübra Yeşilkaya (Maltepe Üniversitesi), Emre Athier Olca (Maltepe Üniversitesi)
13:15	Sanal Marketlerden Otomatik Olarak Fiyat Verileri Toplanması ve Analizi (KOGRENSEM_03023) Murat Ali Öz (AIR Telekomünikasyon A.Ş.), Naim Karasekreter (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
13:30	Bilgisayar Mühendisi Öğrencilerinin Yapay Zeka Kaynaklı İşsizlik Endişelerinin Araştırılması (KOGRENSEM_03049) Mustafa Akgül (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Naim Karasekreter (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
13:45	Cyber Security Vulnerability Detection and Analysis System (KOGRENSEM_03052) Ahmet Emir Solak (Maltepe Üniversitesi), Taha Demirhan (Maltepe Üniversitesi), Emre Athier Olca (Maltepe Üniversitesi)



[10] Elektrik-Elektronik Mühendisliği Online Oturumu Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Yavuz Bahadır KOCA (Çevrimiçi)	
14:30	Güneş Işığına Duyarlı Güneş Paneli ile Verimlilik Takibinin Gerçekleştirilmesi (KOGRENSEM_03059) Görkem Biçer (Kütahya Dumlupınar Üniversitesi), Nazan Koca (Kütahya Dumlupınar Üniversitesi)
14:45	BLYNK Destekli Fotoğraf Çeken Kapı Zili (KOGRENSEM_03062) Batuhan Karahan (Kütahya Dumlupınar Üniversitesi)
15:00	Lazerle Ses İletimi ve Müzik Performansı için Amplifikatör Tasarımı (KOGRENSEM_03064) Celal Şahin Avcı (Kütahya Dumlupınar Üniversitesi), Can Doğruyol (Kütahya Dumlupınar Üniversitesi), Yavuz Selim Eryılmaz (Kütahya Dumlupınar Üniversitesi)
15:15	Plastik Enjeksiyon İşleminde Enerji Tüketimini Etkileyen Faktörler ve Kalıp Enerji Sınıfının Belirlenmesi (KOGRENSEM_03030) Hilmi Kemal Yıldırım (Uludağ Üniversitesi), Erhan Pulat (Uludağ Üniversitesi)



[11] Yazılım Mühendisliği Online Oturumu Oturum Başkanı: Dr. Öğr. Üyesi Nevzat OLGUN (Çevrimici)	
14:15	Uzak Bilgisayarlardaki Güvenlik Açıklarının Ajan Tabanlı Yazılım İle Tespiti (KOGRENSEM_03056) Enver Yılmaz (Maltepe Üniversitesi), Yağmur Tank (Maltepe Üniversitesi), Emre Atlıer Olca (Maltepe Üniversitesi)
14:30	VigilantGuard: Fortifying Network Security Through MITRE ATT&CK Framework (KOGRENSEM_03057) Mustafa Palut (Maltepe Üniversitesi), Mustafa Öztürk (Maltepe Üniversitesi), Emre Atlıer Olca (Maltepe Üniversitesi)
14:45	Advanced Cyber security Attacks and Real Time Data Extraction Techniques (KOGRENSEM_03058) Arian Hadi (Maltepe Üniversitesi), Orkun Kurul (Maltepe Üniversitesi), Emre Atlıer Olca (Maltepe Üniversitesi)
15:00	Phishing and Content Injection Attack (KOGRENSEM_03060) Alp Mert Çelenk (Maltepe Üniversitesi), Ulaş Çetin (Maltepe Üniversitesi), Emre Atlıer Olca (Maltepe Üniversitesi)



[12] Elektrik-Elektronik Mühendisliği Online Oturumu Oturum Başkanı: Doç. Dr. Uçman ERGÜN (Çevrimiçi)	
15:45	NodeMCU Tabanlı Mesafe Algılayıcı Akıllı Baston Projesi (KOGRENSEM_03051) Mehmet Burak Akkuş (Kütahya Dumlupınar Üniversitesi)
16:00	Yaşlı veya Engelli Bireyler İçin Nabız ve Sıcaklık Ölçümü Yapabilen Akıllı Bileklik Tasarımı (KOGRENSEM_03054) Ayberk Çatamak (Kütahya Dumlupınar Üniversitesi)
16:15	Tomografi Görüntüsünden Yapay Zeka ve Derin Öğrenme Tabanlı Göğüs Kanseri Tespiti (KOGRENSEM_03055) Beyza Öztürk (Kütahya Dumlupınar Üniversitesi), Abdullah Çağrı Uztürk (Kütahya Dumlupınar Üniversitesi)



[13] Yazılım Mühendisliği Online Oturumu Oturum Başkanı : Dr. Öğr. Üyesi Caner BALIM (Çevrimiçi)	
15:30	MITRE ATT&CK SCRIPTS (KOGRENSEM_03061) İrem Nur Yılmaz (Maltepe Üniversitesi), Muhammet Fatih Bahadır (Maltepe Üniversitesi), Emre Atlher Olca (Maltepe Üniversitesi)
15:45	Remote Computer Management System (KOGRENSEM_03063) Kutay Koray (Maltepe Üniversitesi), Yakup Kaan Ekşi (Maltepe Üniversitesi), Emre Atlher Olca (Maltepe Üniversitesi)
16:00	Agent-Based Software for Detecting Security Vulnerabilities in Remote Computers (KOGRENSEM_03065) Rutkay Aziz Aksu (Maltepe Üniversitesi), Yaren Yıldız (Maltepe Üniversitesi), Emre Atlher Olca (Maltepe Üniversitesi)
16:15	Mitre Attack Simülasyonu (KOGRENSEM_03066) İrem Batak (Maltepe Üniversitesi), Emre Atlher Olca (Maltepe Üniversitesi)



[14] Kimya Mühendisliği Online Oturumu Oturum Başkanı : Doç. Dr. İbrahim BULDUK (Çevrimiçi)	
16:45	Magnezyum Oksit Ve Magnezyum Karbonat Bileşiklerinden Potasyum Struvit Eldesi Ve Karakterizasyonu (KOGRENSEM_03007) Cemile Kayan (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi), Buse Baygınoğlu (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi), Hasan Arslanoğlu (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi)
17:00	Lignoselülozik Atıkların Sülfürik Asitle Karbonizasyonu ile Oluşan Gaz ve Katı Ürünlerin Atıksulardan Krom Giderilmesinde Kullanılması (KOGRENSEM_03010) Kutay Çağlayan (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi), İbrahim Uyar (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi), Hasan Arslanoğlu (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi)
17:15	Endüstriyel Atıklardan Üretilen Adsorbent ile Atık Sudan Hg(II) ve As(V) Gideriminin Araştırılması (KOGRENSEM_03021) Serhat Balcı (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi), Feride N. Türk (Çankırı Karatekin Üniversitesi), Hasan Arslanoğlu (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi)



[15] Yazılım Mühendisliği Online Oturumu Oturum Başkanı : Dr. Öğretim Üyesi Naim KARASEKRETER (Çevrimiçi)	
16:45	MITRE ATT&CK Framework ile Güvenlik Testleri ve Sonuçları (KOGRENSEM_03067) Berkay Utku Pak (Maltepe Üniversitesi)
17:00	Agent-Based Security Platform for Remote Computers (KOGRENSEM_03068) Ahmet Emirhan Karademir (Maltepe Üniversitesi), Furkan Pınar (Maltepe Üniversitesi)
17:15	Uzak Bilgisayarlardaki Güvenlik Açıklarının Ajan Tabanlı Yazılım İle Tespiti (KOGRENSEM_03069) Enver Yılmaz (Maltepe Üniversitesi), Yağmur Tank (Maltepe Üniversitesi), Emre Athier Olca (Maltepe Üniversitesi)



[16] Maden Mühendisliği Online Oturumu Oturum Başkanı: Doç. Dr. Metin BAĞCI (Çevrimiçi)	
17:45	Antik Yerleşim Yerlerinde Kullanılan Mermerlerin Orijinlerinin (Köken) Belirlenmesi Üzerine Yapılan Çalışmaların Araştırılması (KOGRENSEM_03043) Ziyad Hüseyinağa (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Metin Bağcı (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Ahmet Yıldız (Afyon Kocatepe Üniversitesi)
18:00	İnsansız Hava Aracı Yardımıyla Yıl Bazlı Blok Üretim-Pasa Miktarlarının Hesaplanması: Yılanlı (Muğla) Bölgesi Sayın Firmasına Ait Mermer Ocağı Örneği (KOGRENSEM_03044) Ahmet Ören (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Metin Bağcı (Afyon Kocatepe Üniversitesi), Sami Serkan İşoğlu (Afyon Kocatepe Üniversitesi)



TAM METİN BİLDİRİLER



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
<i>Yapı Yaklaşık Maliyetinin Kamu Birim Fiyatları Kullanılarak Belirlenmesi ve Birim Fiyat Analizlerinin İncelenmesi</i>	2
<i>Ahşap Tozu Flamentiyle Sipsi Yapımı ve Akustik Performansı.....</i>	14
<i>Titanyum Oksit Kaplamaların Dört Nokta Prob Yöntemi ile Yalıtkanlığının Ölçülmesi.....</i>	21
<i>Dondurulmuş Parmak Patates Kalitesine Haşlamanın Etkisi.....</i>	31
<i>Uzak Bilgisayarlardaki Güvenlik Açıklarının Tespiti</i>	40
<i>Uzay Tarımı Prototip Tasarımının Gerçekleştirilmesi.....</i>	46
<i>Uzay Tabanlı LiDAR Sistemleri ve Orman Yüksekliği Tahmini Uygulamaları</i>	51
<i>Radyoloji Raporlarından Doğal Dil İşleme Teknikleri Kullanılarak Varlık İsmi Çıkarımı</i>	60
<i>Sanal Marketlerden Otomatik Olarak Fiyat Verileri Toplanması ve Analizi</i>	73
<i>FDM Tabanlı Biyolojik Yazıcı Üretimi.....</i>	79
<i>Doğaltaş Maden Ocaklarında Çalışan Ekskavatör Operatörlerinin Titreşim Maruziyeti.....</i>	86
<i>Derin Öğrenme Algoritmaları Kullanarak Mamografilerde Kanserli Bölge Tespiti.....</i>	93
<i>Uyku Kalitesini Tahmin Etmede Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Karşılaştırılması.....</i>	98



Yapı Yaklaşık Maliyetinin Kamu Birim Fiyatları Kullanılarak Belirlenmesi ve Birim Fiyat Analizlerinin İncelenmesi

Hasan Demir ¹ ve Şerife Ak ^{1*}

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar

* Sorumlu yazar: sgokce@aku.edu.tr

Özet

Bir inşaat projesi başlamadan önce hesaplanan yaklaşık maliyetinin, proje hayata geçirildikten sonra ortaya çıkan gerçek maliyete yakın olması proje başarısının önemli göstergelerindedir. Kamu birim fiyatları kullanılarak yaklaşık maliyet belirlenmesi sık başvurulan yöntemlerden biridir. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayınlanan inşaat birim fiyatları ile yapılacak inşaat imalat işlerinin metrajlarının çarpılması, sonuçların toplanması, toplam sonuca kâr ve genel giderlerin eklenmesiyle yapı yaklaşık maliyeti belirlenebilmektedir. Ancak senenin başında, genellikle bütün yıl için geçerli olacak şekilde yayınlanan kamu birim fiyatları, aynı yıl içerisinde çeşitli sebeplere bağlı olarak güncelliğini yitirebilmektedir. Bu çalışmada, örnek bir yapının yaklaşık maliyeti kamu birim fiyatları kullanılarak hesaplanmıştır. Bu yapıya ait porsantajı yüksek olan iş kalemlerinin 2024 yılı genel fiyat analizleri kapsamında, bir birim iş için ihtiyaç duyulan işçilik ve malzeme gerekleri incelenmiştir. Daha sonra Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu kararına dayanarak TÜİK İnşaat Maliyet Endeksi ve Değişim Oranına göre birim fiyatlar çalışmanın yürütüldüğü zaman dilimine ait endekslere bağlı olarak güncellenmiştir. Dikkate alınan iş kalemleri için piyasa araştırması yapılarak güncel piyasa fiyatları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar kamu birim fiyatları, TÜİK İnşaat Maliyet Endeksi ve Değişim Oranına göre güncellenmiş fiyatlar ve güncel piyasa fiyatları arasında farklılıklar olduğunu göstermektedir. Sonuçlar karşılaştırmalı olarak sunularak farklılıklar ortaya konmuş ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: yaklaşık maliyet, metraj, birim fiyat analizi, inşaat sektörü

Determining the Approximate Cost of the Building Using Public Unit Prices and Examining Unit Price Analyses

Abstract

One of the critical indicators of project success is that the approximate cost calculated before the start of a construction project is close to the actual cost after the project is implemented. Determining approximate costs using public unit prices is a frequently used method. The approximate cost of the building can be determined by multiplying the construction unit prices published by the Ministry of Environment, Urbanization, and Climate Change with the quantities of the construction works to be done, adding up the results, and adding profit and general expenses to the total result. However, public unit prices published at the beginning of the year, generally valid for the whole year, may become outdated due to various reasons within the same year. This study calculated the approximate cost of a sample building using public unit prices. Within the scope of the 2024 detailed price analysis of work items with high percentages of this building project, the labor and material requirements for one unit of work were examined. Then, based on the decision of The Higher Technical Board of the Ministry of Environment, Urbanization, and Climate Change, unit prices were updated according to

the TurkStat Construction Cost Index and Change Rate, depending on the indices of the period in which the study was carried out. Market research was conducted for the work items considered, and current market prices were determined. The results show differences between public unit prices, updated prices according to the TurkStat Construction Cost Index and Change Rate, and current market prices. The results were presented comparatively, differences were revealed and evaluations were performed.

Key words: approximate cost, quantities, unit price analysis, construction industry

1. Giriş

Bir inşaat projesine başlanmadan önce yaklaşık maliyetinin tahmin edilmesi, projenin başarısını etkileyen önemli faktörlerden bir tanesidir. Yapı imalat sürecinin paydaşlarından olan tasarımcının mal sahibine projenin yaklaşık maliyeti hakkında doğru bilgi aktarması, mal sahibinin yatırımı yapıp yapmayacağına karar vermesi, yüklenicinin kârını tahmin etmesi gibi hususlar yapı yaklaşık maliyetinin gerçekçi tahmin edilmesiyle doğrudan ilişkilidir (İlerisoy, 2014). Yaklaşık maliyetin belirlenmesinde metraj ve birim fiyat olmak üzere iki önemli aşama bulunmaktadır (Sağır, 2019). Metraj, projenin tamamlanması için ihtiyaç duyulan malzeme, işçilik ve ekipman gereksinimlerinin miktar olarak belirlenmesi işlemidir (Maarouf, 2011). Başka bir deyişle projedeki imalatların, m, m², m³, kg veya ton, adet gibi ölçülebilir birimlerle ifade edilmesidir (Çelik, 2019). Birim fiyat ise, miktarları belirlenen imalatların bir biriminin fiyatıdır. Kamu birim fiyatları, yerel veya ulusal olarak kamu otoriteleri tarafından belirlenen standart fiyatlandırma sistemleridir. Ülkemizde Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİB) tarafından yayınlanan inşaat birim fiyatları, kamu projelerinde standart referanslar olarak kullanılmaktadır. Bakanlığın yayınladığı birim fiyatlar, kamu adına yapılacak resmi yapım işlerini kapsamaktadır. Ancak, kamu birim fiyatlarının kullanılması yaklaşık maliyet hesaplarının standardizasyonunu ve karşılaştırılabilirliğini artırmaktadır. Bu nedenle, özel yapıların yaklaşık maliyetlerinin belirlenmesinde de kamu birim fiyatları sık sık kullanılmaktadır. Yapı yaklaşık maliyeti belirlenirken proje özelliklerine ve yerel koşullara uygun olan birim fiyatlar Bakanlığın yayınladığı birim fiyatlar listesinden seçilmektedir. Seçilen birim fiyatlar, belirlenen imalat miktarları ile çarpılmakta, elde edilen sonuçlar toplanmakta ve KDV hariç olacak şekilde yapı yaklaşık maliyeti elde edilmektedir.

İnşaat projelerinin sınırlı kaynaklar dâhilinde gerçekleştirilmesi nedeniyle, proje hayata geçirilmeden önce maliyetinin belirlenmesi geçmişten günümüze kadar pek çok araştırmanın konusu olmuştur. Tokalakoğlu (2010) çalışmasında, kamu kurumlarındaki yetkililerle görüşmeler yaparak yaklaşık maliyet hesaplama aşamasında karşılaştıkları zorlukları belirlemiş ve çözüm olarak yaklaşık maliyet hesap şartnamesi önerisinde bulunmuştur. Seyfi ve diğ. (2017), farklı tipteki yapıların yaklaşık maliyetlerini iş kalemi bazında ÇŞİB birim fiyatları ile karşılaştırarak farklı sonuçlar elde edildiğini ortaya koymuş, bu duruma ilişkin çözüm önerileri sunmuşlardır. Sağır (2019) çalışmasında ele aldığı yapıların yaklaşık maliyetlerini kamu birim fiyatları ile belirlemiştir. Beş yıllık zaman aralığında, Bakanlığın yayınlamış olduğu birim fiyatlar ile yaklaşık maliyet güncellemesi yaparak sonuçların karşılaştırmalarını yapmıştır. Çalışmaya göre kamu birim fiyatları piyasa fiyatlarını yansıtmamakta ve belirlenen yaklaşık maliyetler yanıltıcı olabilmektedir. Sucu Ünal (2023), kamu birim fiyat analizlerindeki iş kalemlerinin piyasa değerlerini belirlemek için sektör çalışanları ile görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Birim fiyat analizlerinin karşılaştırmasının yapıldığı çalışmada yaklaşık maliyet hazırlamada en sık kullanılan iş kalemlerine ait birim fiyatların piyasa koşullarını yansıtmadığı ortaya konmuştur. Ayyarkın ve Bayram (2023) çalışmalarında, bir konut projesinin inşaat imalat kalemlerinin kaynak analizleri ile ÇŞİB istatistiklerini karşılaştırarak farklılıkları ortaya koymuşlardır.

Görüldüğü gibi yapı yaklaşık maliyetinin doğru tahmin edilmesi, bütçe planlaması, kaynak dağıtımı ve risk yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu noktadan hareketle bu çalışma kapsamında kamu birim fiyatları ile yapı yaklaşık maliyetinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Seçilen birim fiyatların yerel koşullardan ne ölçüde etkilendiğini ortaya koyabilmek için pirsantajı yüksek olan üç iş kalemi için Afyonkarahisar ilinde birim fiyat analizi bazında piyasa araştırması yapılmıştır. Yalnızca bu iş kalemlerini ve örnek projenin metraj miktarlarını dikkate alarak hem piyasa birim fiyatlarına göre hem de Bakanlığın yayınladığı birim fiyatlara göre ayrı ayrı yaklaşık maliyet hesaplaması yapılmıştır. Ayrıca gelişen enflasyon ortamını da göz önünde bulundurarak Bakanlığın yayınladığı fiyatlar TÜİK İnşaat Maliyet Endeksi ve Değişim Oranına göre güncellenmiştir. Elde edilen bütün sonuçlar karşılaştırılarak ortaya çıkan farklılıkların nedenleri ve çözüm önerileri tartışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu bölümde, çalışmada kullanılan yöntemlere ve örnek projeye ait detaylar açıklanmaktadır.

2.1. Materyal

Çalışma kapsamında örnek yapı olarak Afyonkarahisar ili Merkez ilçesi Nuribey kasabasında 21 pafta 111 ada 1 parselde bulunan tek kattan oluşan betonarme konut projesi seçilmiştir. Projenin inşaat işlerine ait iş kalemleri belirlenmiştir. Belirlenen iş kalemleri ve poz numaraları Tablo 1’de görülmektedir.

Tablo 1. İş kalemlerine ait poz numaraları ve iş tanımları (Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024)

Poz Numarası	İşin Tanımı	İşin Birimi
15.120.1001	Makine ile yumuşak ve sert toprak kazılması (serbest kazı)	m ³
15.125.1008	32 mm’ye kadar kırmataş temin edilerek, makine ile serme, sulama ve sıkıştırma yapılması	m ³
15.150.1003	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 16/20 basınç dayanım sınıfında, gri renkte, normal hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m ³
15.160.1003	Ø 8- Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması	ton
15.160.1004	Ø 14- Ø 28 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması.	ton
15.160.1001	Nervürlü çelik hasırın yerine konulması 1,500-3,000 kg/m ² (3,000 kg/m ² dahil)	ton
35.140.1101	4 mm ² Çıplak örgülü veya dolu bakır tel (PVC borulu tesisatta esas kolon hattı ile aynı boru içinde) ana ve tali tablo topraklama hattı	m
15.180.1003	Plywood ile düz yüzeyli betonarme kalıbı yapılması	m ²
15.150.1005	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 25/30 basınç dayanım sınıfında, gri renkte, normal hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	m ³
15.255.1012	3 mm kalınlıkta elastomer esaslı (-20 soğukta bükülmeli) polyester keçe taşıyıcılı ve 3,3 mm kalınlıkta elastomer esaslı (-20 soğukta bükülmeli) polyester keçe taşıyıcılı bir yüzü mineral kaplı polimer bitümlü örtüler ile iki kat su yalıtımı yapılması	m ²
15.185.1013	Ön yapımlı bileşenlerden oluşan tam güvenli, dış cephe iş iskelesi yapılması (0,00-51,50 m arası)	m ²
15.220.1004	135 mm kalınlığında yatay delikli tuğla (190 x 135 x 190 mm) ile duvar	m ²

15.220.1005	yapılması 190 mm kalınlığında yatay delikli tuğla (190 x 190 x 135 mm) ile duvar yapılması	m ²
15.250.1001	200 kg çimento dozlu tesviye tabakası yapılması	m ²
15.275.1101	250/350 kg çimento dozlu kaba ve ince harçla sıva yapılması (dış cephe sıvası)	m ²
15.275.1102	200/250 kg çimento dozlu kaba ve ince harçla sıva yapılması (iç cephe sıvası)	m ²
15.280.1009	Perlitli sıva alçısı ve saten alçı ile kaplama yapılması (Beton, tuğla duvar vb. yüzeylere)	m ²
15.341.2001	6 cm kalınlıkta yüzeye dik çekme mukavemeti en az 200 kPa olan, yüzeyi pürüzlü veya pürüzlü kanallı ekstrüde polistren levhalar ile dış duvarlarda dıştan ısı yalıtımı ve üzerine ısı yalıtım sıvası yapılması (Mantolama)	m ²
15.390.1064	(30 x 30 cm) veya (33 x 33 cm) anma ebatlarında, rektifiyeli, her türlü renk, desen ve yüzey özelliğinde, I.kalite, parlak, sırsız porselen karo ile 3 mm derz aralıklı döşeme kaplaması yapılması (karo yapıştırıcısı ile)	m ²
15.540.1260	Yeni sıva yüzeylere macun ve astar uygulanarak iki kat su bazlı mat boya yapılması (iç cephe)	m ²
15.540.1325	Brüt beton, sıvalı veya eski boyalı yüzeylere, astar uygulanarak silikon esaslı grenli/tekstürlü kaplama yapılması (dış cephe)	m ²
15.510.1101	Ahşaptan masif tablalı iç kapı kanadı yapılması ve yerine konulması	m ²
15.455.1001	Plastik doğrama imalatı yapılması ve yerine konulması	kg
15.550.1003	2,00 mm kalınlığında sıcak haddelenmiş sacdan bükme kapı kasası yapılması ve yerine konulması	kg
15.460.1001	Naturel-mat eloksallı profillerle ısı yalıtımsız alüminyum doğrama imalatı yapılması ve yerine konulması	kg
15.520.1002	Tip ahşap mutfak tezgah altı dolabı yapılması ve yerine monte edilmesi	m ²
15.520.1003	Tip ahşap mutfak tezgah üstü dolabı yapılması ve yerine monte edilmesi	m ²
77.165.1010	3 cm renkli mermer plakalarla tezgah üstü kaplaması yapılması	m ²
15.305.1003	Yan ve üst kenarından kenetlenen kiremit ile çatı örtüsü yapılması (Sızdırmazlık Sınıfı: Grup 1) (150 donma-çözülme çevrimine dayanıklı) (2 Latalı sistem)	m ²
15.305.1005	Mahya kiremitleri ile mahya yapılması (Sızdırmazlık Sınıfı: Grup 1) (150 donma-çözülme çevrimine dayanıklı)	m
15.310.1201	14 nolu çinko levhadan eğimli çatı deresi yapılması ve yerine konulması	m
15.315.1003	Ø 125 mm çapında bir ucu muflu sert PVC yağmur borusu temini ve yerine tesbiti	m
15.300.1001	Ahşaptan oturma çatı yapılması (çatı örtüsü altı tahta kaplamalı)	m ²

Not: Bu tablodaki poz numaraları ve iş tanımları Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2024 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları kitabından alınmıştır.

2.2. Metot

Yapı yaklaşık maliyeti aşağıda verilen denklem 1 aracılığıyla hesaplanmaktadır.

$$\text{Yapı Yaklaşık Maliyeti} = \sum \left(\frac{\text{Malzeme Maliyeti} + \text{İşçilik Maliyeti} + \text{Makine ve Ekipman Maliyeti} + \text{Genel Giderler}}{\text{Genel Giderler}} \right) \times \text{Miktar} + \text{Kâr Marjı} \quad (1)$$

Bu çalışmada ilk olarak, Tablo 1'de verilen iş kalemlerinin örnek yapı projesindeki toplam miktarlarını belirlemek için metraj çalışması gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ÇŞİB 2024 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları kitabından (Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024) deklm 1'de

parantez içindeki ifade ile temsil edilen, her bir iş kalemine karşılık gelen birim fiyatlar ve poz numaraları tespit edilmiştir. %25 oranında kâr marjının eklenmesiyle yapı yaklaşık maliyeti belirlenmiştir.

Çalışmanın sonraki aşamasında, metrajları çıkarılan iş kalemlerinin proje içindeki oransal dağılımlarını belirlemek amacıyla porsantajları hesaplanmıştır. Porsantajı yüksek olan 3 iş kaleminin ÇŞİB 2024 Yılı İnşaat Genel Fiyat Analizleri kitabındaki (Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024), bir birim iş için ihtiyaç duyulan işçilik, malzeme, makine ekipman ve genel gider gerekleri belirlenmiştir. Bu birim fiyat analizleri doğrultusunda 15-20 Nisan 2024 tarihleri arasında Afyonkarahisar ilinde faaliyet gösteren üretici firmalar, tedarikçiler ve işçiler ile yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiş ve güncel piyasa fiyatları belirlenmiştir. Daha sonra Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı'nın 15.08.2018 tarih ve 2018/31 numaralı kararı doğrultusunda TÜİK İnşaat Maliyet Endeksi ve Değişim Oranına göre birim fiyatlar, çalışmanın yürütüldüğü zaman dilimine ait endekslere bağlı olarak güncellenmiştir. Güncelleme katsayısının belirlenmesinde denklem 2 kullanılmıştır.

$$\text{Güncelleme Katsayısı} = \frac{\text{Güncel Endeks}}{\text{Temel Endeks}} \quad (2)$$

Son olarak seçilen üç iş kalemi ve örnek projenin metraj miktarlarına bağlı olarak kamu birim fiyatları, piyasa fiyatları ve TÜİK İnşaat Maliyet Endeksi ve Değişim Oranına göre güncellenmiş fiyatlar ile elde edilen yaklaşık maliyetler karşılaştırılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Yaklaşık Maliyetin Belirlenmesi

Tablo 1'de verilen iş kalemlerinin metraj miktarlarının 2024 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları ile çarpılmasıyla elde edilen yaklaşık maliyet icmali Tablo 2'de görülmektedir. İnşaat imalatları toplamı elde edilirken her bir iş kalemi ayrı ayrı karşılık gelen birim fiyatı ile çarpılmış ve elde edilen sonuçlar toplanmıştır. Elektrik ve su tesisatı imalatları ile mekanik ısıtma tesisatı imalatlarının inşaat imalatlarının %10'u olduğu varsayımı ile hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Bu hesaplamalar sonucunda örnek yapının yaklaşık maliyeti 3.003.103,85 ₺ olarak belirlenmiştir.

Tablo 2. 2024 yılı birim fiyatları ile yaklaşık maliyet icmali

Sıra No	İşin Kısımları	Tutar	Porsantaj (%)
1	İnşaat İmalatları Toplamı	2.002.069,24 ₺	83,34
2	Elektrik ve Su Tesisatı İmalatları Toplamı	200.206,92 ₺	8,33
3	Mekanik ve Isıtma Tesisatı İmalatları Toplamı	200.206,92 ₺	8,33
	Genel Toplam (KDV Hariç)	2.402.483,08 ₺	100
	%25 Kar ve Genel Giderler	600.620,77 ₺	
	Toplam Yaklaşık Maliyet	3.003.103,85 ₺	

İnşaat imalatları içerisinde porsantajı en yüksek olan 5 iş kalemine ait bilgiler Tablo 3'te görülmektedir.

Örnek projenin metrajlarına ve ÇŞİB 2024 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatlarına dayanarak hesaplanan maliyetlere göre porsantajı en yüksek olan iş kalemi % 13,74 oranla *kalıp işleri* olarak belirlenmiştir. İkinci sırada %12,44 oranla *beton işleri* yer almıştır. Üçüncü sırada ise %8,43 oranla *demir (donatı) işleri* bulunmaktadır.

Tablo 3 Maliyete dayalı porsantajı en yüksek olan 5 iş kaleminin bilgileri

Poz Numarası	İşin Tanımı	Miktarı (metraj)	ÇŞİB 2024 Yılı Birim Fiyatı (₺)	Maliyeti (₺)	Porsantajı (%)
15.180.1003	Plywood ile düz yüzeyli betonarme kalıbı yapılması	433,47 m ²	634,51	275.041,05	13,74
15.150.1005	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 25/30 basınç dayanım sınıfında, gri renkte, normal hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	95,59 m ³	2.605,30	249.038,15	12,44
15.160.1003	Ø 8- Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması	5,04 ton	33.511,95	168.796,73	8,43
15.300.1001	Ahşaptan oturma çatı yapılması (çatı örtüsü altı tahta kaplamalı)	183,90 m ²	835,03	153.562,02	7,67
15.275.1102	200/250 kg çimento dozlu kaba ve ince harçla sıva yapılması (iç cephe sıvası)	347,03 m ²	408,70	141.831,16	7,08

Not: Bu tablodaki poz numaraları ve iş tanımları Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2024 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları kitabından alınmıştır.

3.2. Birim Fiyat Analizlerinin İncelenmesi

Çalışmanın bu bölümünde yapılan piyasa araştırmasından elde edilen bulgular sunulmuştur. Tablo 3'teki yüksek porsantaj oranına sahip olan üç iş kalemi için piyasa araştırması yapılarak birim fiyat analizleri ÇŞİB 2024 Yılı İnşaat Genel Fiyat Analizleri ile karşılaştırılmıştır. Tablo 3'e göre en yüksek porsantaj oranına 15.180.1003 poz numaralı plywood ile düz yüzeyli betonarme kalıbı yapılması işi sahiptir. Bu iş kaleminin birim fiyat analizine dayanarak piyasa bilgileri elde edilebilmektedir. Ancak kalıpların istenilen ölçü ve şekillerde kesilerek imal edilmesi ayrı bir işlem gerektirmektedir. Bu sürece farklı piyasa parametrelerinin de adapte edilmesiyle ayrıca fiyat araştırması yapılması gerekmektedir. Bu nedenlerden dolayı belirtilen poz numarası için piyasa araştırması yapılamamıştır.

Tablo 3'teki 15.150.1005 poz numaralı *beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 25/30 basınç dayanım sınıfında, gri renkte, normal hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)*, 15.160.1003 poz numaralı *Ø 8- Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması*, 15.275.1102 poz numaralı *200/250 kg çimento dozlu kaba ve ince harçla sıva yapılması (iç cephe sıvası)* iş kalemleri için Afyonkarahisar ilinde faaliyet gösteren üretici firmalar, tedarikçiler ve işçiler ile yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiş ve güncel piyasa fiyatları elde edilmiştir. Güncel piyasa fiyatları ile ÇŞİB 2024 Yılı İnşaat Genel Fiyat Analizleri karşılaştırılmış elde edilen sonuçlar sırasıyla Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6'da verilmiştir.

15.150.1005 pozunun 1 m³ birim fiyatı piyasa araştırması sonucuna göre %21,93 oranında daha fazladır. Malzeme bazındaki artış oranı %22,52 iken işçilik bazında %12,28 oranında bir artış gözlenmiştir.

Tablo 4. 15.150.1005 pozu genel fiyat analizi

Poz No	Analizin Adı				Ölçü Birimi			
15.150.1005	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 25/30 basınç dayanım sınıfında, gri renkte, normal hazır beton dökülmesi (beton nakli dâhil)				m ³			
				ÇŞİB 2024 Yılı İnşaat Genel Fiyat Analizleri		Piyasa Araştırması		
Poz No	Tanımı	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı (₺)	Birim Fiyatı	Tutarı (₺)	
	Malzeme:							
10.130.1505	C 25/30 beton harcı m ³ 1 1.950,00 1.950,00 (Nakliye dahil)	m ³	1	1.950,00	1.950,00	2.400,00	2.400,00	
10.130.9991	Su	m ³	0,4	35,00	14,00	15,82	6,33	
	İşçilik:							
	Beton pompası ile basılması, yerine dökülmesi, sıkıştırılması ve korunması karşılığı							
19.100.1101	Mobil Beton Pompasının Bir Saatlik Ücreti (420 HP)	sa	0,01	4.062,41	40,62	3.000,00	30,00	
10.100.1015	Betoncu ustası	sa	0,15	190,00	28,50	300,00	45,00	
10.100.1062	Düz işçi	sa	0,3	124,00	37,20	150,00	45,00	
19.100.1033	Beton vibratörü	sa	0,05	278,35	13,92	300,00	15,00	
	Malzeme + İşçilik Tutarı				2.084,24		2.541,33	
	25 % Yüklenici kârı ve genel giderler				521,06		635,33	
	1 m³ Fiyatı				2.605,30		3.176,66	
	Artış Oranı					%21,93		

Not: Bu tablodaki birim fiyat analizlerinin poz numaraları ve iş tanımları Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2024 Yılı İnşaat Genel Fiyat Analizleri kitabından alınmıştır.

Tablo 5. 15.160.1003 pozu genel fiyat analizi

Poz No	Analizin Adı				Ölçü Birimi			
15.160.1003	Ø 8 - Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması				ton			
				ÇŞİB 2024 Yılı İnşaat Genel Fiyat Analizleri		Piyasa Araştırması		
Poz No	Tanımı	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı (₺)	Birim Fiyatı	Tutarı (₺)	
	Malzeme:							
10.130.1704	Beton çelik çubuğu nervürlü	kg	1050	18,70	19.635,00	25,5	26.775,00	

	Zayıyatı ve bağlantı teli dahil						
	İşçilik:						
19.100.1111	Demir kesme ve bükme makinası	sa	2	37,28	74,56	100,00	200,00
10.100.1019	Kesilmesi, bükülmesi, yerine konulması						
10.100.1019	Soğuk demirci ustası	sa	10	190,00	1.900,00	300,00	3.000,00
10.100.1047	Soğuk demirci usta yardımcısı	sa	15	140,00	2.100,00	200,00	3.000,00
10.100.1062	Düz işçi	sa	15	124,00	1.860,00	150,00	2.250,00
	Düz işçi (İnşaat yerindeki yüklenme, boşaltma, yatay ve düşey taşıma)	sa	10	124,00	1.240,00	150,00	1.500,00
	Malzeme + İşçilik Tutarı				26.809,56		36.725,00
	25 % Yüklenici kârı ve genel giderler				6.702,39		9.181,25
	1 ton Fiyatı				33.511,95		45.906,25
	Artış Oranı						%36,98

Not: Bu tablodaki birim fiyat analizlerinin poz numaraları ve iş tanımları Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2024 Yılı İnşaat Genel Fiyat Analizleri kitabından alınmıştır.

15.160.1003 pozunun 1 ton birim fiyatı piyasa araştırması sonucunda ÇŞİB 2024 yılı birim fiyatından %36,98 oranında daha fazla elde edilmiştir. Malzeme bazındaki artış oranı %36,36, işçilik bazındaki artış oranı %38,68 olarak belirlenmiştir.

Tablo 6. 15.275.1102 pozu genel fiyat analizi

Poz No	Analizin Adı	Ölçü Birimi		ÇŞİB 2024 Yılı İnşaat Genel Fiyat Analizleri		Piyasa Araştırması	
15.275.1102	200/250 kg kireç/çimento karışımı kaba ve ince harçla sıva yapılması (iç cephe sıvası)	m ²		Birim Fiyatı	Tutarı (₺)	Birim Fiyatı	Tutarı (₺)
Poz No	Tanımı	Ölçü Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı (₺)	Birim Fiyatı	Tutarı (₺)
	Malzeme:						
19.100.2422	0.170 m ³ /200 Kg kireç ve çimento karışımı kaba harç yapılması (sönmüş kireç torbalı)	m ³	0,023	1.376,35	31,66	1.185,00	27,26
19.100.2421	0.100 m ³ /250 Kg kireç-çimento karışımı ince harç yapılması(sönmüş kireç torbalı)	m ³	0,01	1.375,33	13,75	1.365,00	13,65
10.130.9991	Su	m ³	0,01	35,00	0,35	15,82	0,16

İşçilik:							
10.100.1012	Sıvacı ustası	sa	0,9	190,00	171,00	300,00	270,00
10.100.1044	Sıvacı usta yardımcısı	sa	0,3	140,00	42,00	200,00	60,00
10.100.1062	Düz işçi	sa	0,3	124,00	37,20	150,00	45,00
10.100.1062	Düz işçi (İnşaat yerindeki yükleme, yatay, düşey taşıma, boşaltma)	sa	0,25	124,00	31,00	150,00	37,50
	Malzeme + İşçilik Tutarı				326,96		453,57
	25 % Yüklenici kârı ve genel giderler				81,74		113,39
	1 m² Fiyatı				408,70		566,96
							%38,72

Not: Bu tablodaki birim fiyat analizlerinin poz numaraları ve iş tanımları Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2024 Yılı İnşaat Genel Fiyat Analizleri kitabından alınmıştır.

15.275.1102 pozunun 1 m²'sinin birim fiyatının piyasa araştırması sonuçlarına göre ÇŞİB 2024 yılı fiyatına kıyasla %38,72 oranında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Malzeme piyasa fiyatının ÇŞİB 2024 yılı fiyatına göre %10,25 daha az olduğu görülmüştür. Ancak işçilik piyasa fiyatı ÇŞİB 2024 yılı fiyatından %46,69 oranında daha yüksektir.

Birim fiyatlar, birçok değişkenden etkilenebilmektedir. Kullanılan malzemenin kalitesi, hammadde tedarik süreci, nakliye süreci gibi etmenler malzeme maliyetini etkilemektedir. Satın alınan malzeme miktarına göre üreticiler, tedarikçiler ve satıcılar farklı indirim politikaları uygulamaktadır. İşçilik maliyetleri, proje türüne ve büyüklüğüne göre değişiklik göstermektedir. İşçilerin işteki deneyim ve yetkinlik düzeyleri, yerel piyasadaki arz talep dengesi işçilik maliyetleri üzerinde etkilidir. Yerel yönetimler, yasal düzenlemeler, coğrafi koşullar, şehrin büyükşehir belediyesi olup olmaması da birim fiyatları etkileyen faktörlerdendir. Afyonkarahisar il belediyesi büyükşehir belediyesi olmamasına rağmen 15-20 Nisan 2024 tarihleri arasında elde edilen piyasa fiyatları, 1 Ocak 2024'ten itibaren geçerli olmak üzere Bakanlık tarafından yayımlanan fiyatlara göre genel olarak daha yüksektir. Bu noktada, inşaat projelerinin yaklaşık maliyetinin belirlenmesi aşamasında doğru tahminlerin yapılabilmesi için piyasa araştırması kaçınılmaz hale gelmektedir.

3.3. TÜİK İnşaat Maliyet Endeksi ve Değişim Oranına Güncelleme Yapılması

TÜİK İnşaat Maliyet Endeksi, referans alınan belirli bir dönem için inşaat malzeme ve işçilik maliyetlerindeki değişimi izlemede kullanılan bir ölçüttür. 2015 yılı temel yıl olarak alınmakta, temel yıla oranla işçilik ve malzeme maliyetlerinin değişim sabit temel yıllık Laspeyres endeks yöntemine göre belirlenmektedir (tuik.gov.tr). TÜİK İnşaat Maliyet Endeksi ve Değişim Oranı, yaklaşık maliyet güncellemelerine referans sağlar. ÇŞİB Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı'nın 15.08.2018 tarih ve 2018/31 numaralı kararına gereğince yaklaşık maliyetin güncelliğini kaybetmesi halinde TÜİK İnşaat Maliyet Endeksi ve Değişim Oranı'na göre güncelleme yapılması gerekmektedir. Ülkemizdeki son yıllardaki aşırı enflasyon ortamı çoğu inşaat projesinin yaklaşık maliyetinin güncellenmesini gerektirmektedir.

Güncellenmenin yapılabilmesi için öncelikle güncelleme katsayısının belirlenmesi gerekmektedir. TÜİK tarafından 1392,33 olarak açıklanan (tuik.gov.tr) 2024 yılı Ocak ayı endeksi temel endeks olarak alınmıştır. Güncellenmenin yapıldığı 29 Mayıs 2024 tarihi itibarıyla en son 2024 yılı Mart ayı endeksi ilan edilmiş durumdadır. Bu nedenle 2024 yılı Mart ayı endeksi olan 1470,26 (tuik.gov.tr) güncel endeks olarak alınmıştır. Güncel endeksin temel endekse oranlanmasıyla güncelleme katsayısı denklem 2 aracılığıyla aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$\text{Güncelleme Katsayısı} = \frac{1470,26}{1392,33} = 1,055$$

Bu çalışmada, farkların ortaya koyulabilmesi için yalnızca piyasa araştırması yapılan iş kalemleri üzerinden hesaplanan yaklaşık maliyetler güncelleme katsayısına bağlı olarak güncellenmiş ve karşılaştırmalar Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Sonuçların karşılaştırılması

Poz Numarası	İşin Tanımı	a	b	c	d	e
		Miktarı (metraj)	ÇŞİB 2024 Yılı Birim Fiyatı (₺)	a×b Maliyeti (₺)	Piyasa Araştırması Birim Fiyatı (₺)	a×d Maliyeti (₺)
15.150.1005	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 25/30 basınç dayanım sınıfında, gri renkte, normal hazır beton dökülmesi (beton nakli dahil)	95,59 m ³	2.605,30	249.038,15	3.176,66	303.656,93
15.160.1003	Ø 8- Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması	5,04 ton	33.511,95	168.796,73	45.906,25	231.367,50
15.275.1102	200/250 kg çimento dozlu kaba ve ince harçla sıva yapılması (iç cephe sıvası)	347,03 m ²	408,70	141.831,16	566,96	196.752,13
	İnşaat İmalatları Toplamı			559.772,02		731.776,56
	Elektrik ve Su Tesisatı İmalatları Toplamı			55.977,20		73.177,66
	Mekanik ve Isıtma Tesisatı İmalatları Toplamı			55.977,20		73.177,66
	Genel Toplam (KDV Hariç)			671.726,42		878.131,87
	%25 Kar ve Genel Giderler			167.931,60		219.532,97
	Toplam Yaklaşık Maliyet			839.658,02		1.097.664,84
	Güncelleme Katsayısı			1,055		
	Piyasa Araştırması Yapılan İş Kalemlerine Bağlı Güncel Yaklaşık Maliyet			885.839,22		

Not: Bu tablodaki poz numaraları ve iş tanımları Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2024 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları kitabından alınmıştır.

Tablo 7’den görüldüğü gibi yalnızca piyasa araştırması yapılan iş kalemleri üzerinden ÇŞİB 2024 yılı birim fiyatları ile hesaplanan yaklaşık maliyet 839.658,02 ₺’dir. Belirlenen güncelleme katsayısına göre güncelleme yapıldığında yaklaşık maliyet değeri %5,5 oranında artarak 885.839,22 ₺ olmaktadır. Ancak piyasa fiyatları ile hesaplanan yaklaşık maliyet değeri 1.097.664,84 ₺ olarak belirlenmiştir. TÜİK İnşaat Maliyet Endeksi ve Değişim Oranı’na göre yapılan güncelleme bile piyasa fiyatlarının altında kalmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus 2024 yılı Mayıs ayı itibarıyla en güncel

2024 yılı Mart ayı İnşaat Maliyet Endeksine ulaşılabilir olmasındır. TÜİK her ay iki önceki aya ait endeksleri yayınlamaktadır.

4. Sınırlamalar

Bu çalışmanın sınırlılıklarından bir tanesi örnek projenin özel bir yapıya ait olmasıdır. Yapı yaklaşık maliyetinin belirlenmesinde elektrik ve su tesisatı imalatları ile mekanik ve ısıtma tesisatı imalatları maliyetlerinin belirlenmesinde varsayım yapılmıştır. Bu imalatların kapsamına giren iş kalemlerinin metrajlarının hesaplanması farklı meslek gruplarının çalışmaya katılımını gerektirmektedir. Piyasa araştırması yapılırken sınırlı sayıda iş kalemi için fiyat derlemesi yapılabilmektedir. Hesaplamalarda TÜİK İnşaat Maliyet Endeksi'ne bağlı olarak güncelleme katsayısı belirlenirken Mayıs ayı itibarıyla güncel endeks olarak Mart ayının endeksi dikkate alınmıştır.

5. Sonuçlar

Yapı yaklaşık maliyetinin doğru hesaplanması ve birim fiyat analizleri proje başarısını doğrudan etkilemektedir. Yaklaşık maliyet belirlemede kamu birim fiyatlarının kullanılması, güvenilir ve şeffaf bir yaklaşım sağlamaktadır. Ancak her inşaat projesi kendine özgü olduğundan, maliyet tahminlerinin doğruluğunu artırmak için piyasa araştırması yapılması gerekli hale gelmektedir.

Bu çalışmada, yapı yaklaşık maliyetinin belirlenmesinde detaylı bir metraj çalışması gerçekleştirilmiştir. Metraj miktarlarının kamu birim fiyatları ile çarpılması sonucu yapı yaklaşık maliyeti belirlenmiştir. Bu nedenle çalışma, kamu birim fiyatları kullanılarak yapı yaklaşık maliyetinin belirlenmesi sürecini pratiğe yönelik açıklamaktadır. Yöntemin uygulama adımları, araştırmacılara uygulayıcılara yapı maliyetinin doğru tahmin edilmesi konusunda rehberlik sağlayabilir. Ayrıca çalışma kapsamında porsantajı yüksek olan bazı iş kalemleri için piyasa araştırması yapılmış ve piyasa araştırmasının önemi vurgulanmıştır. Birim fiyat analizlerinde yer alan işçilik ve malzeme maliyetleri pek çok faktöre bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu çalışmada Afyonkarahisar ilindeki mevcut durum analiz edilmiştir. Maliyet tahminlerinin projenin uygulandığı bölgeye göre yerel olarak güncellenmesinin önemi ortaya konulmuştur.

Çalışmada son olarak piyasa araştırması yapılan iş kalemleri üzerinden hesaplanan yaklaşık maliyet TÜİK İnşaat Maliyet Endeksi ve Değişim Oranı'na göre güncellenmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. İçinde bulunulan ekonomik koşullara göre inşaat maliyet eğilimlerinin izlenmesi ve buna bağlı olarak yaklaşık maliyetin güncellenmesi doğru proje yönetimi açısından gerekli hale gelmektedir.

Sonuç olarak bu çalışma, metodolojik ve pratik açısından konu ile ilgilenen araştırmacılara bir çerçeve sunmaktadır. Çalışma gelecekte, belirtilen sınırlılıklar göz önünde bulundurularak geliştirilebilir.

Kaynaklar

- İlerisoy, Z. Y. (2014). Betonarme konut projelerinde "form-yükseklik-maliyet" irdelemesi ve optimal formun belirlenmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sağır, M. (2019). Kamu birim fiyatlarıyla yapılan yapı yaklaşık maliyetlerindeki son 5 yıllık değişimin farklı piyasa parametrelerine göre karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Maarouf, R. (2011). Quantity surveying role in construction projects-a comparison of roles in Sweden and the UK.
- Çelik, D. (2019). Peyzaj tasarım projelerinde, metraj, keşif ve yaklaşık maliyet analizi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 21(1), 108-120.
- Tokalakoğlu, D. (2010). Kamu inşaat sektöründe yaklaşık maliyet hesabı şartnamesi oluşturulmasına yönelik bir çalışma, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Seyfi, S., Haznedaroğlu, M., Kuruoğlu, M., Kollak, S., Bozdemir, M., Sönmez, M., & Şahin, E. S. (2017). Konut fonksiyonlu dört kattan dokuz kata kadar apartman tipi yapılarda yapım maliyetinin analizi. 7. İnşaat Yönetimi Kongresi.

Sucu Ünal, G. (2023). Kamu yapı yaklaşık maliyetlerinde kullanılan birim fiyatların incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Alanya Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Alanya.

Ayyarın, T. F., & Bayram, S. (2023). Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının İnşaat Kaynak Analizlerinin Değerlendirilmesi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 8(3), 179-187.

Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2024). 2024 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Yayınları.

Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği (2024). 2024 Yılı İnşaat Genel Fiyat Analizleri, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Yayınları.

<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/DownloadFile?p=hvdU4/BvbC1P7//jCBTXYKjU6Hfos/YyIMFtxOdjpsFPhX9h5edX9uRZEJqeRIDH424qNg6J/YZnm1W85XzTOTwY9/nYSQ6f7GULGbU4ZUg=>, Erişim Tarihi 29 Mayıs 2024

<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Insaat-Maliyet-Endeksi-Ocak-2024-53671>, Erişim Tarihi 29 Mayıs 2024

<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Insaat-Maliyet-Endeksi-Mart-2024-53672>, Erişim Tarihi 29 Mayıs 2024



Ahşap Tozu Flamentiyle Sipsi Yapımı ve Akustik Performansı

Lokman Yünlü^{1*}, Mücahit Erdoğan¹, Rifat Pekkaya¹

¹ Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Burdur, Türkiye

* Sorumlu yazar: lyunlu@mehmetakif.edu.tr

Özet

Bu çalışma, 3D modelleme yazılımları ve baskı teknolojileri kullanarak ahşap tozu filamentinden bölgesel ve kültürel bir miras olan özellikle Yörük kültüründe büyük bir yere sahip olan bir çalgının, yeni teknolojiler ile daha hızlı ve kullanım ömrünü arttıracak şekilde sipsi enstrümanı tasarlamayı içermektedir. Çalışmanın içeriğinde Tasarım, malzeme seçimi, estetik özelliklerin belirlenmesi ve akustik performans analizi yer almaktadır. Enstrümanın görsel özellikleri ve müzik aleti kullanıcılarından alınan geri bildirimlerle enstrümanın performansı değerlendirilmiştir. Çalışmanın öncelikleri arasında kültürel mirasın yaşatılması, 3D baskı teknolojilerinin müzik enstrümanları üretimindeki potansiyelinin ortaya çıkması, disiplinler arası iş birliği ve çevresel sürdürülebilirliğin teşvik edilmesi bulunmaktadır. Ayrıca, çalışma süresince farklı malzemelerin yeni teknolojiler ile sürdürülebilirlik tarafları ortaya çıkarılmıştır. Çalışmanın sonuçlarından elde edilen bilgi ve deneyimlerin paylaşılarak, benzer ve devamı niteliğindeki özgün fikirlere yol açması planlanmıştır.

Anahtar kelimeler: 3D yazıcı teknolojisi, ahşap tozu filamenti, sipsi, müzik performansı.

Sipsi Production and Acoustic Performance with Wood Powder Filament

Abstract

This study involves designing a sipsi instrument from wood powder filament using 3D modeling software and printing technologies in a way that will increase the speed and lifetime of an instrument that has a great place in Yoruk culture, which is a regional and cultural heritage, by using new technologies. The content of the study includes design, material selection, determination of aesthetic features and acoustic performance analysis. The visual characteristics of the instrument and the performance of the instrument were evaluated with feedback from musical instrument users. The priorities of the study include preserving cultural heritage, revealing the potential of 3D printing technologies in the production of musical instruments, promoting interdisciplinary cooperation and environmental sustainability. In addition, the sustainability aspects of different materials with new technologies were revealed during the study. It is planned that the knowledge and experiences obtained from the results of the study will be shared and lead to similar and follow-up original ideas.

Keywords: 3D printer technology, wood powder filament, sipsi, music performance.

1. Giriş

1.1. 3D Eklemeli İmalat Nedir?

3D eklemeli imalat, dijital bir modelin üç boyutlu fiziksel bir nesneye dönüştürülmesi sürecidir ve bu süreçte malzeme, ince katmanlar halinde üst üste eklenerek oluşturulur. Bu teknoloji, "katmanlı imalat" veya "additive manufacturing" olarak da bilinir.

1.2. 3D Eklemeli İmalatın Temel Prensipleri

1.2.1. Dijital Modelleme

Üretilecek nesne, CAD (Computer-Aided Design) yazılımı kullanılarak dijital olarak tasarlanır. Bu model, STL (Stereolithography) veya benzeri dosya formatlarında kaydedilir.

1.2.2. Katmanlara Ayırma (Slicing)

Dijital model, yazılım tarafından ince katmanlara (slices) ayrılır. Her katman, 3D yazıcı tarafından basılacak bir dizi iki boyutlu kesit olarak tanımlanır.

1.2.3. Katmanlı Baskı

3D yazıcı, malzemeyi (plastik, metal, seramik vb.) ince katmanlar halinde üst üste ekleyerek nesneyi oluşturur. Her katman, bir önceki katman üzerine eklenerek tam bir üç boyutlu yapı meydana getirir.

1.3. Sipsi müzik Aletinin İmalatında 3D Eklemeli İmalatın Faydaları

Sipsi çalgı aleti için eklemeli imalat teknolojisinin sağladığı faydalar oldukça çeşitlidir ve hem üretim sürecini hem de son kullanıcı deneyimini olumlu yönde etkileyebilir. İşte sipsi çalgı aletinde eklemeli imalatın başlıca faydaları şunlardır:

- Tasarım ve üretim esnekliği
- Kişiselleştirme ve özelleştirme
- Maliyet ve zaman tasarrufu
- Malzeme çeşitliliği ve dayanıklılık
- Fonksiyonel iyileştirmeler
- Çevresel etkiler

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Wood PLA ve Özellikleri

PLA Wood Filament ya da Wood Filament, ağaç lifi ile PLA karışımı bir malzemedir. Wood Filament yapımında çam, huş, sedir, söğüt, bambu ve zeytin gibi ağaçların lifleri kullanılır.

Wood Filament ile elde edilen ürünler, tahta gibi görünür ve tahta hissiyatı verir. Wood filament ile elde edilen ürünler ısıya pek dayanıklı değildir. Bu yüzden görselliğin daha önemli olduğu alanlarda kullanılır.

PLA Wood Filament bazı özellikleri şu şekildedir;

- İşleme sıcaklığı 200-230 °C arasındadır.
- Tabla sıcaklığı 60-75 °C arasındadır.
- Yüksek katman yapışmasına sahiptir.
- Gerçek ahşap kokusu ve hissiyatı verir.
- %30 ahşap dolguludur.

- Basım hızı yüksektir.
- Soğuma esnasında kalkma ve çatlama sorunları yaşanabilir.
- Yüksek yüzey kalitesine sahiptir.
- Karmaşık yapılarda, en ince detaya kadar sorunsuz üretim sağlar.

PLA Wood Filament kullanımı esnasında odun yakmak gibi bir koku saldırlar, bu yüzden kullanımı esnasında alan havalandırması iyi olmalıdır.

2.1.2. PLA Wood Filament Kullanım Alanları

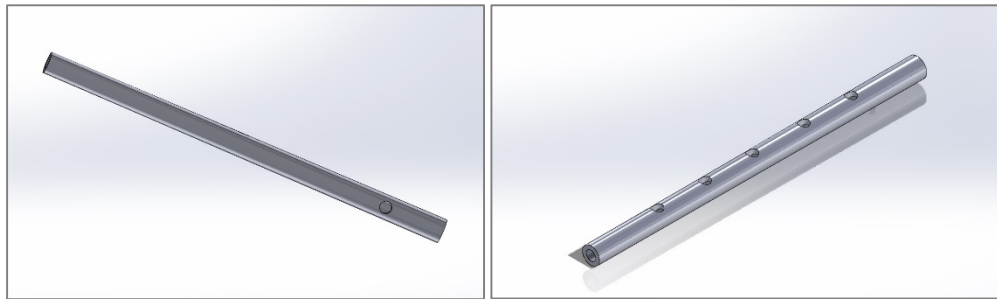
- PLA Wood Filament kullanım alanlarına şu örnekleri verebiliriz;
- Mimari modellemelerde
- Marker baskılarda
- Ev dekorasyonlarında (kâse, figür vb.)
- Yüksek detay içeren karmaşık ürünlerde
- Çeşitli tahta aparatlarında

Kısaca PLA Wood Filament, görselliğe daha çok önem verilen alanlarda kullanılmaktadır. Yapısı gereği esnekliği ve sıcaklığa dayanıklılığı düşük seviyelerdedir.

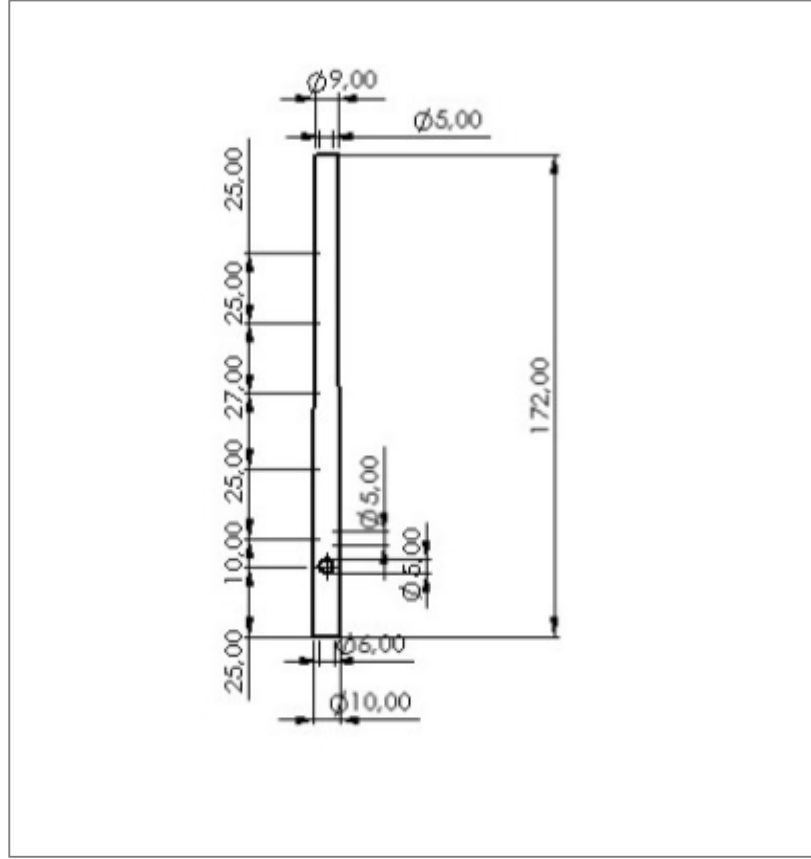
2.2. Yöntem

2.2.1 Solidworks Sipsi Çizimi

Solidworks, mühendislik ve tasarım süreçlerini kolaylaştıran güçlü bir 3D modelleme yazılımıdır ve karmaşık geometrilerin ve detaylı parçaların tasarımında oldukça etkilidir. Tasarım sürecinde öncelikle geleneksel sipsilerin geometrik yapısı incelenmiş ve gerekli ölçümler alınmıştır. Bu ölçümler, sipsinin toplam uzunluğu, boru çapı, iç çapı ve duvar kalınlığı gibi kritik parametreleri içermektedir. Ardından, Solidworks yazılımı kullanılarak sipsinin 3D modeli oluşturulmuştur. Modelleme sürecinde ilk olarak sipsinin profilini oluşturmak için 2D skeçler çizilmiş ve bu skeçler kullanılarak sipsinin 3D formu elde edilmiştir. Ekstrüde edilen model üzerinde çeşitli detaylar, delikler ve kesikler eklenerek sipsinin son hali oluşturulmuştur. Tasarlanan sipsi modelinin akustik performansını optimize etmek için çeşitli analizler yapılmış, bu analizler özellikle sipsinin rezonans frekansları ve ses iletim özelliklerini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Modelleme işlemi tamamlandıktan sonra, oluşturulan 3D modelin teknik çizimleri hazırlanmıştır. Bu teknik çizimler, sipsinin üretimi sırasında kullanılacak olan detaylı ölçümleri ve montaj talimatlarını içermektedir. Bu şekilde, SolidWorks kullanılarak sipsi tasarımı ve üretimi için gerekli tüm adımlar detaylandırılmıştır.



Şekil 1. Sipsi çalgı aletinin Solidworks üzerinde görüntüsü.

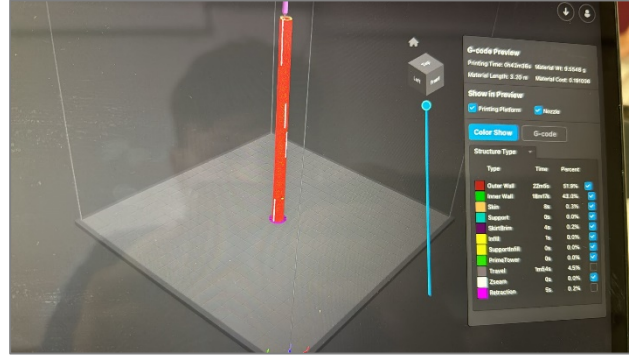


Şekil 2. Sipsi çalgı aletinin teknik çizimi

2.2.2 Solidworks Dosyasını STL Formatına Dönüştürme

SolidWorks'te oluşturulan 3 boyutlu model, 3 boyutlu yazıcıda basılabilmesi için STL dosya formatına dönüştürülmelidir. STL dosya formatı, 3 boyutlu modelin yüzey geometrisini bir dizi üçgen poligon ile temsil eder. Dönüştürme işlemi sırasında sipsi çalgı aletinin akustik özelliklerini etkileyebilecek herhangi bir geometrik hata veya bozulma önlenmelidir. Bu amaçla, dönüştürme ayarları dikkatlice optimize edilecektir. Dönüştürme ayarları arasında poligon yoğunluğu, kenar uzunluğu ve toleranslar gibi parametreler yer alacaktır. Dönüştürme işlemi tamamlandıktan sonra, STL dosyası 3 boyutlu modelleme yazılımında veya özel STL görüntüleme araçlarında doğrulanacaktır. Doğrulama işlemi sırasında, STL dosyasında herhangi bir geometrik hata veya bozulma olup olmadığı kontrol edilecektir.

STL dosyası oluşturma aşaması, 3D yazdırma sürecinin önemli bir parçasıdır. Doğru STL dosyası oluşturulmazsa, 3D yazdırma sırasında sorunlar yaşanabilir ve sipsi çalgı aleti istenilen akustik özelliklere sahip olmayabilir. Bu nedenle, bu aşamada dikkatli ve özenli bir şekilde çalışılması önemlidir.



Şekil 3. Sipsi çalgı aletinin G kode

2.2.3. 3 Boyutlu Yazdırma

İlk olarak, filamanın doğru sıcaklıkta ve hızda ekstrüde edilmesi çok önemlidir. Ahşap tozu içeren filamentler, saf plastik filamentlere göre daha yüksek sıcaklık gerektirebilir ve bu nedenle yazıcı ayarlarının buna göre optimize edilmesi gerekir. Ayrıca, baskı sırasında filamentin düzgün bir şekilde akması ve tıkanma olmaması için nozulun düzenli olarak temizlenmesi gereklidir.

İkinci olarak, baskı yüzeyinin hazırlanması büyük önem taşır. Ahşap tozu filamentler, baskı yüzeyine iyi yapışma eğilimindedir, ancak bu yapışmayı artırmak için baskı yüzeyinin düzgün ve temiz olması gereklidir. Ayrıca, ilk katmanın düzgün bir şekilde yerleştirilmesi, baskının genel kalitesini doğrudan etkiler. Bu nedenle, yazıcının kalibrasyonunun doğru yapılması ve ilk katmanın dikkatlice izlenmesi önerilir.

Üçüncü olarak, baskı sırasında ahşap tozu filamentlerin katmanlar arasında iyi bir yapışma sağlaması için uygun baskı sıcaklıkları ve hızları kullanılmalıdır. Katman yapışması, sipsi enstrümanının mukavemeti ve akustik performansı için kritik bir faktördür. Eğer katmanlar arasında zayıf yapışma olursa, bu durum enstrümanının dayanıklılığını ve ses kalitesini olumsuz etkileyebilir.

Son olarak, baskı tamamlandıktan sonra, sipsi enstrümanının yüzeyinin düzgünleştirilmesi ve pürüzlerin giderilmesi için zımparalama ve yüzey işleme işlemleri gerekebilir. Bu işlemler, enstrümanının hem estetik görünümünü hem de akustik performansını artırabilir. Ayrıca, baskı sonrası olası deformasyonların kontrol edilmesi ve gerekli düzeltmelerin yapılması önemlidir.



Şekil 4. Sipsi çalgı aletinin 3D baskı aletiyle basım aşaması

3. Bulgular ve Tartışma

Müzik, özel bazı frekans ve genlik değerlerine sahip ses dalgalar kullanılarak yapılır. İşte bu özel frekans ve genlik değerlerindeki ses dalgalarına nota denir. Bir nota, belli frekans değerlerinde, tanımlanır. Örneğin piyanonun referans la sesi 440 Hz. frekansındadır. Frekans düzleminde incelendiğinde, her nota, harmoniği olmayan tek bir sinüzoidal işaret olsaydı bütün çalgı aletleri aynı sesi çıkarırdı. O halde notaların her birini saf frekans değerleri olarak kabul etmek hatalı olacaktır. Örneğin 4.oktavdan La notasına akort edilmiş bir Keman ve bir Gitar ele alınsın ve bu iki çalgı aletinin de aynı notaları çıkarttıkları varsayılınsın. İnsan kulağı çalınan bu iki çalgı aletinin de aynı notaları çaldığını fakat müziğin farklı iki çalgı aleti tarafından yapıldığını anlayacaktır. Bunun sebebi bu çalgı aletlerinin aynı notaya akort edilse bile aynı notaya ait sesi çıkartırken kendilerine has ve genlikleri seslendirdikleri notanın genliğinden düşük olan yan sesleri (Harmonik) de oluşturmalarıdır.

Bir sesin frekans yapısını gösteren grafiğe, gürültü (ya da ses) spektrumu denir. Bu grafikte genellikle x ekseninde (yatay eksen) Hz cinsinden frekanslar ve y ekseninde (düşey eksen) DB cinsinden ses basınç düzeyi gösterilir. Müzik seslerinin spektrumu, x eksenine dik doğrulardan, gürültü spektrumları ise sürekli eğrilerden oluşur. Bir gürültünün spektrumuna bakıldığında o gürültü içinde güçlü frekans bölgelerinin, ya da gürültüye karışmış müzik seslerinin, yani bazı baskın frekansların olup olmadığı anlaşılır. Zaman içinde değişen gürültülerin, spektrumu da değişeceğinden, bu tür gürültüler iki eksenli tek bir grafikte gösterilemeyeceği için, zaman boyutunu da içeren üç eksenli grafiklerle gösterilir.

Bu çalışmada, orijinal sipsi ve ahşap tozu filamentleri kullanılarak 3D baskı ile üretilen sipsi arasındaki akustik performans farklarını analiz etmek amacıyla spectroid programı kullanılarak dB ve Hz grafikleri elde edilmiştir. İlk olarak, geleneksel sipsi ve 3D baskı sipsi, aynı koşullar altında ve aynı notaları çalarken kaydedilmiştir. Ardından, bu kayıtlar incelenmiş ve her iki enstrüman için de frekans (Hz) ve ses şiddeti (dB) grafikleri oluşturulmuştur. Bu grafikler, her iki sipsinin de akustik özelliklerini detaylı bir şekilde karşılaştırmak için kullanılmıştır. Orijinal sipsi ile 3D baskı sipsi



Titanyum Oksit Kaplamaların Dört Nokta Prob Yöntemi ile Yalıtkanlığının Ölçülmesi

Ayşenur Atlı^{1,*}, Ömercan Mert¹, Filiz Hodancı¹, Emin Ersoy¹ ve Şengül Danışman¹

¹ Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kayseri

* Sorumlu yazar: 1030110213@erciyes.edu.tr

Özet

Malzemelerin elektriksel direnci, koruyucu kaplamalarda, güneş filmlerinde, aydınlatma teknolojilerinde, katlanabilir elektronik cihazlarda, optik ve optoelektronik sektöründe, hidrojen teknolojilerinde, sensör teknolojilerinde, havacılık sanayiinde ve birçok alanda önemli bir araştırma konusudur. Her malzemenin kendine özgü elektriksel direnci bulunur. Elektriksel iletkenliği ölçmek için birçok yöntem mevcuttur. Bu yöntemler arasında daha hassas veriler elde edebilme özelliği nedeniyle dört nokta prob yöntemi seçilmiştir. Bu çalışmada, oksit esaslı kaplamaların dört nokta prob yöntemiyle yalıtkanlığa etkisi incelenmiştir. Deneyler, dört nokta prob tekniği ile çalışan makinede gerçekleştirilmiştir. Bu makinede bulunan probun daha stabil değerler vermesi için z eksenini rock pinyon dişlisi ile tahrik edilebilen bir aparat tasarlanmıştır. Tasarlanan mekanizma, numune yüzeyine istenilen basınç ile temas etmek suretiyle prob uçlarının ölçüm yapmasına olanak tanımıştır. Her numune için 5 farklı konumdan veri alınmış ve bu verilerin ortalaması hesaplanmıştır. Ohm biriminde elde edilen ortalama değerler, literatürdeki formüller kullanılarak öz dirençleri Ohm.cm cinsinden hesaplanmıştır. Fiziksel buhar biriktirme yöntemi ile TiO₂(Titanyum dioksit) kaplanmış AISI 4150 numunesinin öz direnci hesaplandıktan sonra Manyetik Kaynaklı Sıçratma kaplama işlem parametresi olan OES (optik emisyon spektrometre), bias voltajı, kaplama akımı ile yalıtkanlık karşılaştırmaları yapılmıştır. AISI 4150 için sırasıyla 150-9-100 OES-akım-bias voltaj değerlerinde en yüksek özdirenç gözlemlenmiştir. TiO₂ kaplamanın AISI 4150 çeliğinin özdirencinde artış sağladığı ortaya konulmuştur. Yalıtkan malzeme seçiminde altlık malzeme ve kaplamanın OES-akım-bias voltaj değerleri dikkat edilmesi gereken önemli parametrelerdir.

Anahtar kelimeler: Titanyum Dioksit, Dört Nokta Prob, AISI 4150, Yalıtkanlık, Fiziksel Buhar Biriktirme Yöntemi, Özdirenç.

Measurement of Insulation of Titanium Oxide Coatings by Four-Point Probe Method

Abstract

Electrical resistance of materials is an important research topic in protective coatings, solar films, lighting technologies, foldable electronic devices, optics and optoelectronics industry, hydrogen technologies, sensor technologies, aerospace industry and many other fields. Each material has its own electrical resistance. Many methods are available to measure electrical conductivity. Among these methods, the four-point probe method was chosen due to its ability to obtain more sensitive data. In this study, the effect of oxide-based coatings on insulation was examined using the four-point probe method. The experiments were carried out on the machine working with the four-point probe technique. In order for the probe in this machine to give more stable values, an apparatus that can drive the z axis with a rock pinion gear has been designed. The designed mechanism allows the probe

tips to make measurements by contacting the sample surface with the desired pressure. For each sample, data was taken from 5 different locations and the average of these data was calculated. The average values obtained in Ohm units were calculated as resistors in Ohm.cm using the formulas in the literature. After calculating the resistivity of the AISI 4150 sample coated with TiO₂ (Titanium dioxide) by physical vapor deposition method, insulation comparisons were made with OES (optical emission spectrometer), bias voltage, coating current, which are the Magnetron Sputtering Coating process parameters. For AISI 4150, the highest resistivity was observed at 150-9-100 OES -current-bias voltage values, respectively. It has been demonstrated that TiO₂ coating increases the resistivity of AISI 4150 steel. OES-current-biasvoltage values of the base material and coating are important parameters that should be taken into consideration when choosing an insulator material.

Key words: Titanium Dioxide, Four Point Probe, AISI 4150, Insulation, Physical Vapor Deposition Method, Resistivity.

1. Giriş

Günümüzde malzemelerin özelliklerini geliştirme konusundaki araştırmalar gün geçtikçe artmaktadır. Malzemelerin elektriksel özelliği olan iletken, yarı iletken ve yalıtkan olması önemli bir araştırma konusudur. Malzemelerin elektriksel özelliği birçok değişim parametresine göre farklılık göstermektedir (Akhbarifar vd., 2021).

Bilimsel çalışmalar ve sanayi uygulamalarında kullanılacak malzemelerin özelliklerinin optimum şartlarda olması beklenmektedir. Bu beklentiye karşılık vermek için tercih edilen tekniklerden birisi de malzeme yüzeyine yapılan kaplama işlemidir. Kaplama işlemi çeşitli tekniklerle gerçekleştirilebilir. Bu tekniklerden fiziksel buhar biriktirme tekniği (PVD) ile kaplanan malzemelerin fiziksel özellikleri kontrol edilebilmektedir (Bunshah, 1982). PVD teknikleri içinde kullanım alanı oldukça yaygın olan manyetik kaynaklı sıçratma yöntemi biriktirme oranı ve uygulandığı malzemenin mukavemet, sertlik ve aşınma direncini artırması nedeniyle en çok tercih edilen kaplama yöntemlerinden birisidir (Danışman ve Kılık, 1997). Bu teknikle kaplanmış malzemeler gelişmiş teknolojik ürün imalatında kol saatinden kesici takımlara uzanan geniş bir yelpazede kullanım alanı sağlar.

Elektriksel direnç bir malzemenin fiziksel özelliğidir ve malzemenin elektrik akımının akışına ne kadar güçlü bir şekilde karşı çıktığını ifade eder. Elektriksel direnç veya bunun tersi olan elektriksel iletkenlik iletkenleri, yarı iletkenleri ve yalıtkanları sınıflandırmak için kullanılır. Bu nedenle elektriksel direnç ölçümleri önemli bir deneysel niceliktir (Bunshah, 1982).

Çalışmanın amacı oksit esaslı kaplanmış farklı altlık malzemeye sahip malzemelerin yalıtkanlığa etkisini araştırmaya dayanmaktadır. Titanyum dioksit (TiO₂) mükemmel mekanik ve aşınma direnci özelliklerinden dolayı kaplama tekniklerinde yaygın şekilde kullanılmaktadır (Herman, Sicha ve Musil, 2006). Aynı zamanda yarı iletken ve yalıtkan olması sebebiyle avantajlara sahiptir (Rigato et al., 2003; Rhshkewitch, 1985).

Bu çalışmada PVD metodlarından Manyetik Kaynaklı Sıçratma yöntemi ile TiO₂ kaplama yapılmıştır. Elektriksel direnci ölçülecek malzeme olarak AISI 4150 (50CrMo4) altlık malzemesi seçilmiş, bu malzemedeki hazırlanan numuneler üzerine TiO₂ kaplanmıştır. TiO₂ kaplanmış AISI 4150 altlık malzemesinin elektriksel direncini ölçmek için dört nokta prob yöntemi kullanılmıştır. Dört nokta prob yönteminin avantajı tahribatsız ölçüm yapmasıdır. Elektriksel direnç ölçümleri, Manyetik Kaynaklı Sıçratma kaplama işlem parametreleri farklı olan numuneler için ayrı ayrı ölçülmüştür. OES (optik emisyon spektrometre), bias voltajı, kaplama akımı gibi kaplama işlem parametrelerinin yalıtkanlık üzerine etkisi karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Fiziksel buhar biriktirme (PVD) tekniği vakum altında buharlaştırılan bir metalin herhangi bir kimyasal reaksiyona izin vermeden taşınması ve kaplanacak parça üzerine biriktirilmesidir. Geniş kullanım alanına sahip olan fiziksel buhar biriktirme tekniğinin üretim parametrelerinde yapılacak değişiklikler sonucunda malzemelerin fiziksel özelliklerinde değişim olmaktadır. Değişiklik yapılabilecek üretim parametreleri; kaplama süresi, bias voltajı, katot akımı, çalışma basıncı ve kaplama sıcaklığı gibi parametrelerdir. Değiştirilen bu parametreler sonucunda ince filmin elektriksel özellikleri incelenebilir.

Malzemeler elektriksel direnç değerlerine göre iletken, yarı iletken ve yalıtkan olarak sınıflandırılır. Malzemelerin elektriksel direncini ölçmek için özel aletler ve yöntemler kullanılmaktadır. Tüm direnç ölçümlerinin dayandığı temel kanun OHM Kanunudur. Bir malzemenin uçlarına uygulanan potansiyel farkı (V) ve malzeme üzerinden geçen akım (I) bilindiğinde, direnci (R) bulunabilmektedir.

Elektriksel direnci ölçmek için birçok ölçüm yöntemi vardır. Ölçüm yöntemleri arasında dört nokta prob yöntemi ile malzeme yüzeyinde tahribat oluşturmadan ölçüm yapılabilmektedir. Bu yöntemde dört nokta prob yöntemi kullanılmıştır.

2.1. Materyal

2.1.1. Numune Özellikleri

AISI 4150 çeliği (50CrMo4) bünyesinde ağırlıkça %1,1 krom, %1,0 manganez, %0,53 karbon, %96,82 demir içerir. İyi tokluğu ve yorulma dayanımı nedeniyle dinamik makine elemanları, otomotiv ve uçak bileşenleri gibi çeşitli endüstriyel uygulamaların yapımında kullanılmaktadır (Sampath, 2022). Tablo 1’de kimyasal bileşimi görülmektedir.

Tablo 1. AISI 4150 malzemesinin kimyasal özellikleri.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0.46 - 0.54	max 0.4	0.5 - 0.8	max 0.025	max 0.035	0.9 - 1.2	0.15 - 0.3

2.2. Kaplama Metodu

Fiziksel buhar biriktirme mekanizması için birinci yöntem vakumlu ortamda, bir ısıtıcı ile buharlaştırılan kaplayıcı malzemenin kaplanacak olan malzeme üzerinde ince bir film katmanı halinde biriktirilmesi, ikinci yöntem ise katı haldeki ham madde yüksek enerji ile iyonlaştırılmış ve reaktif gazlarla oluşturulmuş plazma haline getirilip kontrollü olarak kaplanacak malzemenin üzerine biriktirilmesi olarak özetlenebilir.

Sıçratma yöntemi hedef malzeme yüzeyinin genellikle plazma veya iyon tabancası aracılığı ile hızlandırılmış atomik boyuttaki yüksek enerjili gaz iyonlarıyla bombardıman edilerek atomların yüzeyden sıçratılması ve hedef malzeme yüzeyinden koparılan atomların altlık malzemesi üzerine biriktirilmesi esasına dayanır. Sıçratma işlemi kullanılarak elde edilen kaplamalar diyot, triyot, manyetik alanda sıçratma ve iyon demeti ile sıçratma olarak gruplandırılmaktadır.

Manyetik alanda sıçratma yönteminde hedef malzeme su soğutmalı mıknatıs veya elektromıknatıslardan oluşan tutucunun üzerine yerleştirilmiştir. Mıknatısın bir kutbu kaplama malzemesinin merkez eksenine, ikinci kutbu kaplama malzemesinin kenarlarına yerleştirilmiştir. Mıknatısların bu şekilde düzenlenmesi elektrik ve manyetik alanların kaplama malzemesinin üzerinde birbirine dik olmasını sağlamaktadır. Plazmadaki elektronlar ExB yönünde hareket ederler.

Başka bir deyişle elektronların hareketi hem elektrik alana (E) hemde manyetik alana (B) dik yöndedir. Kaplama malzemesinin yüzeyinde aşınma manyetik alan çizgileri boyunca meydana gelmektedir. Manyetik sıçratma yöntemi ile elektronlar yönlendirilerek çarpışmaların daha çok katot yüzeyine yakın yerlerde olması sağlanmaktadır. Bu bölgede iyonizasyonun artmasına ve plazmanın daha yoğun olmasına neden olmaktadır. İyonizasyon etkisinin artmasıyla ana sıçratma sistemlerinden daha düşük çalışma basınçlarında plazma oluşturabilen manyetik alanlar meydana getirilebilir. Çalışma basıncının düşürülmesi ile sıçratılan hedef atomlarının gaz fazındaki saçılması daha az olacağından alt malzemeye ulaşan tanecik sayısı artar ve böylece birikme hızları nispeten daha yüksek olur (Bunshah, 1982; Danışman ve Kılık, 1997).

Bu çalışma kapsamında ilk olarak, kaplanacak deney numuneleri ultrasonik banyoda temizlenerek hazırlandı. Daha sonra, kaplamanın yapılacağı vakum odasına yerleştirildi ve vakum odasında yüksek vakum sahası elde edildi. Argon gazı vakum odasına enjekte edilerek gaz atmosferi oluşturuldu. Önce Ti ön kaplama yapıldı daha sonra ortama oksijen gazı gönderilerek TiO₂ kaplama homojen bir şekilde biriktirildi. Oksijen gazının miktarı OES ile otomatik kontrol edildi. Deney numuneleri manyetik alan sıçratma yöntemi ile farklı işlem parametreleri kullanılarak TiO₂ kaplandı. Kaplama işlemi sırasında kullanılan deney parametreleri Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2. TiO₂ kaplama parametreleri

Kaplama No	Kaplama Türü	OES	Akım (Amper)	Bias Voltajı (Volt)
K 1	TiO ₂	300	12	80
K 2	TiO ₂	0	11	80
K 3	TiO ₂	150	9	86
K 4	TiO ₂	150	9	100

2.3. Dört Nokta Prob Yöntemi

İlk olarak 1916 yılında Wenner tarafından dünyanın öz direncini ölçmek amacıyla tasarlandı. Bu ölçüm yöntemi Jeofizikte Wenner yöntemi olarak bilinmektedir. Dört nokta prob yöntemi 1954 yılında Valdes tarafından yarıiletken silisyum öz direnç ölçümleri için kullanıldı (Sönmezoğlu vd., 2012). Daha sonraki süreçlerde ince filmlerin elektriksel dirençlerinin ölçülmesi için kullanılan en yaygın ölçüm yöntemi olarak literatüre geçmişti.

Dört nokta prob yöntemi kullanılarak çeşitli geometrik şekillerdeki ve farklı et kalınlığındaki malzemelerin elektriksel öz dirençleri kolaylıkla hesaplanabilir (Özdemir, 2010). Bu özelliği sayesinde sanayi alanında birçok yerde kullanıma uygundur.

Yarıiletken malzemelerin elektriksel dirençlerini incelemek için kullanılabilir ve yarıiletkenlerin elektronik cihazlarda kullanılabilirliği ve performansı değerlendirilebilir (Wikipedia, 2024). Kalite kontrol ve üretim kontrolü süreçlerinde, kimya ve fizik laboratuvarlarında, malzeme bilimi araştırmalarında ve elektronik cihaz tasarımlarında kullanılabilir (Wikipedia, 2024).

Dört nokta prob yönteminin adı, kullanılan prob ucu sayısından gelmektedir. 4 adet probdan 2 tanesi akımı ölçerken diğer ikisi gerilimi ölçmek için kullanılmaktadır. Bu yöntemde elektriksel direnci ölçmek için her iki dış elektrot da ölçümü yapılacak numuneye bir akım sağlar ve iki termokupl arasındaki voltaj ölçülür (Akhbarifar et al., 2021). Gerilim farkını ölçmek için kullanılan tellerden akım geçmeyeceği için bu teller üzerinde ve bağlantı ara yüzeyleri üzerinde gerilim düşmesi olmayacaktır (Wikipedia, 2024). Bu uçlardan elde edilecek gerilim farkı sadece numuneden akım geçmesi nedeniyle oluşacak gerilim farkıdır (Wikipedia, 2024). Bundan dolayı makineden etkilenmeden hassas bir ölçüm yapılması sağlanmaktadır.

Dört nokta prob yöntemi genellikle ince film malzemelerin veya yarıiletken maddelerin iletkenlik ve öz dirençlerinin ölçülmesinde daha çok kullanılır. Dört nokta prob metodunda ölçümü yapılacak

malzemenin boyutları mümkün olduğu kadar düzgün geometrik şekiller (kare, dikdörtgen ve daire) halinde hazırlanmalıdır. Böylece yapılacak ölçmenin doğruluğu arttırılır (Sönmezoğlu vd., 2012).

Ölçülen birimler ise akım olarak A, gerilim birimi olarak V ölçülmektedir. Bu değerler ohm kanununa dayalı formüllerden ve hesaplamalardan geçirilerek malzemenin elektriksel öz dirençleri elde edilir. Birimi ise ohm.cm'dir.

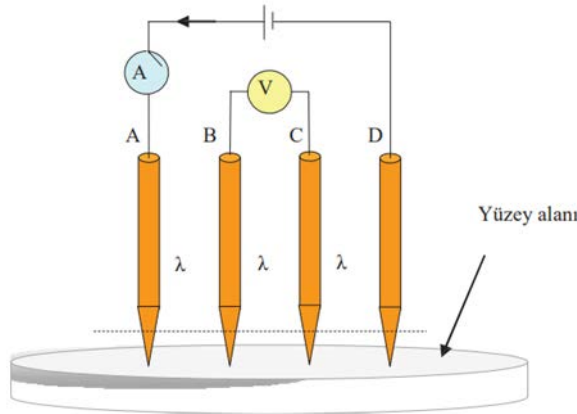
2.4. Elektriksel Öz direncin Hesaplanması

Metallerin elektriksel direncini ölçmek için kullanılan denklemlerin hepsi başta Ohm yasasına dayanmaktadır. Bu yasa, Alman fizikçi Georg Ohm tarafından 1827 yılında keşfedilmiştir. Ohm Yasası, bir elektrik devresinde iki nokta arasındaki iletken üzerinden geçen akım, potansiyel farkla doğru; iki nokta arasındaki dirençle ters orantılıdır şeklinde açıklanmaktadır. Ohm yasasının matematiksel ifadesi ise aşağıdaki şekildedir (Teknotip, 2024).

$$V = I \cdot R \quad (1)$$

- V, iki nokta arasındaki potansiyel farktır (volt).
- I, iki nokta arasındaki akımdır (amper).
- R, iki nokta arasındaki dirençtir (ohm).

Elektrik direnci, R malzemenin içsel direncine (Ω/m) bağlı bir parametredir ve malzemenin boyutsal özelliklerine göre değişkenlik gösterir. Birçok malzemede (örneğin metallerde), akım elektronlar tarafından taşınır (elektron iletkenliği). İyonik kristallerde ise yük taşıyıcılar iyonlardır (iyonik iletkenlik) (Yayan, 2014).



Şekil 1. Dört Nokta Prob Yöntemi

Şekil 1' de gösterilen dört nokta prob yönteminde V, potansiyeli Volt biriminde ve I, akımı amper biriminde verildiğinde elektriksel direnç birimi ohm olarak verilir. Dört nokta prob yönteminde prob yüzey mesafeleri λ olup birbirlerine eşittir. Bundan dolayı kullanılacak olan numunenin öz direncini ohm.cm sınısından hesaplamak için gereken formül aşağıdaki gibidir.

$$\rho = 2\pi\lambda \left(\frac{V}{I} \right) \times d \quad (2)$$

V mV cinsinden gerilim, I mA cinsinden akım, d cidar ve λ iki nokta elektrodu arasındaki mesafeyi göstermektedir. Burada, $\lambda = 1,5$ mm olarak kabul ediliyor. Ancak, ince metalik filmler söz konusu olduğunda, uzunluğu kalınlığından çok daha büyük olan filmin elektriksel öz direnci ρ aşağıdaki formül ile elde edilebilir (Boopathi, 2022; Panta, 2012; Chopra, 1969).

$$\rho = \left(\frac{\pi}{\ln 2}\right) \left(\frac{V}{I}\right) \times d \quad (3)$$

$$\rho \approx 4.532 \left(\frac{V}{I}\right) \times d \quad (4)$$

İnce metalik filmlerin elektriksel iletkenliği şu şekilde hesaplanabilir:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (5)$$

Böylelikle tüm bu denklemler kullanılarak malzemenin levha öz direnci, formülün ince film kalınlığına bölünmüş halidir (Panta, 2012; Chopra, 1969).

$$R_s = \frac{\rho}{d} \quad (6)$$

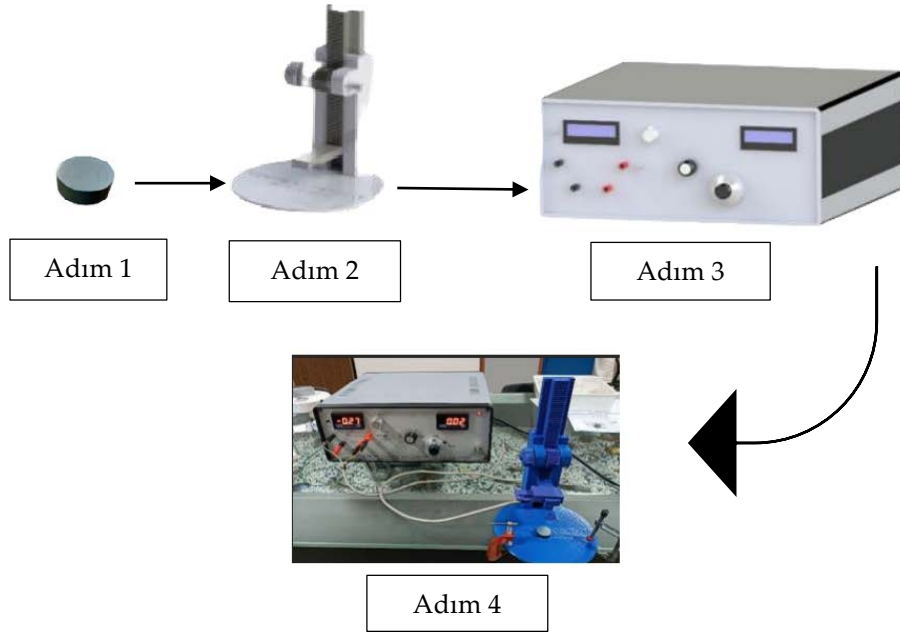
$$R_s = 4.532 \left(\frac{V}{I}\right) \quad (7)$$

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Z Eksenli Sabitleme Mekanizması Tasarım ve Üretimi

Dört nokta prob yönteminde elektriksel direnci ölçmek için her iki dış prob uçlarından ölçümü yapılacak malzeme yüzeyine akımın homojen uygulanabilmesi önemlidir buna göre de her iki iç prob uçları arasında voltaj ölçülmektedir.

Bu çalışma kapsamında öncelikle deneyde ölçü hassasiyeti sağlamak ve testi yapan kişiye göre değişim olmadan ölçüm kontrolünü kolaylaştırmak için X, Y ve Z eksenlerinde kısmi sınırlama sağlayacak, istenilen konumda sabit kalabilecek bir mekanizmaya ihtiyaç vardı. Çalışmada yer alan Erciyes Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü öğrencileri tarafından bu deney düzeneğinde işimizi kolaylaştıracak, deney verilerinin daha doğru ve hassas ölçümünü sağlamaya yardımcı olacak bir mekanizma geliştirmek için AR-GE çalışması yapıldı. Bu AR-GE sonucunda rock pinyon dişli sistemi Z eksenli boyunca kısmi hareket kabiliyeti sayesinde X ve Y koordinatlarını hareket etmezken Z koordinatlarında 0-20 cm arasında değişkenlik gösteren bir seviyelendirme sahiptir. Tasarımın AR-GE'si yapılırken kullanıcıya kolaylık sağlaması ve zamanın en iyi şekilde değerlendirilmesi göz önünde bulundurulmuştur. Şekil 2' de tasarımı gerçekleştirilen ve eklemeli imalat ile üretilen mekanizma adım 2'de görülmektedir. Şekil 2 elektriksel direnç ölçüm adımlarını da göstermektedir.



Şekil 2. Deney aşamaları

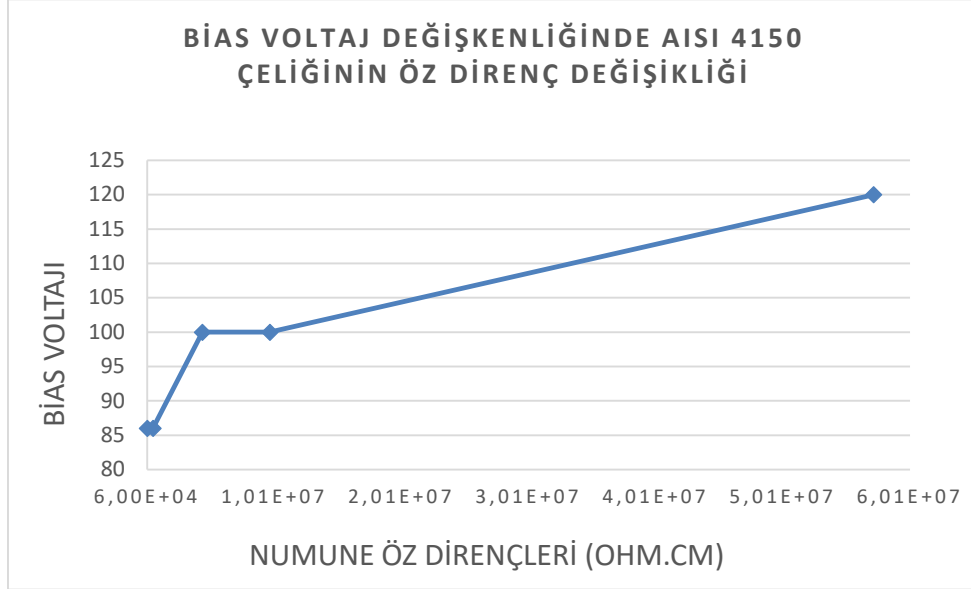
Şekil 2' de gösterilen deney aşamalarında adım 1' de seçilen materyal deney öncesi göz ile muayene edilerek kontrolü sağlanır. Kontrol sonrası deneyin yapılması için gerekli prosedür izlenerek numune sabitleme mekanizmasına konumlandırılır. Adım 2' de konumlandırılan numune gerekli elektronik prob ucunun da bağlanmasıyla uygun konumda bekletilir. Konumun onaylanması sonrası istenilen seviyede yaklaşık olarak test cihazının ölçüm yapmasına izin verilir ve elektronik prob ucu numuneden uzaklaştırılır. Adım 3' de testi yapan elektronik cihaz numunenin istenilen seviyede yaklaştırarak bağlı olduğu probdan gelen sinyal sayesinde gerekli ölçümleri yapabilmektedir. Bu ölçümleri yapabilmek için cihazın belirli bir prosedürü takip etmesi gerekmektedir. Adım 4' de test cihazının gerekli prosedürlerini izledikten sonra ve numuneye prob ucunun istenilen seviyede yaklaştırılması sonrası gerekli ölçümleri yapmak için işlem sırasında volt ve amper değerleri ölçülerek not edilir. Gerekli formülasyonlar sayesinde direnç ölçümüş olunur.

Dört nokta prob cihazında okunan beş adet voltaj ve akım değerleri kaydedilmiştir. Bu değerlerin ortalamaları alınmıştır. Voltaj ve akım değerleri bölünüp elektriksel dirençleri ohm cinsinden hesaplanmıştır. Daha sonra literatürdeki denklemler ile öz dirençleri ohm.cm cinsinden hesaplanmıştır. Hesaplanan öz direnç değerleri tablo 2' de gösterilmiştir. Ölçülen ve hesaplanan veriler aynı numune için farklı kaplamalar ile karşılaştırılmıştır. Böylelikle oksit esaslı kaplamaların yalıtkanlığa etkisi incelenmiştir.

Tablo 3: Kaplamaların öz direnç değerleri

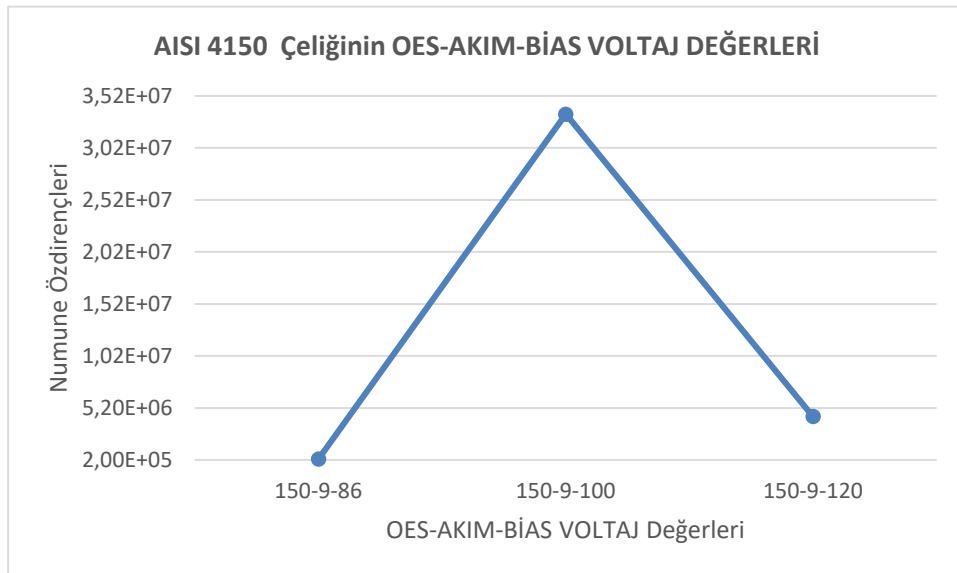
TiO ₂ 4150			
K 1	K 2	K 3	K 4
14091,974 (ohm.cm)	111047 (Ohm.cm)	2139470,7 (Ohm.cm)	126392140 (Ohm.cm)

Dört nokta prob yöntemi sonucunda elde edilen tablolar kullanılarak hesaplanan ohm.cm cinsinden numune öz direnç değerleri kaplama işlemi parametreleri olan OES, bias voltajı, akım değerleri ile grafik haline getirilmiştir. Elde edilen grafikler incelenmiş ve yorumlanmıştır.



Şekil 3. Bias voltaj değişkenliğinde AISI 4150 çeliğinin öz direnç değişikliği

Tablo 2' de görüldüğü üzere kaplamanın bias voltaj değeri 86'dan 100'e ve ardından 120'ye yükselmiştir. Şekil 3'te görüldüğü gibi TiO₂ kaplanmış AISI 4150 numunesinin öz direnci, bias voltajı arttıkça artmıştır.



Şekil 5. AISİ 4150 çeliğinin OES-akım-bias voltaj değerleri

Tablo 2'den alınan OES-akım-bias voltaj değerleri aynı olan numunelerin özdirençlerinin ortalaması alınmıştır. Bu sayede şekil 5' teki OES-akım-bias voltaj değerlerinde oluşan değişime göre bir grafik çıkarılmıştır. OES 150, akım 9, bias voltaj değeri 100 olduğunda en yüksek direnç değeri gözlemlenmiştir.

4. Sonuçlar

PVD yöntemi ile TiO₂(Titanyum dioksit) kaplanmış AISI 4150 numunelerin elektriksel özdirenci, Manyetik Kaynaklı Sıçratma kaplama işlem parametresi olan OES (OES), bias voltajı, kaplama akımı değişimi ile karşılaştırılmıştır. Yalıtkan malzeme seçiminde altlık malzeme ve kaplamanın OES-akım-bias voltaj değerlerinin elektriksel özdirencine etkisi araştırılmıştır. Aşağıda elde edilen sonuçlar özetlenmiş ve sonuçlar sıralanmıştır.

- TiO₂ kaplanmış AISI 4150 OES-akım-bias voltaj değerleri 150-9-100 iken daha yalıtkan davranmaktadır. Bundan dolayı bu malzemeden talep edilen yalıtkanlık değeri yüksekse TiO₂ kaplanırken bu parametrelere dikkat edilmelidir.
- TiO₂ kaplamasının OES, bias voltaj ve akım parametreleri özdirenç değerini doğrudan etkilemiştir.
- Dört nokta prob yöntemi daha hassas veriler elde etmesinin yanı sıra hızlı ve kolay bir işlem olduğundan dolayı yalıtkanlık ölçüm durumlarında tercih edilebilir bir sistem olduğu gözlemlenmiştir.

Teşekkür

FKA-2021 11107 kodu ile Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Proje Koordinatörlüğü tarafından desteklenen proje kapsamında bu çalışma yapılmıştır. Oksit Kaplamaların Yalıtkanlığa Etkisi konusu bu projenin bir bölümü olup Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yüzey teknolojileri Araştırma ve Uygulama Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Desteğinden dolayı Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Proje Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akhbarifar, S., Mecholsky, N. A., Brandys, M., Lutze, W., & Pegg, I. L. (2021). Four-point probe geometric correction factor for isotropic cylindrical samples with non-equal probe distances. *Measurement*, 184, 109703.
- Boopathi, S. (2022). An experimental investigation of Quench Polish Quench (QPQ) coating on AISI 4150 steel. *Engineering Research Express*, 4(4), 045009.
- Bunshah, R. F., & Blocher, J. M. (1982). *Deposition technologies for films and coatings: developments and applications* (Vol. 179). Park Ridge, NJ: Noyes publications.
- Chopra K L., (1969). *Thin Film Phenomena* MC Graw Hill Co., New York, USA.
- Danışman, Ş., Kılık, R. (1997). Yüksek Vakum Teknolojisi ve Modern kaplama Teknikleri. 7. Denizli Malzeme Sempozyumu, 361-369.
- Heřman, D., Šícha, J., & Musil, J. (2006). Magnetron sputtering of TiO_xNy films. *Vacuum*, 81(3), 285-290.
- Maissel L L, Glang R., (1970), (eds) *Hand book of Thin Film technology*, MC Graw Hill Co., New York, USA.
- Panta, G. P., & Subedi, D. P. (2012). Electrical characterization of aluminum (Al) thin films measured by using four-point probe method. *Kathmandu University journal of science, Engineering and technology*, 8(2), 31-36.
- Rhshkewitch, E., Richerson, D. W. (1985). *Oxide Ceramics*, Academic Press, New Jersey, 1985.

Rigato, V., Patelli, A., Maggioni, G., Restello, S., Vezzù, S., Cooke, K. E., ... & Bontempi, E. (2003). Physical properties and microstructure of sputter deposited aluminum and zirconium oxynitride multilayers. *Surface and Coatings Technology*, 174, 266-272.

Özdemir, R. (2010). Elektrodepolama yöntemi ile elde edilen ZnFe ince filmlerinin elektriksel özdirenç özelliklerinin sezgisel yöntemler yardımıyla incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kilis, Türkiye, 139 s.

Sönmezoglu, S., Koç, M., & Akın, S. (2012). İnce film üretim teknikleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 28(5), 389-404.

Teknotip (2024). Four Point Probe, <https://www.teknotip.com.tr/urun/four-point-probe/>

Wikipedia (2024). Vikipedi:Omik, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Omik>

Yayan, E., (2014), TLM metodu ile grafen üzerine yapılan metal kontakların direncinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bozok Üniversitesi, Yozgat.



Dondurulmuş Parmak Patates Kalitesine Haşlamanın Etkisi

Hakan Çellik ¹, Dilek Demirbüker Kavak ^{2,*} ve Bilge Akdeniz ³

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar

³ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Şuhut Meslek Yüksek Okulu, Gıda Teknolojisi Bölümü, Afyonkarahisar

* Sorumlu yazar: dkavak@aku.edu.tr

Özet

Patates (*Solanum tuberosum*), büyük bir üretim potansiyeline sahip yumru oluşturan bir bitkidir. Gıda sektöründe patates ve ondan üretilen ürünler her yaştan geniş kitlelerce ülkemizde ve dünyada tüketilmektedir. Yüksek nişasta içeriğinden dolayı insan beslenmesinde rolü olan karbonhidratların önemli bir kaynağıdır. Bu çalışmada tek aşama haşlama ve çift aşama haşlama tekniği uygulanarak üretilmiş dondurulmuş parmak patatesin nihai kalitesindeki olası değişimlerin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla kuru madde tayini, proses ağırlık kaybı yüzdesi analizleri (kurutma/dryer kaybı, kızartma/fryer kaybı ve toplam kayıplar), serbest yağ asitleri tayini, renk tayini, sertlik tayini ve duyu analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre haşlama etkisiyle gerçekleşen enzim inaktivasyonu ve nişastanın jelatinizasyonu ile yüzeyin kabuk oluşturarak cırtlaşması, üretilen ürünlerin tekstürel anlamda ürün kalitesini olumlu etkilemiştir. Ayrıca daha uzun süreli haşlamada Maillard reaksiyonunun da kısmen engellenmesi ile renk ölçümlerinde yükselmeye sebep olmuş (69.3 ± 0.5) dolayısıyla renk yönünden daha yüksek kaliteli ürün elde edilmiştir. Kurutma aşamasındaki kayıp analizinde ise tek aşamalı haşlama işlemindeki ağırlıkça % kayıp (6.9 ± 0.6), çift aşamalı haşlama işlemindeki kayba (7.4 ± 0.5) nazaran daha düşük olmasına karşın, çift aşamalı haşlama prosesi kızartma sırasında yüzeyde oluşturduğu sert doku nedeniyle kızartmada ağırlık kaybının diğer örneğe göre daha düşük kalmasını sağlamıştır. Hem tek hem çift aşamalı haşlanmış örnekler duyu analizi açısından yüksek genel beğeni skorları almıştır. Dolayısıyla her iki haşlama prosesi de üretim açısından düşük ekonomik kayba neden olmakla beraber tüketici beğenisi açısından da uygun kalitede dondurulmuş parmak patates üretimine olanak sağlamaktadır.

Anahtar kelimeler: dondurulmuş parmak patates, kalite, haşlama

The Effect of Blanching on the Quality of Frozen French Fries

Abstract

Potato (*Solanum tuberosum*) is a tuber forming plant with a great production potential. In the food sector, potatoes and the potatoes products are consumed by large masses of all ages in our country and in the world. Due to its high starch content, it is an important source of carbohydrates that play a role in human nutrition. In this study, it was aimed to determine the possible changes in the final quality of frozen french fries produced by single stage blanching and double stage blanching techniques. For this purpose, dry matter determination, process weight loss percentage analysis (drying/dryer loss, frying/fryer loss and total losses), free fatty acids determination, color determination, hardness determination and sensory analysis were carried out. According to the results obtained, enzyme inactivation and gelatinization of starch with the effect of blanching and crisping of the surface by forming a crust positively affected the textural quality of the products produced. In addition, the partial inhibition of Maillard reaction in longer blanching caused an increase in color measurements (69.3 ± 0.5), thus a higher quality product was obtained in terms of

color. In the loss analysis at the drying stage, although the % loss by weight in the single-stage blanching process (6.9 ± 0.6) was lower than the loss in the double-stage blanching process (7.4 ± 0.5), the double-stage blanching process ensured that the weight loss in frying remained lower than the other sample due to the hard texture formed on the surface during frying. Both single and double blanched samples received high overall sensory scores. Therefore, both blanching processes resulted in low economic losses in terms of production but also in the production of frozen french fries of suitable quality in terms of consumer taste.

Keywords: frozen french fries, quality, blanching

1. Giriş

Patates, *Solanum tuberosum* türüne giren kültür bitkilerinin yumrularıdır (İlisulu, 1960). Yüksek nişasta içeriğinden dolayı insan beslenmesinde rolü olan karbohidratların önemli bir kaynağıdır. Ayrıca mineral maddelerce ve bazı vitaminlerce de zengin bir bileşime sahiptir (Übeyitoğulları, 2005). And Dağları'nda yabani türler olarak belirmiş ve buradan Kolombiya ve Venezuela'ya oradan da Şili ve Kuzey Arjantin'e gelmiştir. Patates, Türkiye 'ye 1853 yılında girmiş ve çiftçiler tarafından 19. yüzyılda tüketilmeye başlanmıştır (İnt.Kyn.1, 2023).

Dondurulmuş parmak patates üretiminde öncelikle yıkama, soyma, ayıklama ve belirli boyutlarda dilimleme işlemi yapılır. Sonra öncelikle dilimler, enzimlerin inaktive olması ve dilimlerin kısmen pişirilmesi amacı ile haşlama işlemine tabi tutulur. Haşlama sıcaklığı ve süresi, fazla şeker içeriğinin azaltılması ve kızartma işlemi sonrasında dilimlerde benzer açık, altın sarısı rengin elde edilmesi amacı ile uygun sıcaklık ve sürelerde ayarlanır. Haşlanan patatesler daha sonra kurutma, ön kızartma ve şoklama işlemleri yapıldıktan sonra paketlenip soğuk depolarda muhafaza edilmektedir (Sanz ve ark., 2007; Liu ve Scanlon, 2007). İyi kalitede bir parmak patates, yağın büyük kısmının yüzeyde bulunduğu gevrek bir kabuğa sahip olmalı, merkez kısmı nemli, yumuşak ve pismiş patates lezzetini vermelidir (Moyano ve ark., 2002).

Çalışmada tek aşama haşlama ve çift aşama haşlama tekniği uygulanarak üretilmiş dondurulmuş parmak patatesin nihai kalitesindeki olası değişimlerin ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal Temini Ve Dondurulmuş Parmak Patates Üretimi

Çalışma "Innovator" (Afyonkarahisar) patates çeşidi ile yürütülmüştür (Kuru madde %21,4 \pm 0.1). Innovator çeşidi, HZPC Holland B.V. şirketinin Hollandalı yetiştiricilerinin emeğinin bir ürünüdür. Innovator çeşidi patates orta erkenci ve bozkırda yetişmeye uygundur. Afyonkarahisar bölgesindeki dondurulmuş gıda fabrikalarının tercih ettiği ve kullandıkları bir patates çeşididir (Anon, 2017a).

Patatesler ilk önce temizlenip kabukları soyulmuş daha sonra ise tekrar yıkanarak 9mmx9mm şeritler halinde kesilmiştir. Boylama ile homojenlik sağlandıktan sonra sıcak suda (85 °C de 3 dk.) haşlanmıştır. Bu haşlama aşamasında diğer bir grup patates için ikinci haşlama uygulanmıştır. Bu uygulamanın parametreleri 75°C de 10 dk'dır. Haşlama aşamasından sonra tek sefer haşlanan örnekler "TH", çift haşlanan örnekler ise "ÇH" koduyla kodlanmıştır. Patatesler haşlama sonrası 50 °C'de 8 dk süreyle kurutulmuştur. Kurutulan patatesler 180°C'de 2 dk süreyle ön kızartmaya tabi tutulmuşlardır. Daha sonra yağın fazlası süzülerek 10 dk dinlendirilen patatesler soğutmaya alınarak buzdolabı koşullarında 20 dk bekletilmişler ardından kilitli polietilen poşetlere konulup dondurularak analiz sürecine kadar muhafaza edilmişlerdir.

2.2. Dondurulmuş Parmak Patateste Kalite Analizleri

2.2.1. Kuru Madde (KM) Tayini

Örneklerin KM miktarları % olarak nem tayini yapılarak tespit edilmiştir. 5 adet patatesten rastgele kesimler alınarak elde edilen 50 g örnek, waring blender yardımıyla 30 saniye parçalanmıştır. Daha sonra 50 g örnekten 2 g alınmış ve hızlı nem tayin cihazı ile % nem değeri hesaplanmıştır. Sonuç % KM değeri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$\% KM = 100 - \% nem \quad (1)$$

2.2.2. Kabuk Ağırlık Kaybı Analizi

Üretimde kabuk soyma aşamasının etkinliğinin ölçülmesi amacıyla yapılmaktadır. 5 adet orta boy patates alınarak yıkanır, çamurlardan arındırılır. Daha sonra ilk tartım alınır. Kabukları tekrar soyulan patatesler tekrar tartılır. Değerler aşağıdaki formüle göre yüzde olarak hesaplanmaktadır:

$$\% Kabuk kaybı = \frac{\text{ilk ağırlık} - \text{kabuk soyma sonrası ağırlık}}{\text{ilk ağırlık}} \times 100 \quad (2)$$

2.2.3. Proses Ağırlık Kaybı Analizi

Proses sırasında kurutma ve kızartma aşamalarında meydana gelen ağırlık kaybının belirlenmesi amacıyla yapılır. Bu amaçla eşit boydaki patateslerden 5 adet alınarak örnekler kesme bıçağı ile eşit boyda kesilir. Kesilen patatesler kurutma ve kızartma sonrası tartılır. Hesaplama aşağıdaki gibidir:

$$\% Kurutma (dryer) kaybı = \frac{\text{haşlama ağırlık} - \text{kurutma ağırlık}}{\text{haşlama ağırlık}} \times 100 \quad (3)$$

$$\% Kızartma (fryer) kaybı = \frac{\text{kurutma ağırlık} - \text{kızartma ağırlık}}{\text{kurutma ağırlık}} \times 100 \quad (4)$$

$$\% Toplam kayıp = \frac{\text{haşlama ağırlık} - \text{kızartma ağırlık}}{\text{haşlama ağırlık}} \times 100 \quad (5)$$

2.2.4. Nihai Ürün Ağırlık Kaybı

Nihai (son) ürünündeki kızartma sonucunda meydana gelecek ağırlık kayıpların hesaplanması için 500 g dondurulmuş örnek tartılır, yağın sıcaklığının 180 °C ye ulaşması beklenir ve daha sonra örnekler ilave edilerek 2.5 dk süreyle kızartma işlemi uygulanır. Kızartma sonrası 10 saniye yağın süzülmesi beklenerek örnekler tekrar tartılır. Hesaplama aşağıdaki gibidir:

$$\% Son ürün kızartma kaybı = \frac{\text{donuk nihai ürün ağırlığı} - \text{kızartma sonrası ağırlık}}{\text{donuk nihai ürün ağırlığı}} \times 100 \quad (6)$$

2.2.5. Kızartma Yağında % Serbest Yağ Asitleri (%FFA) Analizi

Ürün kalitesine etki eden kızartma yağındaki serbest yağ asitlerinin tespiti amacıyla yapılmaktadır. Asit sayısı, 1g kızartma yağında bulunan serbest yağ asitlerini nötralize etmek için gerekli potasyum hidroksit (NaOH) mg değeri olarak ifade edilmektedir. Titrasyon için yağ örneği erlenmayere alınarak üzerine izopropil alkol ilave edilir. 5-6 damla fenolftaleyn ilave edilerek 0.1 N NaOH ile titrasyon gerçekleştirilir. Titrasyona hafif pembe renk oluşana kadar devam edilir. Elde edilen NaOH sarfiyatı kaydedilir. Buna göre sonuçlar serbest yağ asitleri kütlece %'si olarak aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$\% FFA = \frac{ml NaOH \times Normalite (NaOH) \times 282.45 \times 10^{-3} L/ml}{\text{örnek ağırlığı}} \times 100 \quad (7)$$

2.2.6. Nihai Ürün Renk Tayini

Nihai (son) ürünlerdeki kızartma sonucunda meydana gelen rengin uygunluğunun belirlenmesi amacıyla örneklerde renk tayini yapılmaktadır. Bu amaçla 500 g örneğe 180 °C deki yağda 2.5 dk süreyle kızartma işlemi uygulanır. Kızartma sonrası 10 saniye yağın süzülmesi beklenerek örneklerin Agtron spektrometresinde renk ölçümleri gerçekleştirilir. Agtron değerleri sırasıyla yeşil ve kırmızı için 546 ve 640 nm'lerdeki yüzey yansıma değerleri olarak kaydedilmiştir.

2.2.7. Nihai Ürün Sertlik Tayini

Nihai (son) ürünlerdeki kızartma sonucunda meydana gelecek tekstürel değişimlerin belirlenmesi amacıyla 500 g dondurulmuş örnek tartılır, kızartma yağın sıcaklığının 180 °C ye ulaşması beklenir ve daha sonra örnekler ilave edilerek 2.5 dk süreyle kızartma işlemi uygulanır. Kızartma sonrası 10 saniye yağın süzülmesi beklenerek örnekler sertliklerin belirlenmesi için Tekstür Profili analizi gerçekleştirilir (TAXT Texture Analyzer, Godalming UK). Her bir kızartma işlemi sonunda 9 patates örneği orta noktasından sertlik analizi uygulanmak üzere seçilmiştir. Bu amaçla örnekler çalışma platformuna yerleştirilir. Analiz test hızı 80 mm/dk olacak şekilde 0,02 N tetik kuvvetiyle 15 mm baskı limiti ile kesme uygulamak suretiyle gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar sertlik (hardness, N) olarak verilmiştir.

2.2.8. Duyusal Analiz

Çalışmada kullanılan patates örneklerinin duyusal analizleri eğitilmiş 13 panelist ile gerçekleştirilmiştir. Kızartılan örnekler ortam sıcaklığında 5 dakika bekletilip duyusal analize alınmıştır. Panelistlere örnekler kodlanarak beyaz polistren tabaklarında sunulmuştur. Duyusal analiz hedonik test kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Altuğ ve Elmacı, 2005). Panelistler patates örneklerinin renk, çıtırlık, tat ve genel beğeni kriterlerini 1-5 arasında puan vermek suretiyle değerlendirmişlerdir. Skorlar şu şekildedir: 1-Hiç beğenmedim; 2-Az beğendim; 3-Orta derecede beğendim; 4- Beğendim; 5-Çok beğendim.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Örneklerin Kuru Madde Analizi Sonuçları

Hammaddenin işlenmesinde hammaddenin çeşit ve özellikleri son ürünün kalitesi üzerine oldukça etkilidir. Dondurularak işlenecek patateslerde yüksek kuru madde istenmektedir. Yapılan nem tayini analizleri sonucunda İnnovatör çeşidi patatesin kuru madde yüzdesi %21.4 ±0.1 olarak tespit edilmiştir. Örneğin Russel Burbank çeşidi %18.7 kuru madde ile daha düşük düzeyde KM içermektedir. Elde edilen KM sonucu fabrika ve literatür verileriyle de uyumludur (Altun, 1996; Anon., 2017a).

3.2. Örneklerin Ağırlık Kaybı Analizi Sonuçları

Ağırlık kaybında en önemli faktör patatesin kabuğudur. Dolayısıyla üretim planlama ve kabuk soyma prosesinin etkinliğinin ölçülmesi açısından kabuk kaybı analizleri yapılmaktadır. Sektörde patatesler ön yıkamadan sonra kabukları soyulmak üzere steempeeler (buharlı kabuk soyma sistemi) sistemine gönderilmektedirler. Burada verilen buharla kabukları yumuşatılan patatesler fırçalı tamburlarla kabuklarından arındırılırlar (Liu ve Scanlon, 2007; Anon., 2015; Anon., 2017b).

Tablo 1. Örneklerin ağırlık kaybı değerleri (%)

Örnek	Kabuk Kaybı	Proses Kaybı			Nihai Ürün kaybı
		Kurutma Kaybı	Kızartma Kaybı	Toplam Kayıp	
TH	8.8±0.8	6.9±0.6	10.7±0.3	12.9±0.4	35.4±1.8
ÇH	8.8±0.8	7.4±0.5	10.1±0.2	12.5±0.3	33.9±1.1

Laboratuvar sistemlerinde bu sistem sektördeki gibi efektif çalışmayacağı için klasik kabuk soyma yöntemine başvurulmuştur. Kabuk kaybı değerleri Tablo 1’de verilmiştir. Burada kabuk soymadaki ağırlık kaybı %8,8 civarı tespit edilmiştir. Dolayısıyla yüksek bir kayıp söz konusudur. Nitekim sektörel buharlı uygulamalarda bu kayıp %5-6’ler düzeyindedir (Anon., 2015; Anon., 2017b). Proses ağırlık kayıpları kurutma ve kızartma aşamalarında meydana gelebilecek kayıpların tespiti amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmada iki ayrı uygulama üzerinden ürünler değerlendirilmiştir. Burada örneklerdeki farklı uygulama haşlama aşamasına dayanmaktadır Dilimlenmiş patatesler, enzimlerin inaktive olması, dilimlerde olabilecek mikrobiyal yükün gelişiminin önlenmesi, kısmen hafif pişirilmesi için haşlanmaktadır. Yapılan çalışmada TH örnekleri enzim inaktivasyonu (polifenoloksidaz, peroksidaz) amacıyla haşlanmıştır. İkinci haşlama ise ürün tekstürün geliştirilmesi amacıyla uygulanmıştır. Dolayısıyla ikinci haşlama ile yüzeydeki nişastanın jelatinizasyonu dolayısıyla yağ absorpsiyonunun sınırlanması sağlanmıştır. Tablo 1’deki veriler dikkatle incelendiğinde, çift haşlamanın uygulamasının kurutma sırasında daha fazla ağırlık kaybına neden olmasına karşın, kızartma sırasında yüzeyde oluşturduğu sert doku nedeniyle kızartmada ağırlık kaybının diğer örneğe göre daha düşük kaldığını görülmektedir. Dolayısıyla yüksek ağırlık kaybına neden olmamaktadır. Kızartma da ağırlık kaybı önemli bir faktördür (Tuta ve ark., 2010). Patatesler yağ içerisine daldırıldıktan sonra, yüzey sıcaklığı hızla suyun kaynama sıcaklığına yükselir ve yüzeydeki serbest nem buharlaşmaya başlar. Patateslerin kızartılması sırasında oluşan su buharı patatesin yüzeyinden kızgın yağın içerisine buhar kabarcıkları olarak uzaklaşır (Ni ve Datta, 1999). Oluşan bu buharlaşmaya bağlı olarak, yüzey kurur ve yüzey boyunca kabuk tabakası oluşur. Kabuk oluşumundan sonra yüzey sıcaklığı yükselmeye başlar (Costa ve ark., 1999). Kızartma işlemi ilerledikçe yüzeyde su kaybı başlar ve oluşan kabuğun kalınlığı giderek artar. Patatesi çevreleyen bu kabuk, su buharının kaçışını engeller. Dolayısıyla kızartmanın etkisi ve yüzey jelatinizasyonu ağırlık kayıplarında önemli olmaktadır. Nihai ürün kayıpları incelendiğinde standart sapmalar doğrultusunda yakın değerler elde edilmiştir. Sektörel bilgilerle kıyaslandığında nihai ürün için ağırlık kaybının %35’ler gibi yüksek bir değerde olduğu görülmektedir. Nitekim sektörde bu veri %30’lar düzeyinde seyretmektedir (Anon., 2015; Anon., 2017b). Bu farkın laboratuvar şartlarında yapılan daha düşük verimli kabuk soyma uygulamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.3. Kızartma Yağında % Serbest Yağ Asitleri (%FFA) Analizi Sonuçları

Kızartma için kullanılacak yağdaki serbest yağ asitliğinin tespitinde amaç yağın kalitesinin kontrol edilmesidir (Zeng ve ark. 2009). Nitekim sektörde birkaç sefer kullanılacak olan fryer kazanına asitliği uygun düzeyde tutması için sürekli yağ beslemesi yapılabilir. Nitekim Didin ve arkadaşları (2000) yaptıkları çalışmada kızartma süresi ve tekrarı arttıkça %FFA oranının arttığını, yağ ilavesinin ise % FFA oranını düşürdüğünü belirtmişlerdir. Yağ asitliğinin yükselmesi sonucunda ise haznenin değişmesi gerekmektedir. Sektörel bilgilere göre yağ asitliği %1’ler civarında tutulmaya çalışılmaktadır (Anon., 2017b; Anon., 2015). Laboratuvar çalışması sonucunda kullanılan ayçiçeği yağının asitlik değeri %1,8-1,9 civarında tespit edilmiştir (Tablo 2). Dolayısıyla sektörel uygulamadan daha yüksek bir değere ulaşılmıştır. Sektörde kullanılan fryer yağı özel formülasyon kızartma yağı olduğundan yağ asitliğinin daha iyi kontrol altında tutulduğu anlaşılmaktadır. Nitekim bu durum, patatesin lezzetinin korunması ve aynı zamanda insan sağlığı açısından daha uygun koşullarda üretilmesini sağlamaktadır.

Tablo 2. Örneklerin %FFA değerleri

Örnek	%FFA
TH	1.8±0.2
ÇH	1.9 ±0.3

3.4.Nihai Ürün Renk Tayini Sonuçları

Patatesin renginde cinsi her ne kadar etkili olsa da özellikle kızartma işlemi sonucunda ortaya çıkan yüksek sıcaklık ve düşük nem koşulları, parmak patatesin karakteristik özellikleri olan rengin oluşmasında etkilidir. Renk, kızartma yağının sıcaklığı, kızartma süresi ve yüzeydeki indirgen şeker miktarına bağlı olarak oluşmaktadır. Nitekim patatesin %0,5-2'sini oluşturan indirgen şeker oluşturmaktadır (Serpen ve Gökmen, 2009). Maillard reaksiyonu, ısı işlem sırasında gıdalarda hem aroma, renk gibi istenen hem de akrilamid, hidroksimetilfurfural, heterosiklik aromatik aminler gibi oluşabilecek zararlı istenmeyen bileşiklerin oluşumundan sorumlu karmaşık bir reaksiyon mekanizmasıdır (Mottram ve ark., 2006). Parmak patates üretiminde, Maillard tepkimesi olarak bilinen reaksiyon sonucunda yüksek miktarda indirgen şeker ile serbest amino asitler üretim sırasında ısı işlem uygulanan parmak patateslerde koyu bir renk oluşmasına neden olmaktadır (Zeng ve ark. 2009). Bu çalışmada örneklerin renk değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Özellikle ÇH örneklerinin renk değerlerine bakıldığında kalite anlamında daha uygun değerler aldığı görülmüştür. Bunun sebebinin ÇH örneklerine uygulanan çift haşlama işlemi olduğu düşünülmektedir. Çift haşlama uygulaması yüzeyde nişasta jelatinizasyonuna bağlı kabuk oluşturma ve yağ ile etkileşimin azaltılması ile kızartma sırasında indirgen şekerin maruz kalacağı ısı etkinin kontrolü sağlanmaktadır. Bu sebeple kalite unsuru olarak renkte ÇH örnekleri TH örneklerine göre daha üstün özellik sergilemektedir.

Tablo 3. Örneklerin renk değerleri

Örnek	Renk Değerleri
TH	64.1 ±0.7
ÇH	69.3 ±0.5

3.5. Nihai Ürün Sertlik Tayini Sonuçları

Sertlik (hardness), TS 3707 ISO 5492 standardında (Anon., 2001) ürüne nüfuz etmek veya şeklini belli bir seviyede bozmak için gerekli kuvvetle ilgili mekanik doku özelliği olarak tanımlanmaktadır. Dondurulmuş parmak patates üretiminde tüm aşamalar tekstüre etki etmekle beraber haşlama ve kızartma aşamaları özellikle nihai ürün kalitesini etkilemektedir (Sanz ve ark. 2007).

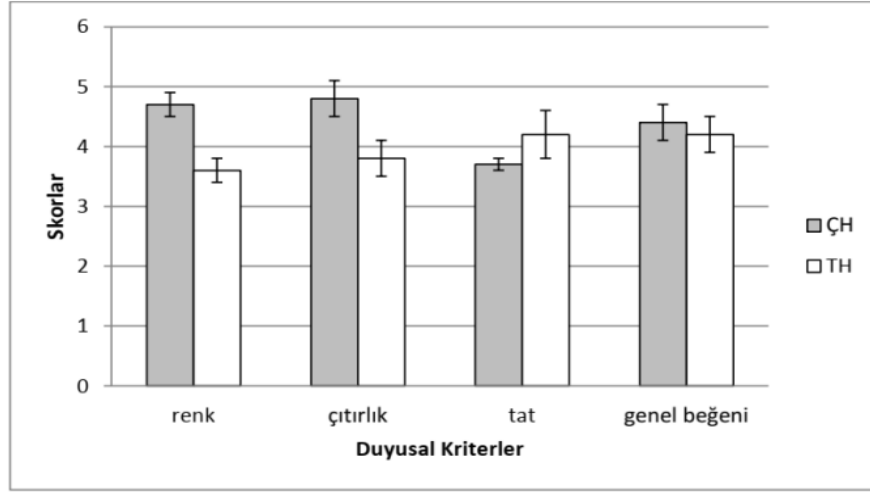
Tablo 4. Örneklerin sertlik değerleri

Örnek	Sertlik Değerleri (N)
TH	8.2 ±2.3
ÇH	11.2 ±1.6

Yapılan çalışmada uygulanan iki aşamalı haşlama daha önce belirtildiği gibi ürün yüzeyindeki nişastanın jelatinize olmasını sağlayarak kabuksu bir tabakanın oluşmasını sağlamaktadır. ÇH örneklerde bu kabuksu tabaka özellikle kızartma aşamasıyla beraber örneklere sertlik ve çıtırılık kazandırmıştır. Tablo 4'te de görüldüğü gibi yüksek sertlik değerleri elde edilmiştir. Bu tüketici açısından istenen bir özelliktir. Nitekim literatürde haşlama sıcaklığı ve süresinin parmak patates üretiminde son ürün tekstürüne etki ettiği belirtilmiştir (Liu ve Scanlon, 2007). Ayrıca bu tabakanın kızartma aşamasında yağ absorpsiyonunu sınırlaması yine örneklerin daha çıtır olmasına etki etmektedir.

3.6. Nihai Ürün Duyusal Analiz Sonuçları

Duyusal analiz sonuçlarına göre ÇH ile TH örnekleri arasında özellikle renk açısından farklılık görülmüştür (Şekil 2). Duyusal kalitede haşlama ve özellikle kızartma aşamalarının etkisi büyüktür. Rengi daha açık sarı olarak notlarla ifade edilen ÇH örneklerinde bunun sebebinin nişastanın ikinci haşlamayla beraber yüzeyde çözünerek jelatinize olması olduğu düşünülmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi ÇH etkisiyle oluşan tabaka daha çıtır bir ürün oluşmasına neden olmuş ve bunun sonucu da yine ÇH örneklerin çıtırlık skorları TH örneklerle göre daha yüksek olmuştur.



Şekil 2. Örneklerin duyusal analiz sonuçları

Fakat bilindiği üzere kızartma, gıdanın 150-200°C arasındaki sıcaklıkta yenilebilir yağ içerisine daldırılarak pişirilmesi işlemidir (Farkas ve ark. 1995) ve bu işlem sırasında ürünün yağ içerisine daldırılması ile beraber sıcak yağdan gıdaya ısı transferi gerçekleşmekte ve üründe sıcaklığın artması ile birçok fiziksel ve kimyasal tepkime meydana gelmektedir. Kızartma sırasında ısı etkisiyle gıdada meydana gelen değişimler; nişasta jelatinizasyonu, protein denatürasyonu, renk ve aroma gelişimi, nem içeriğinin azalması, kabuk tabakasının oluşumu ve gelişimi, ürünün büzülmesi veya kabarması olarak sayılabilir (Farkas ve ark. 1995; Gołubowska, G. 2005). Kızartma işlemi ilerledikçe ortaya çıkan yüksek sıcaklık ve düşük nem koşulları, parmak patatesin karakteristik özellikleri olan renk, tekstür ve yağ içeriğini etkiler ve aromanın oluşmasını sağlar (Moyano ve ark. 2002). Dolayısıyla kabuklaşmadan dolayı olan ÇH örneklerinde muhtemel kızartma işleminde daha düşük yağ absorpsiyonu tat kriteri olarak olumlu olarak algılanmamıştır. Dolayısıyla TH örneklerinde tat kriteri genel beğeniye de etkilemiş ve çıtırlık ve renk skorları düşükken, ÇH örneklerine yakın bir genel beğeni skoru almalarına neden olmuştur. Dolayısıyla üretim koşullarında daha az ekonomik kayba neden olacak herhangi bir üretim seçeneğinin tüketici beğenisi açısından da uygun görüleceği anlaşılmaktadır.

4. Sonuçlar

Dondurarak işleme teknolojisinde esas amaç ürünün taze haline en yakın düzeyde kalmasının sağlanması ve temel kalite kriterlerinin uzun depolama sürecinde korunmasıdır. Yapılan çalışmada dondurulmuş parmak patates üretimi gerçekleştirilmiş ve ürünlerin kalitesi değerlendirilmiştir. Parmak patates üretimi için örnekler çubuk şeklinde doğranmış ve tek ve çift haşlama gerçekleştirilerek yağda ön kızartma uygulandıktan sonra dondurularak muhafaza edilmişlerdir. Çalışmada elde edilen veriler ile bölgedeki dondurulmuş meyve-sebze üretimi yapan Kerevitaş, Atakey ve SanPa firmalarıyla olan ikili görüşmeler sonucunda elde edilen endüstriyel bilgiler

kıyaslandığında özellikle proses verimlerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada dondurulmuş parmak patates üretiminde dilimleme sonucunda esmerleşmeler meydana gelmektedir. Bu sadece ürünün renginde değil diğer duyuşal özelliklerinde de değişimler meydana getirmektedir. Dolayısıyla uygulanan haşlama ile bu engellenmektedir. Çalışmada uygulanan çift haşlama işlemi ise ayrıca gıdanın yüzeyindeki nişastayı jelatinize ettiği için yağ absorpsiyonunu da azaltmaktadır. Bulgulara göre çift haşlamanın uygulamasının kurutma sırasında daha fazla ağırlık kaybına neden olmasına karşın, kızartma sırasında yüzeyde oluşturduğu sert doku nedeniyle kızartmada ağırlık kaybının diğer örneğe göre daha düşük kalmasını sağlamıştır. Dolayısıyla yüksek ağırlık kaybına neden olmamaktadır. Ayrıca ÇH işlemi ile rengin ve tekstürün daha iyi korunduğu bulunmuştur. Duyusal analiz sonuçlarına göre üretim açısından daha az ekonomik kayba neden olacak herhangi bir üretim seçeneğinin tüketici beğenisi açısından da uygun görüleceği anlaşılmaktadır.

Teşekkür

Çalışmanın gerçekleşmesinde proje olarak maddi destek sağlayan Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne (Proje No:17.FENBİL.27) ve desteklerini esirgemeyen Atakey Patates Gıda San. Tic. A.Ş. (Afyonkarahisar) yetkililerine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Altuğ, T., Elmacı, Y. (2005). Gıdalarda Duyusal Değerlendirme, Meta Basım, İzmir,64-65.
- Altun M. 1996. Depolanma sıcaklığının patatesin nişasta ve C vitamini düzeyleri üzerine etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi
- Anonim, 2001. TS 3707 ISO 5492 (Nisan 2001). Duyusal Analizler-Terimler ve Tarifleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2015. Sanpa AŞ. Sandıklı/Afyonkarahisar (2015) Kurum görüşmesi
- Anonim, 2017a. Atakey AŞ. Merkez/Afyonkarahisar (2017) Kurum görüşmesi
- Anonim, 2017b. Kerevitaş A.Ş. Emirdağ/Afyonkarahisar (2017) Kurum görüşmesi
- Costa, R.M., Oliveira, F.A.R., Delaney, O., Gekas, V. (1999). Analysis of the Heat Transfer Coefficient During Potato Frying, *Journal of Food Engineering*, 39, 293-299.
- Didin, M., Kızıllarlan, A., Fenercioęlu H. (2000). Nevşehir Yöresinde Yetiştirilen Bazı Patates Çeşitlerinin Dondurulmuş Parmak Patates İşlemeye Uygunluğu Üzerine Bir Araştırma
- Farkas, B.E., Singh, R.P., Rumsey, T.R. (1995). Modelling Heat and Mass Transfer in Immersion Frying, I, Model Development, *Journal of Food Engineering*, 29, 211-226.
- Gołubowska, G. (2005). Changes of polysaccharide content and texture of potato during French fries production, *Food Chemistry*, 90, 847-851.
- İlisulu, K. 1960. Nişasta-Şeker Bitkileri ve Islahı, Ankara Ü. Zir. Fak. Yayınları Ders kitabı, 279. AnkaravÜ. Basımevi, Ankara, (1986) 278s.
- Liu, E. Z., Scanlon, M. G. 2007. Modeling the effect of blanching conditions on texture of potato strips, *Journal of food engineering*, 81: 292-297.
- Mottram, D.S., Low, M.Y., Elmore, J.S. (2006). The Maillard reaction and its role in the formation of acrylamide and other potentially hazardous compounds in foods. Skog,
- Moyano, P.C., Rioseco, V.K., Gonzalez, P.A. (2002). Kinetics of Crust Color Changes During Deep-fat Frying of Impregnated French Fries, *Journal of Food Engineering*, 54, 249-255.
- Ni, H. ve Datta, A. K. (1999). Moisture, Oil and Energy Transport During Deep-fat Frying of Food Materials, *Institution of Chemical Engineers Trans IchemE*, 77, 194-

Sanz, T., Primo-Martin, C., Vliet, T. 2007. Characterization of Crispness of French fries by fracture acoustic measurements, effect of pre-frying and final frying times *Food research international*, 40 : 63-70.

Serpen, A. ve Gökmen, V. (2009). Evaluation of the Maillard reaction in potato crisps by acrylamide, antioxidant capacity and color, *Journal of Food Composition and Analysis*, 22, 589–595.

Tuta, S., Palazoğlu, T.K., Gökmen, V. (2010). Effect of microwave pre-thawing of frozen potato strips on acrylamide level and quality of French fries, *Journal of Food Engineering*, 97, 261–266.

Übeyitoğulları, F. 2005. “Hatay Yöresinde Yetiştirilen Bazı Patates Çeşitlerinin Fiziksel, Kimyasal ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Hatay,

Zeng, X., Cheng, K. W., Jiang, Y., Lin, Z. X., Shi, J. J., Ou, S. Y., Chen, F., Wang, M. (2009). Inhibition of acrylamide formation by vitamins in model reactions and fried potato strips, *Food Chemistry*, 116, 34–39.

İnternet Kaynakları

İnt.Kyn.1: <https://bagtarimurunleri.com.tr/patates-tarihcesi/> (Erişim tarihi: 02/08/2023)



Uzak Bilgisayarlardaki Güvenlik Açıklarının Tespiti

Kübra Yeşilkaya^{1,*} ve Emre Atlıer Olca¹

¹ Maltepe Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, İstanbul

* Sorumlu yazar: 190706006@st.maltepe.edu.tr

Özet

Bu çalışma, uzak bilgisayarlardaki güvenlik açıklarının ajan tabanlı yazılım tarafından tespiti sistemidir. Çalışmada ele alınan sorun, sistemlerde saldırganların faydalanabileceği güvenlik açıklarının bulunmasıdır. Sistemlerdeki olası güvenlik açıklarının Mitre Att&ck framework siber güvenlik testleri ile tespit edilmesi ve saldırganların sistemlere yapabileceği olası saldırıların engellenerek sistemin güvenliğinin sağlanması amaçlanmaktadır. Ataklar uzak bilgisayarlarda gerçekleştirilecektir ve tasarlanan uygulamanın uzak bilgisayara yüklenmesi ile tetiklenecektir. Geliştirilen uygulamada gerçekleştirilen atakların sonuçları ana sunucuya gönderilerek ana bilgisayardaki veri tabanına bağlanmaktadır. Gerçekleştirilen tüm atak bilgilerinin ve atak sonuçlarının veri tabanından çekilerek web tabanlı bir gösterge paneli ile gösterilmesi tasarlanmıştır. Atak bilgileri ve atak sonuçlarının analizi ile uzak bilgisayarlardaki güvenlik açıklarının önlenmesi ve saldırganların suistimallerinden korunması mümkün olabilecektir.

Anahtar kelimeler: Mitre Att&ck, siber güvenlik, atak, güvenlik açıkları, güvenlik, ajan tabanlı

Detection of Security Vulnerabilities on Remote Computers

Abstract

The study is a system for detecting security vulnerabilities on remote computers by agent-based software. The problem addressed in the study is that there are vulnerabilities in the systems that attackers can exploit. It is aimed to detect possible security vulnerabilities in the systems with Mitre Att&ck framework cyber security tests and to ensure the security of the system by preventing possible attacks that attackers can make on the systems. Attacks will be carried out on remote computers and will be triggered by installing the designed application on the remote computer. The results of the attacks carried out in the developed application are sent to the main server and connected to the database on the host computer. All attack information and attack results are designed to be retrieved from the database and displayed on a web-based dashboard. By analyzing attack information and attack results, it will be possible to prevent security vulnerabilities in remote computers and protect them from abuse by attackers.

Key words: Mitre Att&ck, ciber security, attack, vulnerabilities, security, agent-based

1. Giriş

Uzak bilgisayarlardaki güvenlik açıklarının ajan tabanlı yazılım tarafından tespiti projesi, siber dünyanın gerektirdiği güvenlik önlemlerinin gittikçe arttığı günümüzde oldukça önemli bir konudur. Gelişen teknoloji ve artan teknoloji kullanımı, veri ve sistem güvenliğini tehdit eden siber saldırıların

artması sonucunu ortaya çıkarmıştır. Siber atakların sistematik olarak analiz edilmesi ve sistemlerin güvenliklerinin ilgili ataklar ile test edilmesi ile olası veri güvenliği açıklarının önüne geçmek önem arz etmektedir.

Saldırganların gerçekleştirebileceği muhtemel siber atakların Mitre Att&ck framework ile test edilmesi, kategorize edilmiş ataklar ile detaylı inceleme olanağı sağlamaktadır. Mitre Att&ck siber güvenlik test ataklarının ajan tabanlı bir yazılım ile uzak bilgisayarlarda gerçekleştirilmesi, olası güvenlik açıklarının tespit edilmesi ve muhtemel siber saldırıların önlenmesi konularında dijital güvenliğin teminatı için önem arz edecektir.

Uzak bilgisayarlardaki güvenlik açıklarının ajan tabanlı yazılım uygulaması ile tespit edilmesi projesi çeşitli aşamalar ile çalışılmıştır. Benzer alandaki ilgili çalışmalar değerlendirilerek literatür taraması yapılmıştır. Proje gereksinimleri analiz edilerek Mitre Att&ck framework ve ajan tabanlı uygulama geliştirme konuları detaylandırılmıştır.

1.1. İlgili Çalışmalar

27th European Symposium on Research in Computer Security Konferansı'nda yayınlanan çalışmada, projemize benzer olarak uzak bilgisayarlardaki güvenlik açıklarını tespit etmek için Mitre Att&ck framework kullanılmaktadır fakat farklı bir yaklaşım dahil edilmiştir. Projemizde, güvenlik açıklarının tespiti için Mitre Att&ck çerçevesi kullanılmaktadır ve ajan tabanlı bir yazılım uygulanmaktadır. Çalışmada ise risk temelli analiz ve Mitre Att&ck'in birleştirilmesi yaklaşımı ele alınarak farklı bir strateji izlenmektedir.

Fourth International Workshop Agent-Based Simulation Konferansı'nda yayınlanan çalışmada saldırı simülatörü için benzer bir mimari kullanılmıştır ve benzer olarak ajan tabanlı bir yaklaşım benimsenmiştir. Çalışmada ajan tabanlı bir simülasyon vurgulanırken, projemizde Mitre Att&ck çerçevesi ile belirli saldırıları daha spesifik olarak gerçekleştirmek için detaylar sunulmaktadır. Yayınlanan çalışma veri depolamak için benzer teknolojileri kullanmakta olup sonuçları yönetmek için farklı method kullanmaktadır.

2020 IEEE International Symposium on Systems Engineering Konferansı'nda yayınlanan çalışmada ajan tabanlı sistem modeli kullanılmıştır. Bu çalışmada bilgisayar sistemlerindeki güvenlik zafiyetlerini azaltmak için işletme risklerini belirleyerek simüle etmek üzerine risk temelli bir yaklaşım ile çalışılmıştır. Projemizde ise Mitre Att&ck çerçevesi kullanılarak güvenlik zafiyetlerini tespit etme sürecini daha yapılandırılmış hale getirmek üzerinde çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Uzak bilgisayarlardaki güvenlik açıklarının ajan tabanlı yazılım tarafından tespiti sistemi Şekil 1. High Level Diagram'da simüle edildiği gibi, birbiriyle entegre çalışan dört platform tarafından yapılandırılmaktadır. Bu platformlar ajan tabanlı yazılım uygulaması, web sunucu, veritabanı sistemi ve web tabanlı dashboard yapılarıdır. Ajan tabanlı yazılım uygulaması, ilgili güvenlik açığı tespiti ataklarının gerçekleştirileceği platformdur. Uzak bilgisayarlarda güvenlik açıklarının tespiti için öncelikle ajan yazılım uygulamasının uzak bilgisayara yüklenmesi gereklidir. Daha sonra, Mitre Att&ck framework atakları uygulama üzerinden tetiklenerek ilgili güvenlik açıkları test sonuçları elde edilmektedir.

Uzak bilgisayarda Mitre Att&ck framework ataklarının gerçekleştirilmesinin ardından atak sonuçlarının dosyalararak ana bilgisayardaki veritabanı sistemine kaydedilmesi, gerçekleştirilen tüm atak bilgilerinin, atak gerçekleştirilme tarihlerinin ve ilgili atak sonuçlarının veri tabanından web tabanlı gösterge paneline çekilerek gösterilmesi tasarlanmıştır. Web tabanlı dashboard uzak bilgisayardaki güvenlik açıklarının analizi için atak sonuçlarının ana kullanıcıya sunulmasını sağlayacaktır.

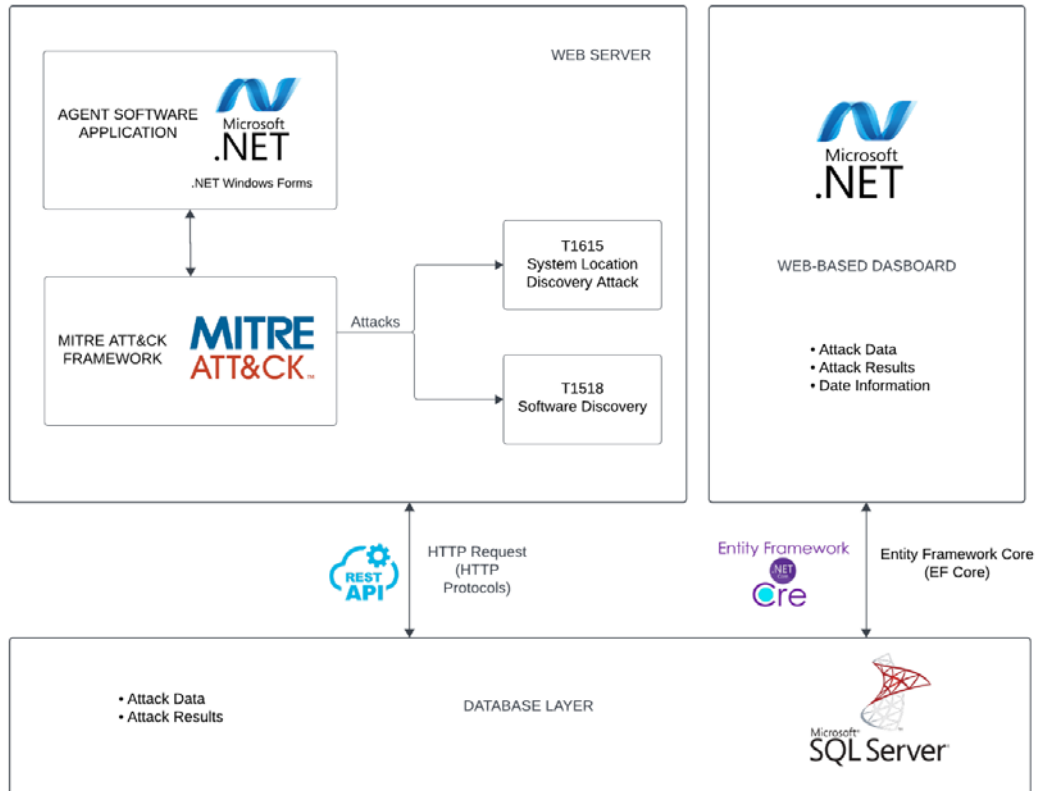
Projede kullanılması öngörülen materyaller ve teknolojiler hakkında detaylı bilgiler 2.1 Materyal bölümünde, projenin temel mimari yapısını oluşturan platformlar hakkında detaylı bilgiler 2.2 Metot bölümünde yer almaktadır.

2.1. Materyal

Projenin temel amacı uzak bilgisayarlardaki güvenlik açıklarının ajan tabanlı yazılım ile tespit edilmesidir. Ajan tabanlı yazılım uygulamasında, uzak bilgisayarlardaki güvenlik açıklarının tespit edilmesi Mitre Att&ck framework siber güvenlik test atakları ile gerçekleştirilmektedir. Ajan tabanlı yazılım uygulamasında Mitre Att&ck framework, T1614 sistem konumu keşfi ve T1518 yazılım keşfi atakları ile güvenlik açıkları testleri gerçekleştirilmektedir.

Mitre Att&ck framework atakları ile uzak bilgisayarlardaki güvenlik açıklarını tespit etmek ve bu açıkların bilgisine ulaşmak amacı ile geliştirilen ajan yazılım uygulamasında .Net teknolojilerinin kullanılması planlanmıştır. Ajan yazılım uygulamasının .Net Windows Forms uygulaması olarak geliştirilmesi tasarlanmıştır. Gerçekleştirilecek Mitre Att&ck framework ataklarının sonuçları ve bu atakların detayları veritabanında depolanmaktadır.

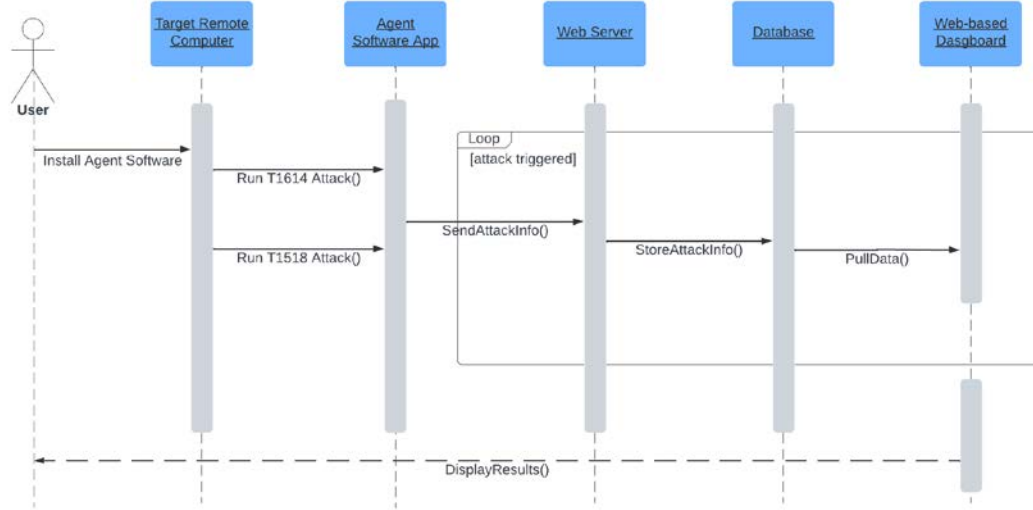
Atak detaylarının ve saldırı sonuçlarının depolandığı veritabanı teknolojisi MSSQL Server'dır. Güçlü güvenlik özellikleri ve veri bütünlüğünü başarıyla sağlaması ile projeyi güçlü kılması ve Entity Framework aracılığıyla .Net platformları ile tam entegrasyonu, projenin mimarisinde belirlenen veritabanı teknolojisi için güçlü bir faktör olmuştur. Uzak bilgisayarlardaki güvenlik açıklarını tespit etmek amacıyla gerçekleştirilen Mitre Att&ck framework ataklarının sonuçlarının ve saldırı detaylarının veritabanına kaydedilmesinin ardından, .Net teknolojileri kullanılarak geliştirilen web tabanlı dashboard platformuna saldırı detaylarının ve sonuçlarının veritabanından çekilerek analiz edilmek üzere sunulması yapılandırılmıştır.



Şekil 1. High Level Diagram

2.2. Metod

Bu bölümde sistemin mimarisi ve sistemde izlenen metotlar hakkında bilgi verilecektir. Sistemin kullanım senaryosu Şekil 2’de gösterilen Sequence Diyagramında gösterilmektedir. Bu diyagram uzak bilgisayarlardaki ilgili atakların tetiklenmesi ve sonuçların analiz edilmek üzere ana kullanıcıya web tabanlı gösterge panelinde gösterilmesi sürecindeki adımları göstermektedir.



Şekil 2. Sequence Diyagram

2.2.1. Ajan Yazılım Uygulaması

Uzak bilgisayarlardaki güvenlik açıklarının Mitre Att&ck framework atakları ile tespit edilmesi amacı ile .Net Framework Windows Forms ile geliştirilen ajan yazılım uygulaması, ilgili Mitre Att&ck framework ataklarının scriptlerini içerecektir. Ajan yazılım uygulaması, güvenlik açıklarının test edileceği uzak bilgisayarlara yüklenerek kullanılabilir. Uzak bilgisayara yüklenen ajan yazılım uygulaması ile uygulamaya yönelik ilgili ataklar tetiklenebilecek ve planlanan güvenlik açıkları test edilebilecektir.

2.2.2. T1614 ve T1518 Mitre Att&ck Framework Atakları

Projede uzak bilgisayarlardaki güvenlik açıklarının tespiti amacıyla Mitre Att&ck framework atakları olan T1614 Sistem Konumu Keşfi ve T1518 Yazılım Keşfi atakları gerçekleştirilmektedir. İlgili atakların çalışması için gerekli scriptlerin proje kodlarına entegre edilmesi ile, ajan yazılım uygulaması, siber testleri gerçekleştirmek üzere geliştirilmektedir. Uzak bilgisayarda yüklenen ajan yazılım uygulamasında ilgili komutlar tetiklenerek T1614 ve T1518 atakları gerçekleştirilmektedir.

T1614 Sistem Konumu Keşfi, zaman dilimi, klavye düzeni ve dil ayarları gibi çeşitli sistem kontrollerinin kullanımı ile sistemin konumunun tahmin edilebilmesi ve sistem özelliklerinin kötüye kullanılması ile saldırı girişimlerinin açığa çıkabilmesine dayanan atak tekniğidir. T1614 atığı ilgili güvenlik açığı tespiti için ajan yazılımın yüklendiği bilgisayarda kayıt defterini sorgulayarak ilgili bilgileri elde etmektedir ve atak gerçekleştirilmektedir.

T1518 Yazılım Keşfi, sistemde yüklü olan yazılımların ve yazılım sürümlerinin listesinin ele geçirilmesi ile sistem yazılımlarına etkili saldırı tasarlanabilmesi güvenlik açığına dayanan atak tekniğidir. T1518 Yazılım Keşfi atığı, ilgili güvenlik açığı tespiti doğrultusunda, ajan yazılımın yüklendiği ilgili bilgisayarda kayıt defterini sorgulayarak sistem yazılımları ve yazılım sürümleri bilgilerini elde etmek üzere test gerçekleştirilmesi yaklaşımına dayanmaktadır.

2.2.3. Sistemin Veritabanı

Ajan yazılım uygulaması tarafından tetiklenen atak sonuçlarının sunucu üzerinden ana bilgisayar veritabanı sistemine çekilmesiyle ilgili atak bilgileri ve atak sonuçları depolanmaktadır. İlgili veriler MSSQL veritabanındaki tablolarda, ilgili atak numarası, atak sonuç bilgileri, atak tarihi, atak saati ve atak detayları bilgileri ile analiz edilmek üzere saklanmaktadır. Ajan yazılım uygulamasının yüklü olduğu bilgisayarda gerçekleştirilen atakların bilgi ve detaylarının veritabanı sisteminde depolanması ile, ilgili sistemin güvenlik açıklarının analiz edilebilmesi sistemi yapılandırılmaktadır.

2.2.4. Web Tabanlı Gösterge Paneli

Uzak bilgisayarlara yüklenmiş olan ajan yazılım uygulaması ile gerçekleştirilen atakların sonuçlarının depolandığı veritabanı sisteminden sorgulanarak web tabanlı bir gösterge panelinde ana kullanıcıya analiz edilmek üzere sunulması tasarlanmıştır. Atak sonuçlarının ve detaylarının gösterge panelinde ana kullanıcıya sunulması ile, ilgili uzak bilgisayarın güvenlik açıklarının tespiti ve analizi gerçekleştirilebilmektedir ve olası siber saldırılara karşı önlem alınarak veri kaybının önüne geçilebilmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, uzak bilgisayarlardaki güvenlik açıklarının tespiti konusu, çeşitli aşamalardan geçirilerek çalışılmıştır. Projenin gereksinim analizi ardından, birbiri ile entegre olarak çalışacak platformlar belirlenerek bir mimari yapı oluşturulmuştur. İlgili konuda yapılan literatür taramasında, benzer alanda çalışılmış farklı teknolojiler incelenmiştir ve projeye dahil edilen Mitre Att&ck framework ataklarının, siber güvenlik testleri için detaylı bir çerçeve sunarak ilgili alanda avantajlı olduğu çıkarımı yapılmıştır. Sistematik olarak kategorize edilen siber güvenlik test atakları ile çalışılması, güvenlik açıkları hakkında detaylı tespitlere ulaşma avantajı sağlamaktadır.

Bu çalışmanın ilerleyen versiyonlarında ajan tabanlı yazılım uygulamasında gerçekleştirilen Mitre Att&ck framework ataklarının ve sistemde test edilen güvenlik açıklarının sayısının artırılması ve veri güvenliğinin kuvvetlenmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışma, uzak bilgisayarlardaki güvenlik açıklarının test edilmesine yönelik yapılacak çalışmalara, yapılandırıldığı mimari ve çalışılan teknolojileri ile katkı sağlamaktadır.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, uzak bilgisayarlardaki güvenlik açıklarının ajan tabanlı bir yazılım tarafından tespiti konusu incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda sistemdeki ajan tabanlı yazılım uygulaması ile Mitre Att&ck framework ataklarının gerçekleştirilmesi, sunucu ile atak detaylarının veri tabanına kaydedilmesi ve web tabanlı bir gösterge panelinde atak bilgilerinin gösterilmesi oluşumlarının sorunsuz bir şekilde gerçekleşmesi üzerine bir mimari yapı oluşturulmuştur. Sistem güvenlik açıklarının test edilmesi ile gerçekleştirilen tespit ve analiz işlemi, gerekli veri güvenliği önlemlerinin alınabilmesi ve tespit edilen açıklar üzerine iyileştirilmeler yapılması ile sistem güvenliğinin artırılması için önemlidir. Bu çalışma, sistemlere yapılabilecek siber saldırıları ve olası veri açığı aksiyonlarını öngörmeyi ve önlemeyi sağlamaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma, Maltepe Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Yazılım Mühendisliği bölüm başkanı Dr. Öğr. Üyesi Emre Olca'nın desteği ve katkıları ile gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

- Belfadel, A., Boyer, M., Letailleur, J., Petiot, Y., & Yaich, R. (2022, September). Towards a Security Impact Analysis Framework: A Risk-Based and MITRE Attack Approach. In *European Symposium on Research in Computer Security* (pp. 212-227). Cham: Springer International Publishing.
- Kotenko, I., & Mankov, E. (2003). Agent-Based Modeling and Simulation of Computer Network Attacks. In *Fourth International Workshop «Agent-Based Simulation (Vol. 4)*.
- Ashiku, L., & Dagli, C. (2020, October). Agent based cybersecurity model for business entity risk assessment. In *2020 IEEE International Symposium on Systems Engineering (ISSE)* (pp. 1-6). IEEE.
- Kotenko, I. (2005, June). Agent-based modeling and simulation of cyber-warfare between malefactors and security agents in internet. In *19th European Simulation Multiconference "Simulation in wider Europe*.
- Strom, B. E., Applebaum, A., Miller, D. P., Nickels, K. C., Pennington, A. G., & Thomas, C. B. (2018). Mitre att&ck: Design and philosophy. In *Technical report*. The MITRE Corporation.
- Georgiadou, A., Mouzakitis, S., & Askounis, D. (2021). Assessing mitre att&ck risk using a cyber-security culture framework. *Sensors*, 21(9), 3267.
- Al-Shaer, R., Spring, J. M., & Christou, E. (2020, June). Learning the associations of mitre att & ck adversarial techniques. In *2020 IEEE Conference on Communications and Network Security (CNS)* (pp. 1-9). IEEE.
- Kasprzak, W., Szykiewicz, W., Stefańczyk, M., Dudek, W., Węgierek, M., Sreedyński, D., ... & Zieliński, C. (2020). Agent-based approach to the design of a multimodal interface for cyber-security event visualisation control. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences*, 68(5).
- Rajivan, P., Janssen, M. A., & Cooke, N. J. (2013, September). Agent-based model of a cyber security defense analyst team. In *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting (Vol. 57, No. 1, pp. 314-318)*. Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications.
- Al-Mohannadi, H., Mirza, Q., Namanya, A., Awan, I., Cullen, A., & Disso, J. (2016, August). Cyber-attack modeling analysis techniques: An overview. In *2016 IEEE 4th international conference on future internet of things and cloud workshops (FiCloudW)* (pp. 69-76). IEEE.



Uzay Tarımı Prototip Tasarımının Gerçekleştirilmesi

Zafer Arslan ^{1,*} ve Mesut Arif Karas ¹

¹ Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kütahya

* Sorumlu yazar: arslanzafer455@gmail.com

Özet

Hızla artan dünya nüfusu beraberinde gıda tüketimini de arttırmaktadır. Geleneksel tarım yöntemleri artan gıda tüketimi karşısında yetersiz kalmakta ve buna bağlı olarak yeni alternatif tarım yöntemleri kaçınılmaz hale gelmektedir. Üreticilerin bu yeni alternatif tarım yöntemlerinden beklentileri ise daha az insan gücü, düşük maliyet, yüksek verim ve bunların beraberinde sağlıklı tarım ürünleri elde etmektir. Bu çalışmada tüm bu beklentileri karşılayacak, toprağın ve güneşin ihtiyaç duyulmadığı, her iklim koşulunda uygulanabilen Uzay Tarımı projesine başvurulmuştur. Her bitki fotosentez yapıp, kök salıp, gelişip büyümesi ve lezzetli besin sağlayabilmesi için belirli ışık dalga boylarına ihtiyaç duyar. Sistem, LED aydınlatma teknolojisi ile donatılmış olup, LED'ler bitkilerin optimal fotosentez yapabilmesi için gereken dalga boylarında ışık yaymaktadır. Sistemin temelini oluşturan sensör ağı, bitkilerin sağlıklı bir şekilde büyüüp gelişebilmesi için kritik önem taşıyan çeşitli parametreleri sürekli olarak izlemektedir. Bu sensör ağı, TDS (Toplam Çözünmüş Madde Miktarı) sensörü, pH sensörü, sıcaklık sensörü gibi sensörlerden oluşmaktadır. Bu parametreler, mikrodenetleyici tarafından sürekli olarak izlenmekte ve analiz edilmektedir. Sistem bu verilere dayanarak suyun içerisindeki besin ve pH seviyesini otomatik olarak ayarlayarak optimal büyüme koşullarını sağlamaktadır. Sistemde, su devir daimini sağlamak için bir boru ağı kullanılmaktadır. Bu boru ağı içerisinde deneysel olarak iki adet marul fidanı, besince zengin su ile sürekli olarak beslenmektedir. Bu sistem bitki büyüüp yetişene kadar sürekli mikrodenetleyici ile kontrol edilmektedir.

Anahtar kelimeler: Hidroponik sistem 1, Topraksız tarım 2, Led aydınlatmalı tarım 3, Tarımda Otomasyon 4, Sensör 5, Uzay Tarımı 6, Dikey Tarım 7.

Realization of a Space Agriculture Prototype Design

Abstract

The rapidly increasing world population is also boosting food consumption. Traditional farming methods are insufficient to meet the rising food consumption, making new alternative farming methods inevitable. Producers' expectations from these new alternative farming methods are less human labor, lower costs, high yield, and along with these, obtaining healthy agricultural products. In this study, the Space Farming project, which meets all these expectations and does not require soil or sunlight and can be applied in any climate condition, is introduced. Each plant needs specific light wavelengths to photosynthesize, root, grow, and provide tasty food. The system is equipped with LED lighting technology, with LEDs emitting light at wavelengths necessary for optimal plant photosynthesis. The sensor network, forming the basis of the system, continuously monitors various parameters critical for the healthy growth and development of plants. This sensor network consists of sensors such as TDS (Total Dissolved Solids) sensor, pH sensor, and temperature sensor. These parameters are continuously monitored and analyzed by the microcontroller. Based on this data, the system automatically adjusts the nutrient and pH levels in the water, ensuring optimal growth conditions. A network of pipes is used in the system to ensure water circulation. Within this pipe

network, two lettuce seedlings are experimentally and continuously nourished with nutrient-rich water. This system is controlled continuously by the microcontroller until the plant grows and matures.

Key words: Hydroponics systems 1, Soilless agriculture 2, LED-lit agriculture 3, Automation in Agriculture 4, Sensor 5, Space farming 6, Vertical farming 7.

1. Giriş

Artan nüfusla birlikte mevcut kaynaklar ters orantılı olarak azalmaktadır. Bu durum gelecek yıllarda insanlığın gıda gereksinimleri için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Tarım ürünlerine talep artarken üretim yapılan yerlerin azalması, uygunsuz hava koşullarında üretim yapılamaması veya toprak veriminin düşmesi de insanlık için ayrıca bir sorun oluşturmaktadır. Bu nedenle, alternatif tarım yöntemlerine bir yönelim gerçekleşmiştir. Bu çalışmanın motivasyonu, elektronik bir sistem ile akıllı bir ortam sağlayarak bitkileri doğrudan etkileyen toprak kalitesi ve iklim şartlarının uygun olmaması gibi etkenleri ortadan kaldırarak üretim verimliliğini arttırmaktır. Projede gerçekleştirilmeyi düşünülen ilk üretim maruludur. Bu nedenle projenin sınırlılığı marul bitkisinin üretimi denilebilir. Bu sınırlılıkta üretim yapıldıktan sonra topraksız tarım uygulaması diğer ürünler için geliştirilebilir olacaktır. Bilindiği üzere, uygunsuz hava koşulları ve iklim şartlarında yetiştirilemeyen bitkiler, koşulların uygun olduğu bölgede yetiştirilip taşınır. Bu taşıma ekstra masraf ve iş gücü oluşturur. Ayrıca, sera içerisindeki sıcaklığı dengelemenin maliyeti çok yüksektir. Isısal yalıtım yapılması durumunda ise ışığın verimi yetersiz olacaktır. Işığın yetersiz olduğu durumlarda bitkileri LED ile beslemek bitkilerin fotosentez yaparak besinini üretmesine yeterli katkıyı sağlayacaktır. Hatta daha kaliteli ve büyük bitkiler elde etmek mümkün olacaktır (Nuri Çağlayan, 2016).

Seralarda, ışığın yetersiz olduğu durumlarda destek olarak yüksek basınçlı sodyum buharlı (HPS) lambalar kullanılmaktadır (Nuri Çağlayan C. E., 2018). Fakat her bitkinin yetişmesi için uygun dalga boyu farklıdır ve bu lambalar yüksek sıcaklıkta çalışarak (>200 C°) ortamı gereksiz ısıtabilmektedir (Leyla Demirsoy, 2017). Aynı zamanda elektrik maliyetini de arttırmaktadırlar. Topraksız tarım, birim alana dikilen bitki sayısını diğer türlere göre önemli derecede artırmakta ve buna bağlı olarak birim alan verimini artırmaktadır (Özokçu, 2021).

Bu yetiştiricilik sisteminde, topraklı tarıma göre devamlı ürün sağlanabilmekte ve geniş bir pazarlama olanağı sunulmaktadır. Bitkiler kontrollü bir alanda ve elektronik ekipmanlar ile sürekli kontrol edildiğinden bitkilerin beslenmesi, çiçeklenmesi ve meyve kalitesinin kontrol edilebilmesi, su ve gübre sarfiyatında tasarruf sağlayacaktır. Ayrıca projenin gerçekleştirilmesi durumunda tarımsal ilaç kullanımını azaltılacak, yetiştiricilikteki ısıtma giderleri azaltılacak, her yıl toprak hazırlığına ihtiyaç duyulmayacaktır. Proje kapsamında tasarlanacak elektronik kontrollü topraksız tarım ile geleneksel yetiştiricilikte karşılaşılan hasat, toprak yorgunluğu ve toprak hastalıkları gibi problemler ortadan kaldırılacaktır. Topraksız tarım ve LED lamba yetiştiriciliğini bir arada kullanmak, her coğrafi konumda, iklimde ve toprak yapısında ürünleri verimli ve doğal olarak almaya olanak sağlayacaktır.

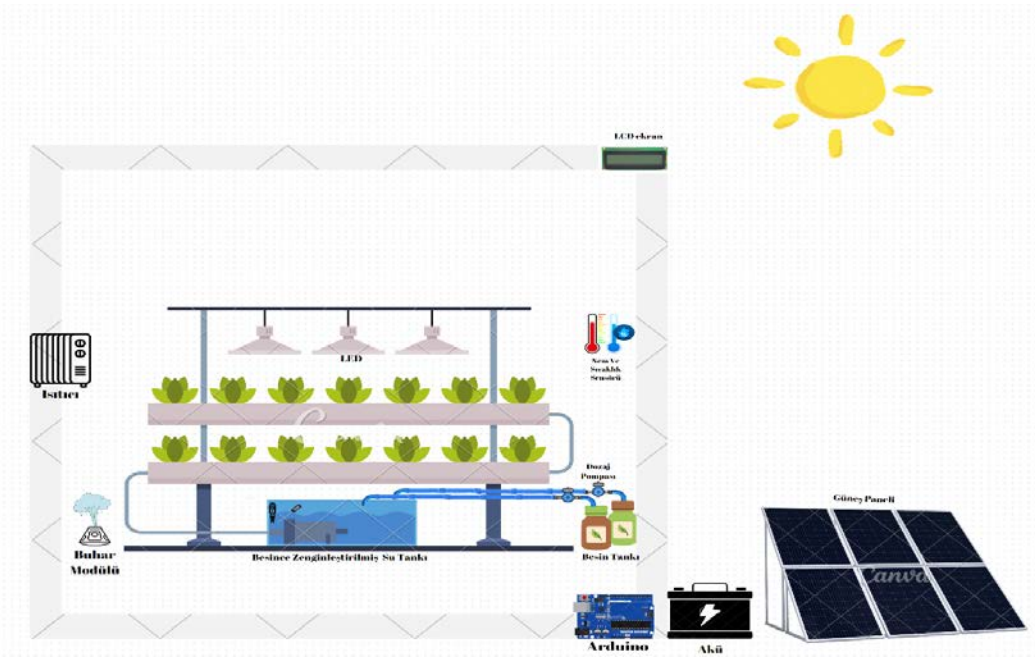
Projenin amacı, iklim koşullarının uygun olmadığı coğrafi bölge ya da mevsimlerde, üretimi mümkün olmayan bitkiye uygun koşulu sağlayarak bitkilerin doğal ve verimli şekilde yetiştirilmesini sağlamaktır. Bu üretim şekli ile bitkiler yetiştirilemediği ortamlarda bile kolaylıkla yetiştirilebilecektir. Böylece; taşıma masrafı, kontrolsüz sulama, kimyasal gübreleme zararlarından ve hormon kullanımından uzak bir üretim yapılmış olacaktır.

2. Materyal ve Metot

Sistem mikrodenetleyici tarafından, sensör ağı kullanılarak 7/24 kontrol altında tutulup optimum koşulları sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Sistem bitkinin günlük ihtiyacı olan ışık, LED ile sistem kontrolünde sağlanmaktadır. Bitkinin besin alabilmesi için 75mm boru üzerine açılan deliklere fileli saksılar ile dikilmiştir. 75mm'lik borunun içerisinde su sürekli devridaim edilerek, bir adet su deposuna dökülmektedir. Su deposunun besin ihtiyacı besin depoları ile karşılanmaktadır.

2.1. Materyal

Sistemi kontrol edecek ve optimum ortamı sağlayacak 4 adet sensör kullanılmaktadır. Bu sensörler, TDS (çözünmüş madde miktarı) sensörü, pH sensörü, sıcaklık sensörü ve buhar sensörü. Sistemin sıcaklığını korumak için ısıtıcı kullanılmaktadır. Ortamın nem oranını koruyacak buhar modülü, bitki ışık ihtiyacını sağlayacak mavi (425-490nm), kırmızı (700-635nm), yeşil (560-490nm) LED ışıklar kullanılmaktadır. Sistemin sıvı akışı için 4 adet su pompası kullanılmıştır. Sistemin düzenli çalışabilmesi için saate modülü kullanılmıştır. Sistemin çıktısını almak için LCD ekran ve bu sistemi tamamen denetleyen bir adet mikrodenetleyici kullanılmıştır. Sistemin verimliliğini arttırmak için güneş paneli ve akülere kullanılmıştır. Bu sistemin şematik görseli Şekil 1'de sunulmuştur.

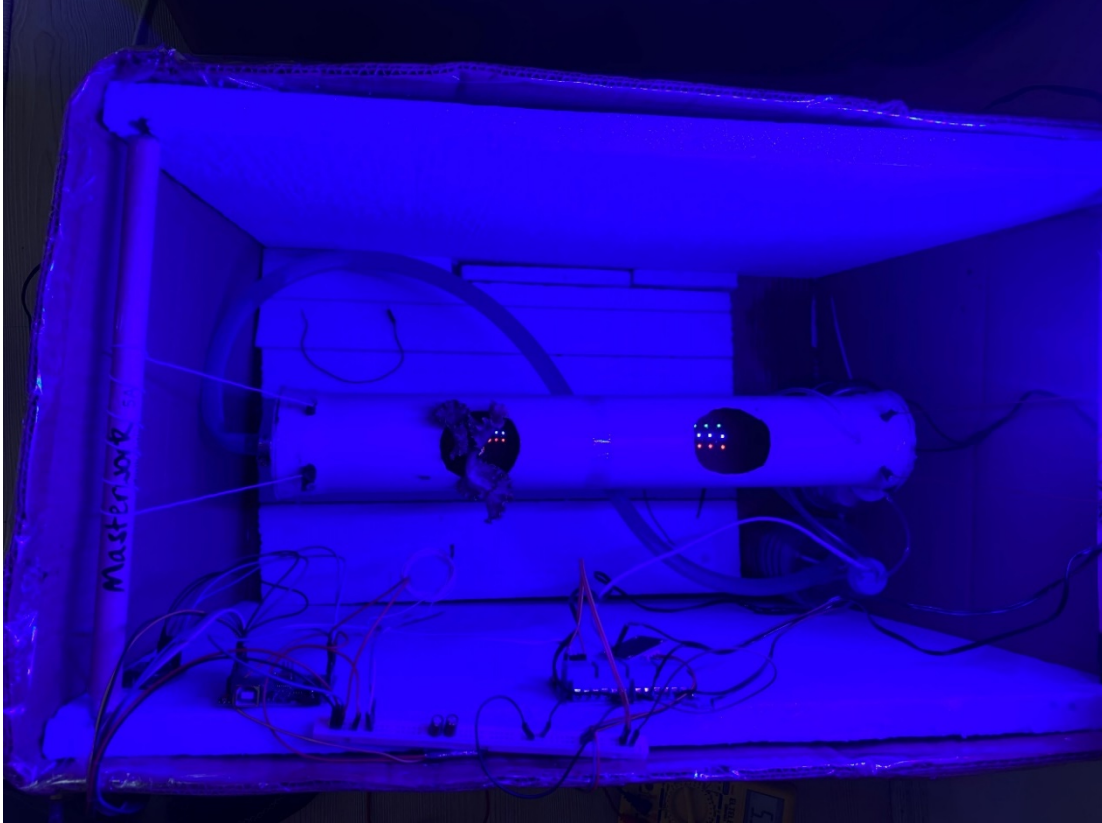


Şekil 1. Sistemin şematik gösterimi

2.2. Metot

Sistemde bulunan 75mm'lik boruya 2 adet delik Şekil 2'de ki gibi delerek içerilerine marul fidanı dikilmiştir. Marullara besin, su deposunda besince zenginleştirilmiş su pompa yardımı ile devridaim edilmektedir. Bu sayede marullara düzenli bir şekilde besin takviyesi sağlanmıştır. Su deposunda besin değerini kontrol eden TDS (çözünmüş madde miktarı) sensörü ve pH değerini kontrol eden pH sensörü bulunmaktadır. TDS değeri 1200mg/L'de sabit tutulmak istenmiştir. Bu değer altına düşmesi durumunda besin depolarından pompalar yardımı ile besin pompalanmıştır. pH değeri de marula uyum olan 6.0-7.0 arasında tutulmaya çalışılmıştır. pH değeri yükseldiğinde pompa yardımıyla fosforik asit pompalanarak pH değeri düzenlenmiştir. Bitkinin ihtiyacı olan ışık 425-490nm (mavi), 700-635nm (kırmızı), 560-490nm (yeşil) dalga boylarında LED'ler ile sağlanmıştır. Bu

ışığın hangi saatler aralığında açık kalacağını ayarlamak için saat modülü kullanılmıştır ve günlük 8 saat ışığa maruz salacak şekilde ayarlanmıştır. Ortamın sıcaklığının 25 C° altına düşmesi durumunda ısıtıcılar devreye girerek ortamın sıcaklığını dengelemektedir. Aynı şekilde ortam nemi %50'nin altına düşmesi durumunda buhar modülü devreye girerek nemi dengeler. Sistemin verimliliğini arttırmak için sistem güneş paneli ile beslenmektedir. Gün boyu aldığı ışık ile akü şarj olup gece boyu sistemi kontrol etmektedir. Güneşin yetersiz olması durumunda sistem şebekeden beslenmektedir. Yukarıda anlatılan tüm bu verilerin çıktısı anlık olarak LCD ekran üzerinden okunmaktadır. Bu sayede ekstrem bir durumda sisteme dışardan müdahale etmek mümkün olacaktır.



Şekil 2. Dikilen marul fidanları

3. Bulgular ve Tartışma

Bu sistem kullanılarak yetiştirilmek istenen bitkinin ihtiyaç duyduğu dalga boyları, besin miktarı, gerekli asit baz dengesi göz önünde bulundurularak ve uygun sıcaklık ve nem sağlandığı durumda, kaliteli ve lezzetli doğal bitkiler elde etmek mümkün olacaktır. Aynı zamanda bunu sağlayacak olan sistemin kurulması durumunda geleneksel tarıma oranla alan açısından %300 ve verimlilik açısından %80 ye kadar kazanç elde edebilmek mümkün olacaktır. Sistemin ilk kurulum maliyeti yüksek olsa da düzenli ve bitkiye uygun bir şekilde kullanıldığı takdirde kendisini kısa sürede amorti edecektir ve çok kısa sürede yüksek kâr oranları elde edilecektir.

Bu sistem sayesinde üretimi mümkün olmayan bazı bitkiler için uygun ortam sağlandığı takdirde verimli bir sonuç elde edileceği bulgusuna varılmıştır. Fakat ortam ne kadar uygun olursa olsun kullanılan bitkinin ihtiyaç duyduğu besin, ışık, pH seviyesi vs. yeterli ve gerekli düzeyde sağlanmadığı sürece negatif sonuçlar elde edildiğine saptanmıştır. Geleneksel tarımdan farklı olarak açık alan arazi sulaması yapılmadığı için su toprak tarafından emilmez ve boru içerisinde sürekli olarak devridaim edilerek sadece bitkinin ihtiyaç duyduğu kadarı kullanılır. Bu da bize su oranında

%70-90 tasarruf sağlar. Bu sistemi her bölge de kurmak mümkün olduğu için pazardan uzak kalmak gibi bir sorun ile karşılaşılmaz. Sistemdeki herhangi bir bitkinin bulaşıcı hastalığa yakalanması durumunda diğer bitkilerin de zarar görme ihtimali yüksektir. Bununla beraber sistem her bitki için uygun değildir. Bu avantajlar ve dezavantajlar göz önünde bulundurulduğunda geleneksel tarım ve sera tarımına kıyasla çok daha avantajlı olduğu açık ve nettir.

4. Sonuçlar

Yapılan ilk deney sonucuna göre ışık dalga boyu olarak sadece 700-635 nm (kırmızı ışık), 560-490 nm (yeşil ışık), (mavi ışık) 490-450 nm dalga boylarının kombinasyonu, TDS değeri olarak 1300 mg/L, pH olarak 6-7 aralığındaki değerler baz alınarak yapılmıştır. Marullar deney süresince 10 gün hayatta kalabilmiştir. Bu 10 günlük süredeki durumu Şekil 3'de sunulmuştur. Deney ışık dalga boyları ve ışık süresi revize edilerek tekrarlanacaktır.

Deneyde geleneksel seracılık yöntemine göre 8 kat daha az su, 3 kat daha az alan ve daha sınırlı gübre kullanılmıştır. Aynı zamanda deney, ekstrem hava koşullarında da üretimin olabileceğini desteklemiştir. Bu çalışma ile birlikte farklı çalışmalar da göz önünde bulundurulduğunda üretimin geleneksel yöntemlere nazaran çok daha karlı ve kullanışlı olduğuna saptanmıştır.



Şekil 3. On günlük deney sonucunda marullar

Teşekkür

Sayın Danışman hocamız Dr. Öğr. Üyesi Evin Şahin Sadık'a, Projeye katkılarınız ve destekleriniz için teşekkür ederiz. Emekleriniz sayesinde başarılı bir sonuç elde ettik. Saygılarımızla, Mesut Arif Karaş, Zafer Arslan

Kaynaklar

- Leyla Demirsoy, D. M. (2017). Topraksız Tarımda Çilek Yetiştiriciliği. Antalya , Türkiye: Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi.
- Nuri Çağlayan, C. E. (2018). Farklı Dalga Boylu LED Işıklarının Yeşil Yapraklı Bitkilerin Gelişimi Üzerindeki Etkileri . Türkiye: Tarım Makinaları Bilimi Dergisi.
- Nuri Çağlayan, N. E. (2016). Sebze Üretiminde İlave LED Aydınlatma Uygulamaları. Antalya, Türkiye: Tarım Makinaları Bilimi Dergisi.
- Özokçu, Ö. (2021). Antalya Yöresi Seralarında Topraklı ve Topraksız Ortamlarda Yetiştirilen Domates Bitkisinin Mineral Beslenme Durumlarının Karşılaştırılması. Isparta, Türkiye: Ziraat Fakültesi Dergisi.



Uzay Tabanlı LiDAR Sistemleri ve Orman Yüksekliği Tahmini Uygulamaları

Eren Can Seyrek ^{1,*} ve Murat Uysal ^{1,2}

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Uzaktan Algılama ve CBS Uygulama ve Araştırma Merkezi, Afyonkarahisar

* Sorumlu yazar: ecseyrek@aku.edu.tr

Özet

Ormanlar karasal alanlardaki biyokütlenin önemli bir kısmını oluşturup küresel karbon döngüsünde ve biyoçeşitliliğin korunmasında büyük bir öneme sahiptir. Ormanların envanteri sürdürülebilir çevre, sürdürülebilir orman yönetimi, planlama, afet risk yönetimi ve ekonomik değer açısından öneme sahip olmakla beraber, en önemli orman envanter parametrelerinden biri olan orman yüksekliğinin düzenli aralıklarla ve hassas bir şekilde belirlenmesi gereklidir. Klasik orman yüksekliği belirleme yöntemlerinin kısıtlamaları ve sınırlı uygulanabilirliği sebebiyle son zamanlarda uzaktan algılama yöntemlerinin kullanımı giderek önem kazanmaya başlamıştır. LiDAR tabanlı sistemler orman yüksekliği belirlemede yüksek doğruluk sağlarken bu sistemler uydulara entegre edilerek küresel ölçekte orman izleme için birer veri kaynağı haline gelmiştir. Bu çalışmada uzay tabanlı LiDAR sistemleri ve orman yüksekliği tahminindeki kullanımına dair bir literatür çalışması yapılmıştır. Son yıllarda yükselen bir araştırma alanı olarak ICESat-2/ATLAS ve GEDI LiDAR algılayıcıları ve diğer algılayıcılar hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca uzay tabanlı LiDAR verileriyle orman yükseklik tahmini üzerine çalışmalar da incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: aktif uzaktan algılama, uzay tabanlı LiDAR, orman envanteri, orman yüksekliği

Spaceborne LiDAR Systems and Their Applications in Forest Canopy Height Estimation

Abstract

Forests constitute a significant portion of terrestrial biomass and play a crucial role in the global carbon cycle and biodiversity conservation. Forest inventory is vital for sustainable environment, sustainable forest management, planning, disaster risk management, and economic value. Forest canopy height, one of the most important forest inventory parameters, needs to be determined precisely and continuously. Due to the limitations and limited applicability of traditional forest height determination methods, the use of remote sensing methods has gained increasing importance in recent years. LiDAR-based remote sensing systems provide high accuracy in determining forest canopy height, and these systems have become data sources for global forest monitoring after integrated into satellites. This study presents a literature review on space-based LiDAR systems and their use in forest height estimation. Information is provided on ICESat-2/ATLAS and GEDI LiDAR sensors, as well as other sensors, which have emerged as a rising research topic in recent years. Additionally, studies for forest height estimation using space-based LiDAR data are examined.

Key words: active remote sensing, spaceborne LiDAR, forest inventory, forest height

1. Giriş

Ormanlar, Dünya biyokütlesinin yaklaşık %80'lik kısmını oluşturmakta olup karasal biyosferdeki brüt birincil üretkenliğin %75'ine katkıda bulunmaktadır (Pan vd., 2013). Ormanlar, küresel karbon döngüsünde ve biyolojik çeşitliliğin korunmasında hayati bir rol oynamaktadır. Atmosfer ile Dünya'nın kara yüzeyi arasındaki yıllık karbon döngüsünün %50'sini ormanlar sağlar (Beer vd., 2010). Doğal karbondioksit yutucuları olarak işlev görerek atmosferdeki karbonu etkili bir şekilde ayrıştırarak fosil yakıt emisyonlarını yaklaşık %30'a varan oranlarda azaltırlar (Pan vd., 2011). Böylelikle ormanlar Paris Anlaşması'nın küresel ısınmayı 2°C'nin oldukça altında sınırlama hedeflerine ulaşılması açısından kritik önem taşımaktadır (Paris Agreement, 2015). Birleşmiş Milletler üyesi ülkelerin Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (Sustainable Development Goals) eylem çağrısının SDG 15 (Karasal Yaşam) hedefi karasal ekosistemlerin sürdürülebilir kullanımının korunması, eski haline getirilmesi ve teşvik edilmesi gibi konuları kapsamakta olup SDG 15.1, 15.2, 15.3, 15.4 ve 15.5 hedefleri doğrudan ormanlarla ilişkilidir (FAO FRA, 2020).

Orman yüksekliği orman envanterlerinde temel parametrelerden biridir. Toprak üstü biyokütle, karbon stoku, meşcere hacmi, alan indeksi ve diğer birçok biyoçeşitlilikle ilgili metriğin tahmini orman yüksekliğiyle ilişkili olduğundan orman ekosistemlerinin dikey yapısının karakterize edilmesi gereklidir (Özkal vd., 2021; Potapov vd., 2021). Orman yükseklik bilgisine dayalı olarak diğer envanter parametreleri bilindiğinde meşcere veya alan düzeyinde orman gelişimi simüle edilebilir (Laar ve Akça, 2007). Böylelikle ormanların ve ekosistemlerin uzun vadeli sürdürülebilirliği, bilinçli karar verme için daha doğru ve güncel verilerle sağlanabilir (Biber vd., 2020). Klasik orman envanterinde meşcere yüksekliği mekanik veya elektronik hipsometre kullanılarak tespit edilir. Klasik orman envanterinin dezavantajları büyük bir zaman, işgücü ve maliyet gerektirmesinin yanında operatör, örnekleme şemaları, ölçüm cihazı ve arazi eğimi kaynaklı sistematik veya rastgele hatalar içerme ihtimalidir (Sibona vd., 2016; Hyyppä vd., 2020).

Klasik yersel orman envanterinin kısıtlamaları ve sınırlı alanlarda uygulanabilirliği sebebiyle araştırmacılar orman yüksekliklerini aktif uzaktan algılama sistemleriyle ölçmeyi denemektedir. Uzaktan algılama, orman envanterlerini daha verimli hale getirmek için çeşitli orman parametreleri hakkında tutarlı, tekrarlanabilir ve güncel bilgiler sağlama potansiyeline sahiptir (Waser vd., 2017).

Optik uzaktan algılama algılayıcıları, makul maliyetler ve uygulanabilir çabalarla mekânsal olarak sürekli arazi yüzeyi gözlemleri elde edebilir, bu da ağaç yüksekliğini haritalamak için dolaylı bir yol sağlar (Hall vd., 2005). Ancak, bu algılayıcılar orman örtüsüne sınırlı nüfuz etme kabiliyeti nedeniyle, yoğun ormanlık alanlarda güçlü satürasyon etkilerine sahiptir. Bu durum, optik algılayıcılarla elde edilen ağaç yüksekliği tahminlerinde genellikle belirsizlik sorunlarına yol açar (Su vd., 2015).

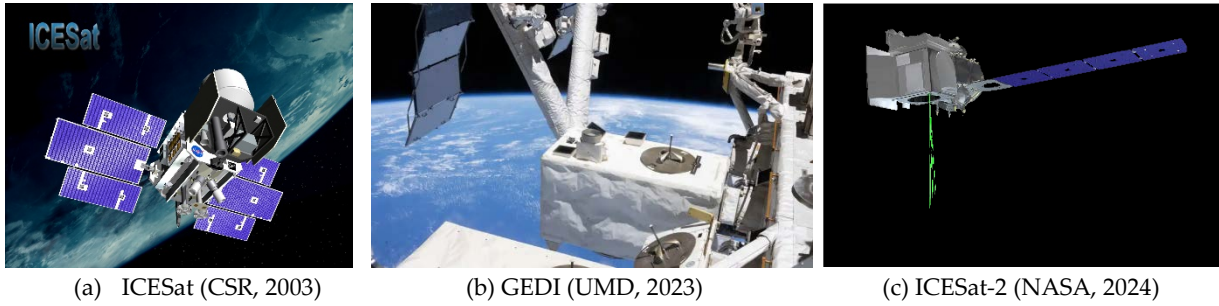
Işık Algılama ve Mesafe Belirleme (Light Detection and Ranging – LiDAR), lazer darbeleri kullanarak nesnelerin veya yüzeylerin algılayıcıya olan mesafesini ölçen aktif sistemlerden biridir. LiDAR sistemleri lazer altimetre yöntemine göre (ayrık dönüş, tam dalga formu ve foton sayan) ve entegre edildiği platforma göre (mobil, yersel, insansız hava aracı, hava ve uzay tabanlı) sınıflandırılabilir (Wang ve Fang, 2020). Ormanlık alanında mobil (Umarhadi vd., 2023), yersel (Bauwens vd., 2016), insansız hava aracı (Brede vd., 2017), hava (Tian, Qu ve Qi, 2021) ve uzay (Vatandaslar, Narin ve Abdikan, 2023) gibi çeşitli platformlardan elde edilen LiDAR verileriyle orman yüksekliği tahmini üzerine gerçekleştirilen birçok çalışma mevcuttur.

Uzay tabanlı LiDAR sistemleri, geniş alanlarda orman yüksekliğinin ölçümünü gerçekleştirme kapasitesine sahip olup, yüksek çözünürlüklü veriler sağlayarak bölgesel ve küresel ölçekte orman ekosistemlerinin dikey yapısını daha ayrıntılı bir şekilde analiz etme imkânı sunmaktadır. Bu çalışmada, uzay tabanlı LiDAR sistemleri ve bu sistemlerin orman yüksekliğinin tahmininde kullanımına dair uygulamalar incelenmiştir. Çalışmanın geriye kalanı şu şekilde organize edilmiştir: İkinci bölümde uzay tabanlı LiDAR sistemleri ve verileri hakkında bilgiler verilmiştir. Üçüncü

bölümde uzay tabanlı LiDAR sistemleri orman yüksekliği tahmini üzerine gerçekleştirilen bazı çalışmalar incelenmiştir. Dördüncü bölümde ise çalışma özetlenmiştir.

2. Uzay tabanlı LiDAR sistemleri

Uzay tabanlı LiDAR sistemleri, Dünya'nın yüzeyini ve atmosferik koşullarını uzaydan anlama ve izleme konusunda büyük katkı sağlamıştır. Öncül çalışmalar değişen çözünürlük ve karmaşıklık derecelerinde aerosol, bulut, eser gazlar, su buharı, atmosferik basınç ve düşey sıcaklık dağılımı gibi çeşitli parametrelerin dikey dağılımını ölçmek için uzay tabanlı LiDAR sistemlerinin uygulanabilirliğini göstermiştir (McCormick, 2005). Uzay tabanlı LiDAR teknolojisi, arazinin, bitki örtüsü yapısının ve hatta atmosferik parçacıkların hassas bir şekilde haritalandırılmasını sağlayarak çevre ve iklim araştırmalarına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Uzay tabanlı LiDAR sistemleri, optik ve radar uydu sistemlerine göre daha nadir görülmeyle beraber, en öne çıkanlar arasında Buz, Bulut ve Kara Yükseklik Uydusu/ Yer Bilimleri Lazer Altimetre Sistemi (Ice, Cloud, and land Elevation Satellite/Geoscience Laser Altimeter System – ICESat /GLAS), Küresel Ekosistem Dinamikleri Araştırması (Global Ecosystem Dynamics Investigation – GEDI) ve Buz, Bulut ve Kara Yükseklik Uydusu/ Gelişmiş Topografik Lazer Altimetre Sistemi (Advanced Topographic Laser Altimeter System – ICESat-2/ATLAS) sistemleri bulunmaktadır (Şekil 1). Uzay tabanlı LiDAR sistemlerine dair bilgiler Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. ICESat, GEDI ve ICESat-2 algılayıcıları

ICESat, 13 Ocak 2003'te Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (National Aeronautics and Space Administration – NASA) tarafından, birincil faydalı yük olarak üç lazerden oluşan GLAS algılayıcısıyla fırlatılan deneysel bir bilimsel uydudur. GLAS algılayıcısının temel amacı Antarktika ve Grönland'daki buz yüksekliği değişikliklerini tespit etmektir (Zwally vd., 2002). Ancak bu veriler orman yüksekliği, bulut yüksekliği, aerosol yüksekliği dağılımı ve arazi değişikliklerinin tespiti gibi birçok alanda kullanılmıştır (Zwally, 2010). ICESat yaklaşık 600 km yükseklikte 94 derecelik tırmanma açısına sahip bir yörüngede yer almaktadır. İlk kutupsal yörüngeli uzay tabanlı LiDAR sistemi olan ICESat'ın yerdeki lazer ayak izlerinin yatay hassasiyeti yaklaşık 6 m'dir (Abshire vd., 2005). GLAS verilerinin işlenmesinin ardından 15 farklı veri ürünü (GLA01, GLA02, ..., GLA15) elde edilmektedir. Elde edilen veriler L1A, L1B ve L2 olarak üç gruba ayrılırken, bu veriler oşinografi ve deniz buzu kalınlığı çalışmaları, bulut yüksekliğinin belirlenmesi, aerosollerin atmosferdeki dikey dağılımı, kara yüksekliği değişiklikleri, toprak üstü biyokütle bilgisinin çıkarılması ve kutupsal buz tabakası değişikliğinin tespiti gibi çeşitli alanlarda kullanılmıştır (Wang vd., 2011).

GEDI yeryüzü topografyasını, ormanları ve ormansızlaşmanın atmosferdeki karbondioksit yoğunluğuna olan etkisini araştırmak amacıyla Aralık 2018'de Uluslararası Uzay İstasyonu'na entegre edilmiş olan bir LiDAR altimetre sistemidir (Dubayah vd., 2020). GEDI, 1064 nanometre dalga boyunda ışık yayan ve tam dalga formuna sahip (full-waveform) üç lazer ekipmanına sahiptir. Bu lazerlerin iki tanesi tam güç lazer (full power laser) iken bir tanesi kapsama lazer (coverage laser) şeklindedir. Bu lazer ışınları aralarında 600 metre mesafe bulunan toplamda sekiz yer izi bırakır. Her ışın arasında platform hareket yönü boyunca (along-track direction) 60 metre mesafe bulunmaktadır.

Her bir lazer ayak izi 25 metre çapa sahiptir. GEDI, Uluslararası Uzay İstasyonu'nun yörüngesine bağlı olarak yalnızca 51,6° Kuzey ile 51,6° Güney enlemleri arasında veri toplama kapasitesine sahiptir. GEDI veri ürünleri, yeryüzünün üç boyutlu özelliklerini tanımlayan lazer ayak izi seviyesinde ve gridlenmiş veri setlerini içermektedir. Düşük seviye (L1 ve L2) verilere NASA'nın Arazi Süreçleri Dağıtılmış Aktif Arşiv Merkezi (Land Processes Distributed Active Archive Center – LPDAAC) web sitesinden (LPDAAC, 2024), yüksek seviye verilere (L3 ve L4) ise Oak Ridge Ulusal Laboratuvarı Dağıtılmış Aktif Arşiv Merkezi (Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center – ORNLDAAC) sitesinden (ORNLDAAC, 2024) erişilebilmektedir.

ICESat-2, Eylül 2018'de deniz ve kara alanlardaki buz kalınlığı, bulut yüksekliği ve arazi yüksekliği ölçmek amacıyla NASA tarafından uzaya fırlatılmıştır. Uydunun yörüngesi, gönderilme amacına uygun olacak şekilde kutup buzullarını izlemek üzere 92 derece tırmanma açısıyla ve ortalama 496 km yörünge yüksekliğinde tasarlanmıştır (Magruder, Neumann ve Kurtz, 2021). Bu yörünge tasarımıyla uydunun yörünge döngüsü 91 gündür (Neumann, Magruder ve Kurtz, 2022). Uydu ATLAS isimli 532 nm dalga boyunda foton sayar (photon counting) bir LiDAR algılayıcıyla donatılmıştır. ATLAS LiDAR'ı, lazer ışını her biri güçlü ve zayıf bir ışın içeren üç çift halinde olmak üzere toplam altı ayrı ışına bölmektedir.

Tablo 1. Uzay tabanlı LiDAR sistemleri (Aguilar vd., 2024)

Uydu/Algılayıcı	Gönderilme Tarihi	Lazer Işın Sayısı	Lazer Ayak İzi (m)
ICESat/GLAS (Ice, Cloud, and land Elevation Satellite / Geoscience Laser Altimeter System)	2003	1	70
ZY3-02 (Ziyuan 3-02)	2016	1	50
ICESat-2/ATLAS (Ice, Cloud, and land Elevation Satellite – 2 / Advanced Topography Laser Altimeter System)	2018	6	~11
GEDI (Global Ecosystem Dynamics Investigation)	2018	8	25
GF-7 (Gaofen-7)	2019	2	~20
TECIS-1 (Terrestrial Ecosystem Carbon Monitoring Satellite – 1)	2022	5	~25
MOLI (Multi-footprint Observation Lidar and Imager)	Gönderilecek	2	25
LIST (LiDAR Surface Topography)	Gönderilecek	1000	5

ZY3-02 ve GF-7 Çin'in Mayıs 2016 ve Kasım 2019 tarihinde uzaya fırlattığı uydulardır. ZY3-02 stereo haritalama özelliği sağlayan yüksek çözünürlüklü kamerayla donatılmıştır. Ayrıca uydunun üzerinde 50 metre lazer ayak izine sahip, 2 Hertz frekanslı ayırık atımlı (discrete pulse) deneysel bir lazer altimetre içermektedir. Bu algılayıcı haritacılık ürünlerinde yükseklik doğruluğunu iyileştirmek amacıyla tasarlanmıştır. Bu nedenle ZY3-02 üzerindeki LiDAR algılayıcının orman uygulamaları için uygulanabilirliği ciddi şekilde kısıtlanmıştır (Aguilar vd., 2024). GF-7 iki hatlı dizi ve LiDAR altimetre sistemine sahip stereo haritalama kamerasıyla donatılmıştır. Uydu üzerindeki çift ışınlı LiDAR altimetre sistemi, 3 Hertz frekansta, 1064 nanometre dalga boyunda ve 20 metre lazer yer ayak izine sahip lazer darbeleri üretmektedir. Bu sistemin en büyük kısıtlaması 2,4 kilometre yörünge boyu (along-track); 12,25 kilometre yörüngeler arası (cross-track) örnekleme aralığıyla düşük lazer ayak izi yoğunluğudur (Aguilar vd., 2024).

3. Orman yüksekliği tahmini uygulamaları

IceSAT/GLAS uydusunun temel fırlatılma amacı Antarktika ve Grönland'daki buz yüksekliği değişikliklerinin tespiti olmasına rağmen literatürde orman yüksekliği tahmini üzerine çeşitli

çalışmalar mevcuttur. GLA01 (Küresel Altimetre Verisi) ve GLA14 (Küresel Kara Yüksekliği Altimetre Verisi) verileri bitki yüksekliğinin elde edilmesinde kullanılmaktadır. Lefsky vd. (2005) GLAS ve yerel topoğrafya bilgisini kullanarak geniş yapraklı ormanlarda, ılıman geniş yapraklı ormanlarda ve ılıman iğne yapraklı ormanlarda maksimum orman yüksekliğini tespit etmiştir. Chen (2010), ortalama 20 derece eğimli dağlık alanlardaki orman yüksekliğini çıkarmak için GLAS verilerini kullanmıştır. Çalışmada GLAS dalga biçimi ölçümlerinden elde edilen doğrudan gölgelik yüksekliğinin, hava LiDAR verilerinden elde edilenden daha yüksek olma eğiliminde olduğu, bununla birlikte sinyalin başlama zamanı ve arazinin zemin yüksekliği belirlemenin zor olduğu belirtilmiştir. Baghdadi vd. (2013) GLAS (GLA01 ve GLA14) verilerinden orman yüksekliği ve biyokütle tahmini için farklı metodları test etmiştir. Brezilya'daki okalıptüs tarlaları çalışma alanı olarak seçilmiş olup, az eğime sahip olan çalışma bölgesinde doğrudan metod ile 2,2 metre doğruluk değeri sağlanırken dalga biçimi ölçümlerine ve dijital yükseklik modellerine dayalı istatistiksel modellerin kullanımı, doğrudan yöntemle kıyasla biraz daha iyi sonuçlar (1,89 metre doğruluk) sağlanmıştır. Fayad vd. (2014) Fransız Guyanası'nda GLAS LiDAR verisiyle orman gölgelik yüksekliği tahmini gerçekleştirmiştir. Çalışmada lineer regresyon tabanlı model ile 3,7 ile 4,9 metre arasında bir karesel ortalama hata (root mean squared error – RMSE) hesaplanırken, Temel Bileşenler Analizi regresyon modeliyle RMSE = 3,8 metre; Rastgele Orman regresyon modeliyle RMSE = 3,4 metre hesaplanmıştır. Aslında GLAS doğrudan orman yüksekliğini ölçse de lazer ayak izi büyüklüğü, şekli, yönü ve arazi eğimi gibi kriterler ölçü doğruluğunu olumsuz yönde etkilemektedir. Nie vd. (2015) orman yüksekliği tahmininde lazer ayak izi boyutunu, şeklini, yönünü ve arazi eğimini hesaba katan gelişmiş bir arazi düzeltme yöntemini önermiştir. Arazi eğimi ve bakı sırasıyla küçük lazer ayak izi LiDAR ve ASTER GDEM verilerinden elde eden yöntemde orman gölgelik yüksekliği tahmini hatası RMSE = 1,2 metreye kadar azaltılmıştır.

ICESat-2'nin üzerinde bulunan ATLAS algılayıcısının foton sayma özelliğine sahip olması, verilerin yüksek yükseklik hassasiyetine sahip olmasını sağladığı için orman yüksekliği tahmini konusunda da birçok çalışma yapılmıştır. Li vd. (2020) Çin'deki "Da Hinggan Ling" Eyaletinin dağlık bir bölgesindeki orman yüksekliğinin mekânsal modelini haritalamak için makine öğrenimine dayalı bir yöntem izlemiştir. Çalışmada ilk önce ICESat-2'nin kanopi yüksekliği (H_{canopy}), farklı ölçekteki hava LiDAR verileriyle karşılaştırılıp en yüksek korelasyon 250 metre ölçekli veriyle sağlanmıştır. Daha sonra Sentinel-1, Sentinel-2 ve Landsat-8'den alınan uydu görüntüleri kullanılarak, ICESat-2 gölgelik yüksekliği verileriyle eğitilmiş Derin Öğrenme ve Rastgele orman modelleriyle bölgenin orman yüksekliği tahmini haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara dayanarak Landsat-8'in Sentinel'e (1 ve 2) göre nispeten daha zayıf performans sağladığı, Sentinel-1'in geri saçılım katsayılarının ve Sentinel-2'nin kırmızı kenar bantlarıyla ilgili değişkenlerin eklenmesinin orman yüksekliği tahminine olumlu katkıda bulunabileceği çıkarımlarına ulaşılmışlardır. Nandy, Srinet ve Padalia (2021) Rastgele Orman algoritmasıyla ICESat-2, Sentinel-1 ve Sentinel-2 verilerinin entegrasyonu ile Hindistan'ın Kuzeybatı Himalaya eteklerinde orman yüksekliği ve toprak üstü biyokütle tahmini gerçekleştirmiştir. Çalışmada orman yüksekliği tahmini için ICESat-2 ve Sentinel-1 verilerini kullanan modelde hata metrikleri $R^2 = 0,84$, RMSE = 1,15 metre ve %RMSE = %4,48 olarak hesaplanmıştır. Bartalev vd. (2022) tüm Rusya için orman yüksekliği tahmininde ICESat-2'yi test etmiştir. ATL08 verileriyle yersel ölçüler arasındaki uyum $R^2 = 0,67$ ve RMSE = 3,79 metre olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlardan yola çıkarak yazarlar ICESat-2 ATL08 verisinin Rus ormanlarının yüksekliğini ve mekânsal dağılımını tahmin etmede önemli bir potansiyele sahip olduğunu vurgulamıştır. Zhang ve Liu (2023) ICESat-2 verileriyle kuzey ormanlarının yüksekliğinin tahmin performansını çok değişkenli örnek kalite kontrol yaklaşımıyla iyileştirmiştir. Çalışmada ICESat-2 örneklerini iyileştirmek için Cook Uzaklığı yöntemi kullanılmıştır. İyileştirilmiş ICESat-2 örnekleri ve uydu görüntüsüyle (Sentinel-1 ve Sentinel-2) Yapay Sinir Ağları, Gradyan Artırma Makinesi, Rastgele Orman ve Destek Vektör Makineleri isimli makine öğrenme algoritmaları kullanılmıştır. Genel olarak Gradyan Artırma Makinesi ve Rastgele Orman algoritmaları diğer algoritmalara göre daha iyi performans göstermiştir.

GEDI orman yapısının ayrıntılı üç boyutlu ölçümlerini sağlama yeteneği nedeniyle orman yüksekliği hesaplamasında kullanılmaktadır. Literatürde GEDI verilerinin değerlendirilmesi ve GEDI verilerinden orman yüksekliği tahmin modelleri üretilmesi üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Potapov vd. (2021) GEDI ve küresel Landsat mozaik verilerini kullanarak 2019 yılı için 30 metre mekânsal çözünürlüğe sahip tüm dünyayı kapsayan bir orman yüksekliği haritası üretmiştir. Üretilen harita için GEDI doğrulama verisiyle $RMSE = 6,6$ metre olarak hesaplanırken Dünya'nın çeşitli bölgelerinden çekilmiş hava LiDAR verisiyle yapılan karşılaştırmada $RMSE = 9,07$ metre olarak hesaplanmıştır. Çalışmada bu şekilde operasyonel olarak güncellenen orman yapısı ve orman değişimi haritalarının iklim politikalarına katkı sağlayacağı vurgulanmıştır. Choi vd. (2023) TanDEM-X interferometrik koherens ve GEDI dalga formu ölçümlerinin kombinasyonuna dayalı bir orman yüksekliği haritalaması gerçekleştirmiştir. Çalışmada 595 TanDEM-X görüntüsü ve yaklaşık 15 milyon GEDI dalga formunun birleştirilmesiyle, Tazmanya Adası'nın tamamını kapsayan 25 m çözünürlüklü bir orman yüksekliği haritası elde etmişlerdir. Üretilen harita adanın tamamını kapsayan hava LiDAR verisiyle doğrulanmış olup $RMSE = 7,3$ metre olarak hesaplanmıştır. Vatandaşlar, Narin ve Abdikan (2023) GEDI ve ICESat-2 algılayıcıları tarafından Kırım Çamı meşçeresi için elde edilen orman yüksekliklerinin doğruluğunu değerlendirmiştir. Çalışmada sahada ölçülen envanter verilerini referans olarak kullanılmış olup ham LiDAR ölçümlerinin veri doğruluğunu iyileştirmek için Evrişimli Sinir Ağı modelleri geliştirilmiştir. Ham verilerle gerçekleştirilen analizlerde GEDI'nin genellikle baskın yükseklikleri olduğundan az tahmin ettiğini ($RMSE = 3,06$ metre, $\%RMSE = \%21,80$); ICESat-2'nin ise olduğundan fazla tahmin ettiğini ($RMSE = 4,02$ metre, $\%RMSE = \%30,76$) tespit etmişlerdir. Evrişimli Sinir Ağı modelleriyle tahmin doğruluklarını bir miktar geliştirmiş olup GEDI için $RMSE = 2,82$ metre; ICESat-2 için ise $RMSE = 2,77$ metre değerlerine ulaşmışlardır. Çalışma sonuçlarına dayanarak GEDI ve ICESat-2 verilerinin, özellikle engebeli arazilerde tek başına kullanıldığında meşçere düzeyindeki orman envanterlerinde ihtiyaç duyulan standartları nadiren sağladığını belirtmişlerdir. Schwarz vd. (2024) Fransa'daki "Landes de Gascogne" ormanı üzerinde çoklu algılayıcı verileri ve GEDI verisi kullanarak Derin Öğrenme ile yüksek çözünürlüklü orman yükseklik haritası oluşturmuşlardır. Çalışmada Sentinel-1 ve Sentinel-2 çok bantlı görüntüleri kullanırken U-Net Derin Öğrenme mimarisi ile tahmin modeli oluşturulmuştur. Çalışmada farklı bant kombinasyonları test edilirken en iyi tahmin doğruluğu Sentinel-1 ve Sentinel-2'nin mevcut tüm bantları kullanılarak sağlanmıştır (Mutlak Ortalama Hata = 2,02 metre).

4. Sonuçlar

Orman yüksekliği tahmini için uzay tabanlı LiDAR sistemlerinin kullanılması, ormancılık ve ekoloji alanındaki araştırmalarda önemli bir ilerlemeyi temsil gözler önüne sermektedir. Bu sistemler, orman dikey yapılarının bölgesel ve küresel ölçekte kapsamlı analizine olanak tanıyan veriler sağlar. Bu tür bir teknolojinin benimsenmesi, genellikle zaman alıcı, emek yoğun ve hataya açık olan geleneksel karasal orman envanterlerinin sınırlamalarını hafifletmektedir. Uzay tabanlı LiDAR, sürdürülebilir orman yönetimi, doğru toprak üstü biyokütle tahmini ve etkili karbon stoku izleme için gerekli olan tutarlı, tekrarlanabilir ve güncel bilgiler sağlamaktadır. İlk uzay tabanlı LiDAR sistemi olan ICESat'ın 2003 yılında uzaya fırlatılmasının ardından sadece birkaç LiDAR uydusu fırlatılmış olsa da günümüzde bu alanda daha iyi teknik özelliklere sahip yeni uydu tasarımları üzerinde çalışmalar sürmektedir. Sonuç olarak, uzay tabanlı LiDAR sistemlerindeki ilerlemeler, Paris Anlaşması ve Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri gibi uluslararası girişimlerle uyumlu olarak, iklim değişikliğini ele almaya ve biyolojik çeşitliliğin korunmasını teşvik etmeye yönelik küresel çabaları desteklemektedir.

Kaynaklar

- Abshire, J. B., Sun, X., Riris, H., Sirota, J. M., McGarry, J. F., Palm, S., ... & Liiva, P. (2005). Geoscience laser altimeter system (GLAS) on the ICESat mission: on-orbit measurement performance. *Geophysical research letters*, 32(21).
- Aguilar, F. J., Rodríguez, F. A., Aguilar, M. A., Nemmaoui, A., & Álvarez-Taboada, F. (2024). Forestry Applications of Space-Borne LiDAR Sensors: A Worldwide Bibliometric Analysis. *Sensors*, 24(4), 1106.
- Baghdadi, N., Le Maire, G., Fayad, I., Bailly, J. S., Nouvellon, Y., Lemos, C., & Hakamada, R. (2013). Testing different methods of forest height and aboveground biomass estimations from ICESat/GLAS data in Eucalyptus plantations in Brazil. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 7(1), 290-299.
- Bartalev, S. A., Bogodukhov, M. A., Zharko, V. O., & Sidorenkov, V. M. (2022). Investigation of ICESat-2 Data Capabilities for Forest-Height Estimation over Russia. *Cosmic Research*, 60(Suppl 1), S10-S17.
- Bauwens, S., Bartholomeus, H., Calders, K., & Lejeune, P. (2016). Forest inventory with terrestrial LiDAR: A comparison of static and hand-held mobile laser scanning. *Forests*, 7(6), 127.
- Beer, C., Reichstein, M., Tomelleri, E., Ciais, P., Jung, M., Carvalhais, N., ... & Papale, D. (2010). Terrestrial gross carbon dioxide uptake: global distribution and covariation with climate. *Science*, 329(5993), 834-838.
- Biber, P., Felton, A., Nieuwenhuis, M., Lindbladh, M., Black, K., Bahyl', J., ... & Tuček, J. (2020). Forest biodiversity, carbon sequestration, and wood production: modeling synergies and trade-offs for ten forest landscapes across Europe. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8, 547696.
- Brede, B., Lau, A., Bartholomeus, H. M., & Kooistra, L. (2017). Comparing RIEGL RiCOPTER UAV LiDAR derived canopy height and DBH with terrestrial LiDAR. *Sensors*, 17(10), 2371.
- Center for Space Research (2003). ICESat/GLAS. 21.05.2024 tarihinde <https://www.csr.utexas.edu/glas/> adresinden erişildi.
- Chen, Q. (2010). Retrieving vegetation height of forests and woodlands over mountainous areas in the Pacific Coast region using satellite laser altimetry. *Remote Sensing of Environment*, 114(7), 1610-1627.
- Choi, C., Cazcarra-Bes, V., Guliaev, R., Pardini, M., Papathanassiou, K. P., Qi, W., ... & Dubayah, R. O. (2023). Large-scale forest height mapping by combining TanDEM-X and GEDI data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 16, 2374-2385.
- Dubayah, R., Blair, J. B., Goetz, S., Fatoyinbo, L., Hansen, M., Healey, S., ... & Silva, C. (2020). The Global Ecosystem Dynamics Investigation: High-resolution laser ranging of the Earth's forests and topography. *Science of remote sensing*, 1, 100002.
- Fayad, I., Baghdadi, N., Bailly, J. S., Barbier, N., Gond, V., El Hajj, M., ... & Bourguine, B. (2014). Canopy height estimation in French Guiana with LiDAR ICESat/GLAS data using principal component analysis and random forest regressions. *Remote Sensing*, 6(12), 11883-11914.
- Food and Agriculture Organization Global Forest Resources Assessment (2020). *Global forest resources assessment report 2020: Turkey*, FAO, Rome.
- Hall, S. A., Burke, I. C., Box, D. O., Kaufmann, M. R., & Stoker, J. M. (2005). Estimating stand structure using discrete-return lidar: an example from low density, fire prone ponderosa pine forests. *Forest Ecology and Management*, 208(1-3), 189-209.
- Hyypä, E., Kukko, A., Kaijaluoto, R., White, J. C., Wulder, M. A., Pyörälä, J., ... & Hyypä, J. (2020). Accurate derivation of stem curve and volume using backpack mobile laser scanning. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 161, 246-262.
- Laar, A. V., & Akça, A. (2007). *Forest mensuration*, Springer. Dordrecht, Netherlands.

- Land Processes Distributed Active Archive Center (2024). 21.05.2024 tarihinde https://lpdaac.usgs.gov/products/gedi02_av002/ adresinden erişildi.
- Lefsky, M. A., Harding, D. J., Keller, M., Cohen, W. B., Carabajal, C. C., Del Bom Espirito-Santo, F., ... & de Oliveira Jr, R. (2005). Estimates of forest canopy height and aboveground biomass using ICESat. *Geophysical research letters*, 32(22).
- Li, W., Niu, Z., Shang, R., Qin, Y., Wang, L., & Chen, H. (2020). High-resolution mapping of forest canopy height using machine learning by coupling ICESat-2 LiDAR with Sentinel-1, Sentinel-2 and Landsat-8 data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 92, 102163.
- Magruder, L., Neumann, T., & Kurtz, N. (2021). ICESat-2 Early Mission Synopsis and Observatory Performance. *Earth and Space Science*, 8(5), e2020EA001555.
- McCormick, M. P. (2005). *Airborne and spaceborne lidar*. In *Lidar: Range-Resolved Optical Remote Sensing of the Atmosphere* (pp. 355-397). New York, NY: Springer New York.
- Nandy, S., Srinet, R., & Padalia, H. (2021). Mapping forest height and aboveground biomass by integrating ICESat-2, Sentinel-1 and Sentinel-2 data using Random Forest algorithm in northwest Himalayan foothills of India. *Geophysical Research Letters*, 48(14), e2021GL093799.
- NASA Goddard Space Flight Center (2024). ICESat-2: Satellite graphics. 21.05.2024 tarihinde <https://icesat-2.gsfc.nasa.gov/observatory-graphics> adresinden erişildi.
- Neumann, T., Magruder, L., & Kurtz, N. (2022). ICESat-2 Mission: Contributions of a spaceborne lidar to ocean science. *OCEANS 2022, Hampton Roads*, 1-5.
- Nie, S., Wang, C., Zeng, H., Xi, X., & Xia, S. (2015). A revised terrain correction method for forest canopy height estimation using ICESat/GLAS data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 108, 183-190.
- Oak Ridge National Laboratory Distributed Active Archive Center (2024). ORNL-DAAC. 21.05.2024 tarihinde https://daac.ornl.gov/cgi-bin/dataset_lister.pl?p=40 adresinden erişildi.
- Özkal, M. K., Atar D., Aydın M., & Tunç F. (2021). Comparison of traditional regression models and artificial neural network models for height-diameter modeling in uneven-aged fir stands. *Journal of Biometry Studies*, 1(1), 1-7.
- Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., ... & Hayes, D. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 333(6045), 988-993.
- Pan, Y., Birdsey, R. A., Phillips, O. L., & Jackson, R. B. (2013). The structure, distribution, and biomass of the world's forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 44, 593-622.
- Paris Agreement (2015) Paris agreement, Report of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (21st Session, 2015: Paris).
- Potapov, P., Li, X., Hernandez-Serna, A., Tyukavina, A., Hansen, M. C., Kommareddy, A., ... & Hofton, M. (2021). Mapping global forest canopy height through integration of GEDI and Landsat data. *Remote Sensing of Environment*, 253, 112165.
- Sibona, E., Vitali, A., Meloni, F., Caffo, L., Dotta, A., Lingua, E., ... & Garbarino, M. (2016). Direct measurement of tree height provides different results on the assessment of LiDAR accuracy. *Forests*, 8(1), 7.
- Su, Y., Guo, Q., Ma, Q., & Li, W. (2015). SRTM DEM correction in vegetated mountain areas through the integration of spaceborne LiDAR, airborne LiDAR, and optical imagery. *Remote Sensing*, 7(9), 11202-11225.
- Tian, L., Qu, Y., & Qi, J. (2021). Estimation of forest LAI using discrete airborne LiDAR: a review. *Remote Sensing*, 13(12), 2408.

- Umarhadi, D. A., Senawi, S., Wardhana, W., Soraya, E., Jihad, A. N., & Ardiansyah, F. (2023). *Can iPhone/iPad LiDAR data improve canopy height model derived from UAV?*. In BIO Web of Conferences (Vol. 80, p. 03003). EDP Sciences.
- University of Maryland (2023). GEDI on the ISS. 21.05.2024 tarihinde <https://gedi.umd.edu/gallery/> adresinden erişildi.
- Vatandaslar, C., Narin, O. G., & Abdikan, S. (2023). Retrieval of forest height information using spaceborne LiDAR data: a comparison of GEDI and ICESat-2 missions for Crimean pine (*Pinus nigra*) stands. *Trees*, 37(3), 717-731.
- Wang, X., Cheng, X., Gong, P., Huang, H., Li, Z., & Li, X. (2011). Earth science applications of ICESat/GLAS: A review. *International Journal of Remote Sensing*, 32(23), 8837-8864.
- Wang, Y., & Fang, H. (2020). Estimation of LAI with the LiDAR technology: A review. *Remote Sensing*, 12(20), 3457.
- Waser, L. T., Boesch, R., Wang, Z., & Ginzler, C. (2017). Towards automated forest mapping. *Mapping Forest Landscape Patterns*, 263-304.
- Zhang, T., & Liu, D. (2023). Improving ICESat-2-based boreal forest height estimation by a multivariate sample quality control approach. *Methods in Ecology and Evolution*, 14(7), 1623-1638.
- Zwally, H. J., Schutz, B., Abdalati, W., Abshire, J., Bentley, C., Brenner, A., ... & Thomas, R. (2002). ICESat's laser measurements of polar ice, atmosphere, ocean, and land. *Journal of Geodynamics*, 34(3-4), 405-445.
- Zwally, H. J. (2010). ICESat Cryosphere Sciences Branch Code 614.1.



Radyoloji Raporlarından Doğal Dil İşleme Teknikleri Kullanılarak Varlık İsmi Çıkarımı

Sedanur ORCİN^{1,*} ve Uçman ERGÜN¹

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar

* Sorumlu yazar: orcinsedanur@gmail.com

Özet

Son yıllarda yapay zekâ yöntemlerinin sağlık sektörüne entegrasyonu önemli avantajlar sunmaktadır. Doğal Dil İşleme (NLP) tekniklerinin kullanımı, özellikle radyoloji raporlarının analizinde önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışma, yapay zekâ tekniklerinin sağlık sektöründe özellikle radyoloji raporlarının otomatik analizi üzerindeki potansiyelini incelemektedir. Doğal Dil İşleme yöntemlerinden biri olan Varlık İsmi Çıkarımı (NER) tekniği kullanılarak, radyoloji raporlarından önemli bulguların ve yorumların otomatik olarak çıkarılması ve etiketlenmesi amaçlanmaktadır. Bu sayede, hekimlerin daha hızlı, kolay ve doğru teşhis koymaları hedeflenmiştir. Çalışma, açık kaynak veri setleri üzerinde BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) modelinin performansının değerlendirilmesini içermektedir. Çalışmada derin öğrenme modelleri üzerinde durulmuştur. BERT modeli, Transformer tabanlı derin öğrenme mimarisi sayesinde çift yönlü bağlam anlayışı ve dikkat mekanizması ile her bir kelimenin ve cümlenin bağlamını daha doğru bir şekilde analiz edebilmektedir. Bu özellikleriyle, tıbbi metinlerdeki karmaşık yapıları ve uzmanlık gerektiren terimleri anlamlandırmada ideal bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmalar ile hekimlerin teşhis ve tedavi süreçlerini iyileştirerek sağlık hizmetlerinin kalitesini artırmayı amaçlanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Doğal Dil İşleme (NLP), Radyolojik Raporlar, Varlık İsmi Çıkarımı (NER), Karar Destek Sistemleri

Named Entity Recognition from Radiology Reports Using Natural Language Processing Techniques

Abstract

In recent years, the integration of artificial intelligence methods into the healthcare sector offers significant advantages. The use of Natural Language Processing (NLP) techniques has an important place, especially in the analysis of radiology reports. This study examines the potential of artificial intelligence techniques in the healthcare sector, especially on the automatic analysis of radiology reports. It is aimed to automatically extract and label important findings and comments from radiology reports by using the Entity Name Extraction (NER) technique, one of the Natural Language Processing methods. In this way, it is aimed for physicians to make faster, easier and more accurate diagnoses. The study involves evaluating the performance of the BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) model on open-source datasets. The study focused on deep learning models. Thanks to its Transformer-based deep learning architecture, the BERT model can analyze the context of each word and sentence more accurately with its bi-directional context understanding and attention mechanism. With these features, it stands out as an ideal option for making sense of complex structures and terms requiring expertise in medical texts. These studies aim

to increase the quality of healthcare services by improving physicians' diagnosis and treatment processes.

Key words: Natural Language Processing (NLP), Radiological Reports, Entity Name Extraction (NER), Decision Support Systems

1. Giriş

Son yıllarda yapay zekâ yöntemlerinin hayatın her alanında kullanıldığı görülmektedir. Bu yöntemlerden biri olan Doğal Dil İşleme'nin özellikle sağlık sektörüne entegre edilmesi hem hekimler hem de hastalar için önemli avantajlar sunar. Radyolojik raporlarda bulunan karmaşık ifadeler ve bulgular, özellikle genç hekimler için raporları okurken yanlış teşhislere neden olabilecek zorluklar doğurabilir (Yamashita vd., 2022; Nishio vd., 2024). Bu çalışmada, radyoloji raporlarından Doğal Dil İşleme teknikleri kullanılarak yapılan çalışmalar incelenmiştir. 2019 yılından sonra, çalışmaların büyük bir kısmında derin öğrenme mimarilerine odaklanılmıştır (C. Pereira vd., 2024; Nag vd., 2024). Bu çalışma kapsamında, RNN (Recurrent Neural Network) mimarisi temelli LSTM (Long Short-Term Memory) modeli ve Transformer mimarisi temelli BERT modelleri ile yapılan çalışmalar değerlendirilmiştir (Rani vd., 2024; Uskaner Hepsağ vd., 2023).

Derin öğrenme tabanlı bu modeller, radyolojik raporlardaki dili anlamada ve yorumlamada önemli ilerlemeler kaydetmiştir. LSTM modelleri, zaman serisi verilerini ve sıralı bilgileri işleyebilme yetenekleri sayesinde, tıbbi metinlerdeki uzun bağımlılıkları ve karmaşık dil yapılarını etkili bir şekilde öğrenebilir (Hassan vd., 2024). Öte yandan, BERT modelleri, çift yönlü kodlayıcı temsil yetenekleri ile cümle içindeki bağlamı iki yönlü olarak anlamlandırarak, daha doğru ve anlamlı sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır (Yan vd., 2022). Bu teknolojilerin entegrasyonu, radyologların iş yükünü hafifletmekle kalmayıp, teşhis süreçlerinde doğruluğu artırarak hasta bakımını iyileştirmektedir. Özellikle nadir görülen hastalıkların tespitinde ve karmaşık vakaların değerlendirilmesinde bu modeller büyük faydalar sağlamaktadır. Gelecekte, NLP tabanlı yapay zekâ sistemlerinin daha da gelişmesiyle birlikte, tıbbi raporların analizi ve yorumlanması süreçlerinde daha da büyük ilerlemeler kaydedilecektir.

2. Materyal ve Metot

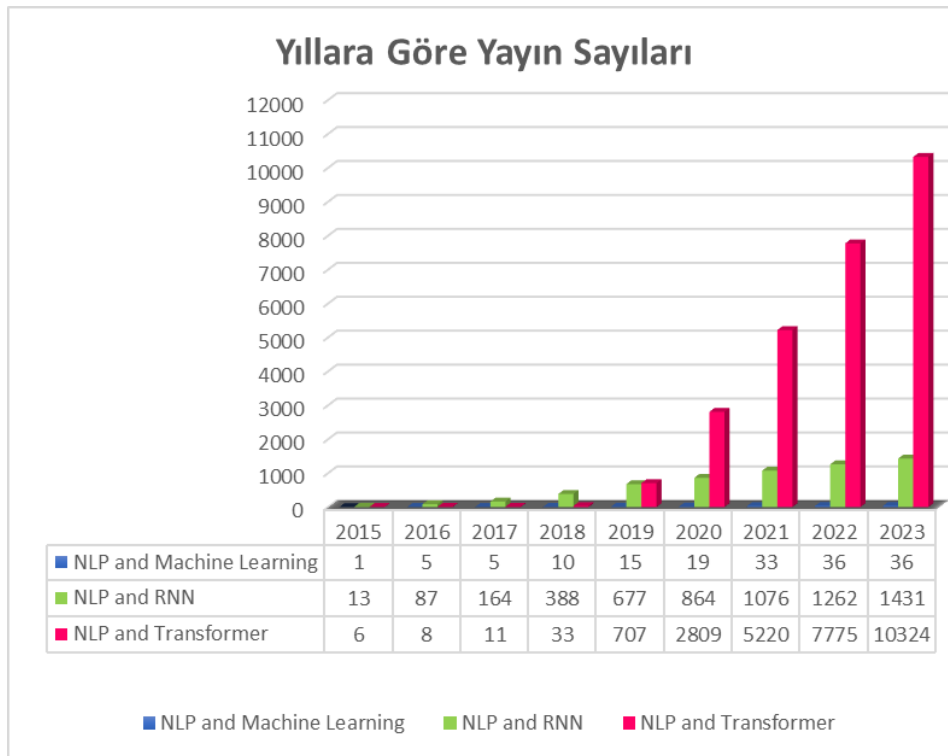
Bu alanda başta İngilizce olmak üzere farklı dillerde yapılmış çalışmalar incelendiğinde, son yıllarda geliştirilen Transformer mimarisinin başarılı performans gösterdiği görülmüştür (Devlin vd., 2018) (Yan vd., 2022). Ayrıca halka açık veri setlerinin kullanılabilirliği sayesinde, bu alandaki giderek artan sayıda çalışma literatüre girmektedir. 2017 yılında Castro ve arkadaşları mamografi raporlarını sınıflandırmak için kural tabanlı algoritmalarından yararlanmışlardır. Çalışmada, öncelikle BROK algoritmasının mamografi raporlarından BI-RADS kategorileri verilerini çıkarmak için değerlendirilmiş ve daha sonra bu verileri Bayes ağına giriş olarak kullanarak radyoloji raporlarını Bayes ağının sağladığı olasılıklara göre malign ve benign olarak kategorize etmişlerdir (Castro vd., 2017). Benzer şekilde Nguyen ve ekibi, radyoloji raporlarını otomatik olarak özetlemek ve BI-RADS skoru sınıflandırmak için hibrit sistem geliştirmiş ve makine öğrenimi algoritmalarının meme kanseri sınıflandırmasındaki etkinliğini göstermişlerdir. Hollanda'daki mamografi raporlarını otomatik olarak özetlemek için bir dil modeli ve bir BI-RADS skoru sınıflandırıcısından oluşan bir hibrit sistem geliştirmiştir. Yapılan çalışmada, Destek Vektör Makinesi (SVM) algoritmasının diğer algoritmalara kıyasla %83,3'lük bir doğruluk oranıyla BIRADS puanını tahmin etmede en başarılı algoritma olduğu kanıtlanmıştır (Nguyen vd., 2020). Casey ve ekibi ise Sistematik İncelemeler ve Meta-Analiz için Tercih Edilen Raporlama Öğeleri'ni (PRISMA) takiben radyoloji raporlarında (2015-2019) doğal dil işleme kullanan yayınların sistematik bir incelemesini sunmuşlardır (Casey vd., 2021).

Radyoloji raporlarının yorumlanmasında, uzun bir süredir makine öğrenimi yöntemleri kullanılmaktadır. Ancak, dil işleme alanında derin öğrenme yöntemlerinin başarısının dikkat çekmeye başlamasıyla birlikte bu alanda kullanımı artmıştır (Jia vd., 2023). Bu gelişmeler, radyoloji raporlarının daha hızlı ve doğru bir şekilde analiz edilmesine olanak sağlamıştır.

Magna ve ekibinin İspanyolca veri seti kullanarak meme kanseri teşhisi üzerine yaptığı çalışmalar, derin öğrenme modelleri ve kelime vektörleriyle ön plana çıkmaktadır. Word2vec ve BERT gibi yöntemler kullanılarak, serbest tıbbi metinlerin analizi, bu alandaki potansiyeli ortaya koymuştur. Yapılan deneyler, özellikle word2vec ve Çift Yönlü LSTM 'in %98 F1 skoru ile meme kanseri sınıflandırmasında önemli bir başarı elde ettiğini göstermektedir (Magna vd., 2020). Nobel ve ekibi ise, Hollandaca radyolojik raporlardan akciğer kanserini sınıflandırmak için kural tabanlı bir yöntem kullanmışlardır. PET-CT taramalarının toplam 425 serbest metin raporunu analiz ederek ve modelin doğruluk puanını 0,89 olarak belirlemişlerdir (Nobel vd., 2021). Bu çalışma, makine öğrenimi yöntemlerinin derin öğrenme yöntemlerine kıyasla daha düşük performans sergilediğini göstermektedir. Nakamura ve ekibi, BERT modeli kullanarak kendi topladıkları veri seti ile radyoloji raporlarındaki bulguların otomatik olarak algılanması üzerine çalışmışlardır. Çalışmada Transformer mimarisi temelli BERT modeli, RNN mimarisi temelli LSTM modeli ve makine öğrenimi yöntemlerinin sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda BERT modelinin daha yüksek performans gösterdiği tespit edilmiştir (Nakamura vd., 2021). Jaiswal ve ekibi, MIMIC-CXR veri seti kullanarak radyoloji raporlarının kritik tıbbi ve olgusal nüanslarını tespit etmek için derin öğrenme yöntemi geliştirmişlerdir. SOTA Transformatörlerini kullanarak RadBERT-CL adlı yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Sonuçlar, RadBERT-CL'nin sınıflandırmada BERT ve BlueBERT'ten daha iyi performans gösterdiğini ve oldukça başarılı olduğunu göstermişlerdir (Jaiswal vd., 2021). Yogarajan ve ekibinin çalışmasında, Yoğun Bakım için Tıbbi Bilgileri (MIMIC-III) ve Elektronik Yoğun Bakım Ünitesi (eICU) veri setleri kullanılarak tıbbi kod tahmini yapılmıştır. Araştırmacılar, uzun tıbbi belgeler için Longformer Transformatörünün standart Transformatörlere kıyasla daha iyi performans gösterdiğini belirlemişlerdir. Bu bulgu, Transformatörlerin tıbbi kod tahminindeki potansiyelini ortaya koymaktadır (Yogarajan vd., 2021). Grancharova ve Dalianis, İsveç elektronik hasta kayıtları üzerinde İsveç BERT modelinin ve çok dilli bir BERT modelinin NERC (Named Entity Recognition and Classification) için ince ayar üzerinde çalışmışlardır. Yapılan deneylerin sonuçlarına göre, İsveç BERT modelinin 0.9220 hatırlama ve 0.9226 hassasiyet değerleri ile oldukça başarılı olduğu görülmüştür (Grancharova ve Dalianis, 2021). Suárez-Paniagua ve ekibinin yaptığı çalışmada İspanyolca radyoloji raporlarını kullanarak hibrit bir varlık tanıma sistemi ve BERT kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışmada, diller arası kelime eşleştirme yöntemiyle İngilizceye çevrilmiş belgeler üzerinden hibrit bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistem, birden fazla BERT modeli ve Google Healthcare Natural Language API ile birleştirilmiştir. Yapılan analizler, bu kombinasyonun görevde en iyi hatırlama performansını sağladığını göstermiştir (Suárez-Paniagua vd., 2021). Yan ve arkadaşları, AB Savunma Bakanlığı Sağlık Sistemlerinden elde edilen radyoloji raporlarının analizi için Transformer tabanlı dil modellerini kullanmışlardır. Her varyant, anormal sınıflandırma, rapor kodlaması ve rapor özetleme olmak üzere üç görev için ince ayar yapılmış ve BERT-base, BioBERT, ClinicalBERT, BlueBERT ve BioMed-RoBERTa gibi temel modellerle karşılaştırılmıştır. RadBERT varyantlarının, %10 veya daha az eğitim verisi ile eğitilmiş olsalar bile, daha yüksek bir F1 puanı ve doğruluk oranı gösterdiği görülmüştür (Yan vd., 2022). Delevaux ve ekibi de Fransız Radyoloji Departmanında toplanan 10.000 akciğer bilgisayarlı tomografi (BT) taraması raporunu içeren bir veri seti üzerinde çalışmışlardır. Kullanılan CamemBERT modeli, pulmoner emboli tespitinde yüksek duyarlılık, özgüllük ve doğruluk gösterdiği belirtilmiştir (Jupin-Delevaux vd., 2023). Gupta ve ekibi, kanser tahmininde doğal dil işleme tekniklerini kullanarak genetik mutasyonları sınıflandırmak için bir yöntem üzerinde çalışmışlardır. Çalışmada, gen mutasyonlarının metin açıklamalarına dayalı olarak sınıflandırılması için Word2Vec, TF-IDF Vectorizer ve CountVectorizer gibi dönüşüm modelleri kullanılmıştır. Bu dönüşüm modelleriyle elde edilen matris belirteç sayıları, daha sonra Lojistik Regresyon, Random Forest, XGBoost ve RNN gibi sınıflandırma modelleri kullanılarak

karşılaştırılmıştır. Yapılan deneylerde, derin öğrenme yöntemlerinden biri olan RNN'nin diğer algoritmalarından %70 daha yüksek doğruluk oranıyla daha iyi performans sergilediği belirlenmiştir (Gupta vd., 2023). Lopez-Ubeda ve arkadaşları mamografi raporlarının BI-RADS kategorisini sınıflandırmak ve önceliklendirmek için Transformers tabanlı modellerden [XLM-RoBERTa, BETO ve Bio-BERT-Spanish (BBS)] üç farklı Çift Yönlü Kodlayıcı Gösterim doğal dil işleme modeli kullanılmıştır. Doğal Dil İşleme algoritmalarının eğitimi ve test edilmesinde HT Médica merkezindeki mevcut dahili veri tabanından alınan medikal raporlar kullanılmıştır. Çalışma sonucunda BI-RADS kategorilerini tespit etmede BETO modeli % 74,29 –77,5 doğruluk ile en yüksek performansı elde ederken, raporları önceliklendirme de ise BBS modeli %88,52–91,02 doğruluk ile elde edilmiştir (López-Úbeda vd., 2024). Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, farklı doğal dil işleme tekniklerinin radyoloji raporlarının analizinde ve sınıflandırılmasında kullanıldığı görülmüştür. Kural tabanlı yaklaşımlardan derin öğrenme ve makine öğrenmesi tekniklerine kadar geniş bir yelpazede yöntemler kullanılmıştır. Makine öğrenmesi algoritmalarının yanı sıra BERT, LSTM gibi derin öğrenme modellerinin radyoloji raporlarının sınıflandırılmasında etkili olduğu görülmüştür

2015- 2024 yılları arasında doğal dil işlemede kullanılan Makine Öğrenim Yöntemleri, RNN Mimarisi ve Transformer mimarisi ile yapılan yayın sayıları Grafik 1'de gösterilmiştir. Yapılan tarama sonucunda, Derin Öğrenme mimarilerinin doğal dil işleme alanında kullanımının arttığı belirlenmiştir. Özellikle, 2017 yılında Google tarafından tanıtılan Transformer mimarisi, Vaswani ve ekibi tarafından yapılan çalışma ile literatüre girmiş ve 2019 yılından itibaren birçok çalışmada başarılı sonuçlar elde edilerek dil işleme alanında önemli bir yükseliş yaşanmıştır (Vaswani vd., 2017). Bu dönemde, dil işleme modellerinin karmaşıklığı artmış ve büyük veri kümeleri üzerinde eğitilmiş modellerin performansı gözle görülür şekilde iyileşmiştir.



Şekil 1. Scopus veri tabanında “NLP AND Machine Learning”, “NLP AND RNN “ve “NLP AND TRANSFORMER” anahtar kelimeleri kullanılarak yapılan yayın taraması 2015-2024 yılları arasındaki yayın sayılarını vermektedir. Bu arama Mart 2024 tarihi itibarıyla yapıldığı ve 2024 yılı makale sayıları net olmadığı için grafikte yer almamıştır.

2.1 Veri Setleri

Literatür taramaları incelendiğinde çalışmalarda kullanılacak açık kaynak veri setleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Halka Açık Veri Setleri

Veri Seti	Dil	Veri Sayısı	Bölge	URL
MIMIC-CXR Veri Seti (Johnson vd, 2019)	İngilizce	227.835	Göğüs	https://github.com/MIT-LCP/mimic-cxr (MIMIC-CXR Veri Seti, 2019.)
CHEXPERT Veri Seti (Irvin vd., 2019)	İngilizce	65.240	Göğüs	https://stanfordmlgroup.github.io/competitions/chexpert/ (CheXpert Veri Seti, 2019)
CHIFIR Veri Seti (Rozova vd., 2023)	İngilizce	283	İnvazif Mantar Enfeksiyonu	https://physionet.org/content/corpus-fungal-infections/1.0.2/ (CHIFIR Veri Seti, 2023.)
RadGraph Veri Seti (Jain vd., 2021)	İngilizce	547	Göğüs	https://physionet.org/content/radgraph/1.0.0/ (RadGraph Veri Seti, 2021.)
CORAL Veri Seti (Sushil vd., 2024)	İngilizce	40	Pankreas ve Meme	https://physionet.org/content/curated-oncology-reports/1.0/ (Coral Veri Seti, 2024)
Nöroloji Muayene Veri Seti (Türkmen vd., 2023)	Türkçe	45.304	CT Kafa	https://huggingface.co/datasets/hazal/electronic-radiology-phd-thesis-trR (Nöroloji Muayene Veri Seti , 2023.)

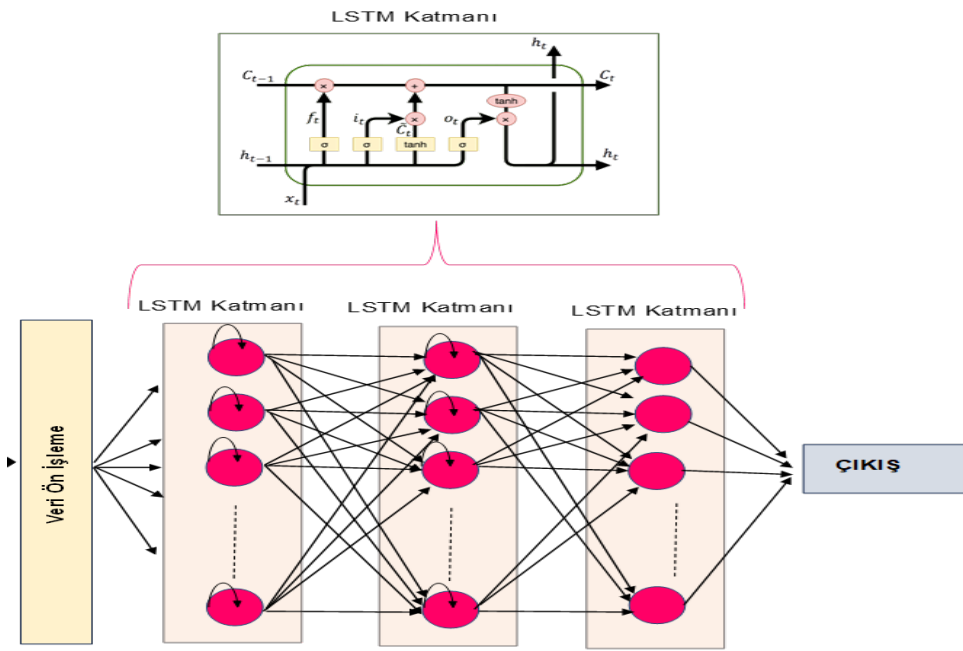
Radyolojik raporların analizi, günümüzde derin öğrenme yöntemlerinin odak noktası haline gelmiştir. Bu alandaki literatür, radyoloji raporlarının işlenmesi için RNN ve Transformer derin öğrenme mimarilerinin giderek artan ölçüde kullanıldığını ortaya koymaktadır (Sun vd., 2023). Bu yöntemler, metin verilerinin karmaşıklığını anlamak, içerdikleri bilgiyi çıkarmak ve raporları etkili bir şekilde sınıflandırmak için büyük önem taşımaktadır. Derin öğrenme teknikleri, radyoloji raporlarından değerli içgörüler elde etmek için güçlü araçlar sunmaktadır (C. Pereira vd., 2024).

2.2 Mimariler

2.2.1 LSTM (Long Short-Term Memory)

LSTM, RNN ailesine ait özel bir türdür ve zaman içindeki uzun vadeli bağımlılık sorununu çözmek için tasarlanmıştır. Hücreler adı verilen özel bellek birimlerini kullanarak çalışır. Bu hücreler, girdi, çıktı ve unutma kapıları aracılığıyla bilgiyi kontrol edebilirler. Bu yapılar sayesinde, LSTM uzun vadeli bağımlılıkları ve kapsamlı metinlerdeki ilişkileri daha etkili bir şekilde öğrenmektedir (M.Tarwani ve Edem, 2017).

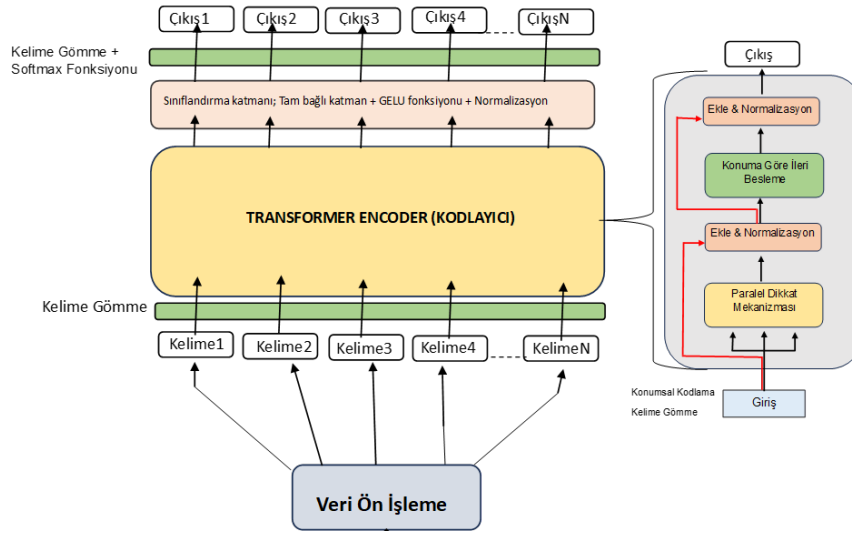
Temelinde, Cell State ve çeşitli kapılar bulunur. Cell State, bilginin hafızada taşındığı kanaldır. Kapılar, hangi bilgilerin önemli olduğuna karar verir. Unutma Kapısı (Forget Gate), önceki bilgiyle (h_t) ve mevcut bilgiyle (x_t) ilgili kararlar alır. Sigmoid aktivasyonu, hangi bilgilerin unutulacağını belirler. Giriş Kapısı (Input Gate), cell State güncellemelerini yapar. Sigmoid işlemi, hangi bilgilerin güncelleneceğine karar verir. Tanh aktivasyonu, veriyi düzenler. Sonuçlar çarpılarak güncelleme yapılacak bilgiler belirlenir. Çıkış Kapısı (Output Gate), bir sonraki hücrenin girişini (h_{t+1}) belirler. Ayrıca tahmin yapmak için de kullanılır. Sigmoid işlemi, girişin belirlenmesine yardımcı olurken, tanh işlemi, mevcut bilginin durumunu belirler. LSTM, bu mekanizmaları kullanarak uzun vadeli bağımlılıkları etkili bir şekilde öğrenebilir ve karmaşık dil yapısını işleyebilir. Bu nedenle, doğal dil işleme alanında, özellikle metin tahmini, çeviri, duygu analizi, Varlık İsmi Çıkarımı gibi görevlerde sıkça kullanılmaktadır (Rahman vd., 2021).



Şekil 1. LSTM modeline ait şema

2.2.2 BERT ((*Bidirectional Encoder Representations from Transformers*))

BERT, Google tarafından geliştirilen ve doğal dil işleme alanında önemli bir dönüm noktası olan Transformer mimarisi tabanlı derin öğrenme modelidir (Vaswani vd., 2017). Maskeli dil modeline dayanır. Metindeki bazı kelimeler rastgele maskeleyişime tabi tutularak modelin bağlamı anlama yeteneği geliştirilir. Ana mimarisi, çift yönlü transformatör kodlayıcıdır. Bir metni belirli bir dil modeli tarafından işlenirken, her kelimenin bağlamını hem önceki hem de sonraki kelimelerin etkisiyle öğrenebilmesini sağlar. Metindeki bir kelimenin anlamını belirlemek için daha geniş bir bağlamı kullanabilen daha güçlü bir model sağlar. BERT, geniş bir eğitim veri kümesi üzerinde önceden eğitilir. Eğitim aşamasında, büyük miktarda metin verisi kullanılarak modelin genel dil anlama yeteneği geliştirilmektedir (Turchin vd., 2023).



Şekil 2. BERT modeline ait şema

3. Bulgular ve Tartışma

Doğal dil işleme tekniklerinin radyoloji raporlarının analizinde kullanılması hem dilin işlenmesi hem de tıbbi verilerin derinlemesine anlaşılması açısından büyük avantajlar sunmaktadır. Derin öğrenme yöntemleri, özellikle Transformer mimarisi, tıbbi metinlerin bağlamını daha iyi anlamak ve daha doğru sonuçlar elde etmek için ideal bir araç olarak öne çıkmaktadır. BERT gibi Transformer tabanlı modeller, çift yönlü bağlam anlayışları sayesinde tıbbi raporların incelenmesinde önemli başarılar elde etmiştir. LSTM ve RNN gibi modeller, zaman serisi verilerinin işlenmesinde güçlü performans göstermekte ve tıbbi metinlerdeki uzun bağımlılıkları ve karmaşık ilişkileri anlamlandırmada etkili olmaktadır. Bu modeller, acil durum raporları ve kronolojik tıbbi verilerin analizi gibi alanlarda önemli katkılar sağlamaktadır. CNN mimarisi ise tıbbi görüntülerin analizinde üstün performans göstermiştir. Özellikle göğüs BT ve proksimal femur kırığı röntgenleri gibi karmaşık tıbbi görüntülerin sınıflandırılmasında yüksek doğruluk oranları elde edilmiştir. CNN'in güçlü görüntü işleme yetenekleri, tıbbi teşhis süreçlerinde kritik bir rol oynamaktadır.

Makine öğrenimi teknikleri de geçmişte radyoloji raporlarının analizinde önemli bir rol oynamıştır. Temel istatistiksel yöntemler ve destek vektör makineleri gibi algoritmalar, radyolojik bulguların sınıflandırılması ve anomali tespitinde etkili olmuştur. Ancak, derin öğrenme ve özellikle Transformer tabanlı yöntemlerin gelişimiyle, makine öğrenimi tekniklerinin performansının aşılmış olduğu görülmektedir. Tablo 2'de sunulduğu üzere 2019 yılı ve sonrasında Transformer mimarilerini kullanımı artmıştır. Sonuç olarak, doğal dil işleme tekniklerinin radyoloji raporlarının analizinde kullanılması, tıbbi pratiğin kalitesini ve etkinliğini artırmak için büyük bir potansiyele sahiptir. Derin öğrenme yöntemleri ve özellikle Transformer tabanlı modeller, tıbbi verilerin daha derinlemesine anlaşılmasını ve yorumlanmasını sağlayarak, teşhis süreçlerini hızlandırmakta ve doğruluğunu artırmaktadır. Bu teknolojilerin sürekli gelişimi, sağlık hizmetlerinde devrim niteliğinde bir dönüşüm gerçekleştirme potansiyeline sahiptir. NLP tabanlı yapay zekâ sistemlerinin entegrasyonu, hekimlerin daha hızlı, doğru ve güvenilir teşhisler koymalarına yardımcı olarak, hasta bakımını ve tedavi süreçlerini olumlu yönde etkilemektedir. Bu derleme çalışması, NLP'nin sağlık sektöründeki potansiyelini ve gelecekteki uygulamalarını vurgulamaktadır.

Tablo 2. Literatürde yer alan bazı çalışma sonuçları

Çalışmayı Yapan	Yıl	Veri Seti	Mimari	Sonuçlar
Chen vd. (Chen vd., 2018)	2018	Göğüs BT (Özel Veri Seti)	CNN	Doğruluk (Accuracy) 0.92, F1 skor 0.89
Trivedi vd. (Trivedi vd., 2018)	2018	İskelet Sistemi MR (Özel Veri Seti)	IBM Watson	Doğruluk 0.83-0.90
Banerjee vd. (Banerjee vd., 2019)	2019	Göğüs BT (Özel Veri Seti)	RNN	Hassasiyet (Precision) 0.82-0.99, Özgüllük (Recall) 0.74-0.99, F1 skor 0.77-0.99,
Wang vd. (Y. Wang vd., 2019)	2019	Proksimal Femur Kırığı Röntgen (Halka Açık Veri Seti)	CNN	Hassasiyet 0.97, Özgüllük 0.97, F1 skor 0.97
Carrodegua vd. (Carrodegua vd., 2019)	2019	Acil Hasta Raporları (Özel Veri Seti)	LSTM	Hassasiyet 0.68, Özgüllük 0.54, F1 skor 0.60, AUC 0.9
Yuan vd. (Yuan vd., 2019)	2019	Göğüs Röntgen (Halka Açık Veri Seti: CheXpert)	CNN, LSTM	CNN: Hassasiyet 0.91, Özgüllük 0.90, F1 skor 0.90 LSTM: Hassasiyet 0.91, Özgüllük 0.90, F1 skor 0.90
Huang vd. (Huang vd., 2021)	2021	Göğüs Röntgen (Halka Açık Veri Seti: MIMIC-III)	BERT	Hassasiyet 88.1
Dai vd. (Dai vd., 2021)	2021	Kemik Kırığı Röntgen (Özel veri seti)	BoneBERT	F1 skor 0.92

4. Sonuçlar

Bu çalışmaların sonuçları, doğal dil işleme tekniklerinin tıbbi görüntüleme raporlarının analizinde önemli bir potansiyele sahip olduğunu ve doğru mimariler kullanıldığında yüksek doğruluk oranlarına ulaşılabileceğini göstermektedir. NLP, sadece dilin işlenmesi ve yorumlanması ile sınırlı kalmayıp, aynı zamanda tıbbi verilerin derinlemesine anlaşılmasını ve yorumlanmasını da sağlamaktadır. Chen ve arkadaşlarının göğüs BT görüntüleri üzerine yaptıkları çalışma, CNN mimarisinin bu alanda ne kadar etkili olabileceğini gözler önüne sermektedir. Yüksek doğruluk ve F1 skoru, CNN'in karmaşık tıbbi görüntüleri anlamlandırma yeteneğini kanıtlamaktadır. Benzer şekilde, Trivedi ve arkadaşlarının IBM Watson kullanarak elde ettikleri sonuçlar, yapay zekâ tabanlı sistemlerin tıbbi görüntü analizindeki başarısını vurgulamaktadır. Banerjee ve arkadaşlarının RNN kullanarak göğüs BT görüntülerinde elde ettikleri geniş başarı yelpazesi, zaman serisi verilerinin ve dil modellerinin tıbbi uygulamalarda ne kadar değerli olduğunu göstermektedir. RNN, tıbbi metinlerdeki uzun bağımlılıkları ve karmaşık ilişkileri anlamlandırmada güçlü bir araç olarak öne çıkmaktadır. Wang ve arkadaşlarının proksimal femur kırığı röntgen görüntülerinde CNN kullanarak elde ettikleri yüksek başarı oranları, derin öğrenme modellerinin spesifik tıbbi görüntüleme alanlarında mükemmel performans sergileyebileceğini göstermektedir. Bu sonuçlar, doğru veri setleri ve mimariler kullanıldığında, yapay zekâ modellerinin hekimlerin teşhis süreçlerine büyük katkılar sağlayabileceğini ortaya koymaktadır. Carrodegua ve arkadaşlarının acil hasta raporları üzerinde LSTM kullanarak elde ettikleri sonuçlar, LSTM' in karmaşık dil yapıları ve zaman serisi verilerini

anlamlandırmadaki etkisini göstermektedir. Yuan ve arkadaşlarının hem CNN hem de LSTM kullanarak göğüs röntgen görüntülerinde elde ettikleri benzer ve yüksek performans, bu iki mimarinin tıbbi görüntü analizinde birbirini tamamlayıcı roller oynayabileceğini göstermektedir. Bu modeller, tıbbi görüntülerin doğru ve hızlı bir şekilde analiz edilmesinde büyük bir potansiyele sahiptir. Huang ve arkadaşlarının MIMIC-III veri seti üzerinde BERT modeli ile elde ettikleri sonuçlar, BERT'in tıbbi metinlerdeki bağlamı ve anlamı derinlemesine kavrayabilme yeteneğini vurgulamaktadır. Dai ve arkadaşlarının BoneBERT modeli kullanarak elde ettikleri yüksek F1 skoru, BERT tabanlı modellerin tıbbi görüntüleme alanında da yüksek performans sergileyebileceğini göstermektedir. BERT' in dil işleme yeteneklerinin, tıbbi görüntü analizine uyarlanması, teşhis ve tedavi süreçlerinde önemli iyileştirmeler sağlayabilir.

Sonuç olarak, doğal dil işleme tekniklerinin sağlık sektöründe kullanımı, sadece teknolojik bir ilerleme değil, aynı zamanda tıbbi pratiğin kalitesini ve etkinliğini artırma yolunda atılmış önemli bir adımdır. Radyolojik raporlarda NLP 'nin sunduğu olanaklar, hekimlerin daha hızlı, doğru ve güvenilir teşhisler koymalarına yardımcı olarak, sağlık hizmetlerinde devrim niteliğinde bir dönüşüm gerçekleştirmektedir. Bu teknolojilerin sürekli gelişimi, tıbbi verilerin daha derinlemesine anlaşılmasını ve yorumlanmasını sağlayarak, hastaların tedavi süreçlerini olumlu yönde etkileyecektir.

Teşekkür

Bu çalışmaya ait Yüksek Lisans tezi TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı (BİDEB) tarafından yürütülen 2210-C Yurt İçi Öncelikli Alanlar Yüksek Lisans Burs Programı kapsamında desteklenmektedir. Çalışmalarında değerli danışmanım Doç. Dr. Uçman ERGÜN ve değerli hocam Arş. Gör. Sezin BARIN' a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Banerjee, I., Ling, Y., Chen, M. C., Hasan, S. A., Langlotz, C. P., Moradzadeh, N., Chapman, B., Amrhein, T., Mong, D., Rubin, D. L., Farri, O., & Lungren, M. P. (2019). Comparative effectiveness of convolutional neural network (CNN) and recurrent neural network (RNN) architectures for radiology text report classification. *Artificial Intelligence in Medicine*, 97, 79–88. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2018.11.004>
- Bodenreider, O. (2004). The Unified Medical Language System (UMLS): Integrating biomedical terminology. *Nucleic Acids Research*, 32(DATABASE ISS.). <https://doi.org/10.1093/nar/gkh061>
- Brasoveanu, A. M. P., & Andonie, R. (2020). Visualizing Transformers for NLP: A Brief Survey. *Proceedings of the International Conference on Information Visualisation, 2020-September*, 270–279. <https://doi.org/10.1109/IV51561.2020.00051>
- C. Pereira, S., Mendonça, A. M., Campilho, A., Sousa, P., & Teixeira Lopes, C. (2024). Automated image label extraction from radiology reports – A review. In *Artificial Intelligence in Medicine (Vol. 149)*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2024.102814>
- Carrodegua, E., Lacson, R., Swanson, W., & Khorasani, R. (2019). Use of Machine Learning to Identify Follow-Up Recommendations in Radiology Reports. *Journal of the American College of Radiology*, 16(3), 336–343. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2018.10.020>
- Casey, A., Davidson, E., Poon, M., Dong, H., Duma, D., Grivas, A., Grover, C., Suárez-Paniagua, V., Tobin, R., Whiteley, W., Wu, H., & Alex, B. (2021). A systematic review of natural language processing applied to radiology reports. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12911-021-01533-7>
- Castro, S. M., Tseytlin, E., Medvedeva, O., Mitchell, K., Visweswaran, S., Bekhuis, T., & Jacobson, R. S. (2017). Automated annotation and classification of BI-RADS assessment from radiology reports. *Journal of Biomedical Informatics*, 69, 177–187. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2017.04.011>

- Chen, M. C., Ball, R. L., Yang, L., Moradzadeh, N., Chapman, B. E., Larson, D. B., Langlotz, C. P., Amrhein, T. J., & Lungren, M. P. (2018). Deep learning to classify radiology free-text reports. *Radiology*, 286(3), 845–852. <https://doi.org/10.1148/radiol.2017171115>
- CheXpert Veri Seti.. Son Erişim Tarihi: 27 Mart 2024, from <https://stanfordmlgroup.github.io/competitions/chexpert/>
- CHIFIR Veri Seti. Son Erişim Tarihi: 27 Mart 2024, from <https://physionet.org/content/corpus-fungal-infections/1.0.2/>
- Coral Veri Seti. Son Erişim Tarihi: 27 Mart 2024, from <https://physionet.org/content/curated-oncology-reports/1.0/>
- Dai, Z., Li, Z., & Han, L. (2021). BoneBert: A BERT-based Automated Information Extraction System of Radiology Reports for Bone Fracture Detection and Diagnosis. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 12695 LNCS, 263–274. https://doi.org/10.1007/978-3-030-74251-5_21
- Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., Google, K. T., & Language, A. I. (2018). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. <https://github.com/tensorflow/tensor2tensor>
- Dhammi, I., & Kumar, S. (2014). Medical subject headings (MeSH) terms. In *Indian Journal of Orthopaedics* (Vol. 48, Issue 5, pp. 443–444). Wolters Kluwer Medknow Publications. <https://doi.org/10.4103/0019-5413.139827>
- Gorenstein, L., Konen, E., Green, M., & Klang, E. (2024). Bidirectional Encoder Representations from Transformers in Radiology: A Systematic Review of Natural Language Processing Applications. *Journal of the American College of Radiology*. <https://doi.org/10.1016/J.JACR.2024.01.012>
- Grancharova, M., & Dalianis, H. (n.d.). Applying and Sharing pre-trained BERT-models for Named Entity Recognition and Classification in Swedish Electronic Patient Records. <https://github.com/Kungbib/>
- Gupta, V., Venkit, P. N., Wilson, S., & Passonneau, R. J. (2023). Survey on sociodemographic bias in natural language processing. arXiv preprint arXiv:2306.08158.
- Hassan, E., Abd El-Hafeez, T., & Shams, M. Y. (2024). Optimizing classification of diseases through language model analysis of symptoms. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51615-5>
- Huang, S.-C., Shen, L., Lungren, M. P., & Yeung, S. (2021). GLoRIA: A Multimodal Global-Local Representation Learning Framework for Label-efficient Medical Image Recognition. <https://github.com/marshuang80/gloria>
- Irvin, J., Rajpurkar, P., Ko, M., Yu, Y., Ciurea-Illcus, S., Chute, C., Marklund, H., Haghighi, B., Ball, R., Shpanskaya, K., Seekins, J., Mong, D. A., Halabi, S. S., Sandberg, J. K., Jones, R., Larson, D. B., Langlotz, C. P., Patel, B. N., Lungren, M. P., & Ng, A. Y. (2019). CheXpert: A Large Chest Radiograph Dataset with Uncertainty Labels and Expert Comparison. www.aaai.org
- Jain, S., Agrawal, A., Saporta, A., Truong, S. Q., Duong, D. N., Bui, T., Chambon, P., Zhang, Y., Lungren, M. P., Ng, A. Y., Langlotz, C. P., & Rajpurkar, P. (2021). RadGraph: Extracting Clinical Entities and Relations from Radiology Reports. <http://arxiv.org/abs/2106.14463>
- Jaiswal, A., Tang, L., Ghosh, M., Rousseau, J. F., Peng, Y., & Ding, Y. (2021). RadBERT-CL: Factually-Aware Contrastive Learning For Radiology Report Classification. In *Proceedings of Machine Learning Research* (Vol. 158).
- Jia, J., Liang, W., & Liang, Y. (2023). A Review of Hybrid and Ensemble in Deep Learning for Natural Language Processing. <http://arxiv.org/abs/2312.05589>
- Johnson, A. E. W., Pollard, T. J., Berkowitz, S. J., Greenbaum, N. R., Lungren, M. P., Deng, C. ying, Mark, R. G., & Horng, S. (2019). MIMIC-CXR, a de-identified publicly available database of chest radiographs with free-text reports. *Scientific Data*, 6(1). <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0322-0>
- Jungmann, F., Arnhold, G., Kämpgen, B., Jorg, T., Düber, C., Mildenerger, P., & Kloeckner, R. (2020). A Hybrid Reporting Platform for Extended RadLex Coding Combining Structured Reporting Templates and Natural

- Language Processing. *Journal of Digital Imaging*, 33(4), 1026–1033. <https://doi.org/10.1007/s10278-020-00342-0>
- Jupin-Delevaux, É., Djahnine, A., Talbot, F., Richard, A., Gouttard, S., Mansuy, A., Douek, P., Si-Mohamed, S., & Bousset, L. (2023). BERT-based natural language processing analysis of French CT reports: Application to the measurement of the positivity rate for pulmonary embolism. *Research in Diagnostic and Interventional Imaging*, 6, 100027. <https://doi.org/10.1016/j.redii.2023.100027>
- Lee, D., De Keizer, N., Lau, F., & Cornet, R. (2021). Literature review of SNOMED CT use. <https://doi.org/10.1136/amiajnl-2013>
- López-Úbeda, P., Martín-Noguerol, T., & Luna, A. (2024). Automatic classification and prioritisation of actionable BI-RADS categories using natural language processing models. *Clinical Radiology*, 79(1), e1–e7. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2023.09.009>
- Magna, A. A. R., Allende-Cid, H., Taramasco, C., Becerra, C., & Figueroa, R. L. (2020). Application of Machine Learning and Word Embeddings in the Classification of Cancer Diagnosis Using Patient Anamnesis. *IEEE Access*, 8, 106198–106213. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3000075>
- MIMIC-CXR Veri Seti. Son Erişim Tarihi: 27 Mart 2024, from <https://github.com/MIT-LCP/mimic-cxr>
- M.Tarwani, K., & Edem, S. (2017). Survey on Recurrent Neural Network in Natural Language Processing. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 48(6), 301–304. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V48P253>
- Nag, P. K., Bhagat, A., Priya, R. V., & Khare, D. kumar. (2024). Emotional Intelligence Through Artificial Intelligence : NLP and Deep Learning in the Analysis of Healthcare Texts. <http://arxiv.org/abs/2403.09762>
- Nakamura, Y., Hanaoka, S., Nomura, Y., Nakao, T., Miki, S., Watadani, T., Yoshikawa, T., Hayashi, N., & Abe, O. (2021). Automatic detection of actionable radiology reports using bidirectional encoder representations from transformers. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12911-021-01623-6>
- Nguyen, E., Theodorakopoulos, D., Pathak, S., Geerdink, J., Vijlbrief, O., Van Keulen, M., & Seifert, C. (2020). A hybrid text classification and language generation model for automated summarization of dutch breast cancer radiology reports. *Proceedings - 2020 IEEE 2nd International Conference on Cognitive Machine Intelligence, CogMI 2020*, 72–81. <https://doi.org/10.1109/CogMI50398.2020.00019>
- Nishio, M., Matsunaga, T., Matsuo, H., Nogami, M., Kurata, Y., Fujimoto, K., Sugiyama, O., Akashi, T., Aoki, S., & Murakami, T. (2024). Fully automatic summarization of radiology reports using natural language processing with large language models. *Informatics in Medicine Unlocked*, 46, 101465. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2024.101465>
- Nobel, J. M., Puts, S., Weiss, J., Aerts, H. J. W. L., Mak, R. H., Robben, S. G. F., & Dekker, A. L. A. J. (2021). T-staging pulmonary oncology from radiological reports using natural language processing: translating into a multi-language setting. *Insights into Imaging*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/s13244-021-01018-1>
- Nörloji Muayene Veri Seti. Son Erişim Tarihi: 27 Mart 2024, from <https://huggingface.co/datasets/hazal/electronic-radiology-phd-thesis-trR/viewer/default/train?p=1>
- RadGraph Veri Seti. (n.d.). Son Erişim Tarihi: 27 Mart 2024 from <https://physionet.org/content/radgraph/1.0.0/>
- Rahali, A., & Akhloufi, M. A. (2023). End-to-End Transformer-Based Models in Textual-Based NLP. In *AI (Switzerland)* (Vol. 4, Issue 1, pp. 54–110). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/ai4010004>
- Rahman, M. H., Islam, M. S., Jowel, M. M. U., Hasan, M. M., & Latif, S. (2021). Classification of Book Review Sentiment in Bangla Language Using NLP, Machine Learning and LSTM. *2021 12th International Conference on Computing Communication and Networking Technologies, ICCCNT 2021*. <https://doi.org/10.1109/ICCCNT51525.2021.9580116>

- Rani, S., Jain, A., Kumar, A., & Yang, G. (2024). CChexR-Attention: Clinical concept extraction and chest x-ray reports classification using modified Mogrifier and bidirectional LSTM with multihead attention. *International Journal of Imaging Systems and Technology*, 34(1). <https://doi.org/10.1002/ima.23025>
- Rozova, V., Khanina, A., Teng, J. C., Teh, J. S. K., Worth, L. J., Slavin, M. A., Thursky, K. A., & Verspoor, K. (2023). Detecting evidence of invasive fungal infections in cytology and histopathology reports enriched with concept-level annotations. *Journal of Biomedical Informatics*, 139, 104293. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2023.104293>
- Sahu, S. S., & Pal, S. (2023). Building a text retrieval system for the Sanskrit language: Exploring indexing, stemming, and searching issues. *Computer Speech and Language*, 81. <https://doi.org/10.1016/j.csl.2023.101518>
- Suárez-Paniagua, V., Dong, H., & Casey, A. (2021, September). A multi-BERT hybrid system for Named Entity Recognition in Spanish radiology reports. In 2021 Working Notes of CLEF-Conference and Labs of the Evaluation Forum, CLEF-WN 2021 (pp. 846-856).
- Sun, Z., Lin, M., Zhu, Q., Xie, Q., Wang, F., Lu, Z., & Peng, Y. (2023). A scoping review on multimodal deep learning in biomedical images and texts. In *Journal of Biomedical Informatics* (Vol. 146). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2023.104482>
- Sushil, M., Kennedy, V. E., Mandair, D., Miao, B. Y., Zack, T., & Butte, A. J. (2024). CORAL: Expert-Curated Oncology Reports to Advance Language Model Inference. *NEJM AI*. <https://doi.org/10.1056/AIdbp2300110>
- Trivedi, H., Mesterhazy, J., Laguna, B., Vu, T., & Sohn, J. H. (2018). Automatic Determination of the Need for Intravenous Contrast in Musculoskeletal MRI Examinations Using IBM Watson's Natural Language Processing Algorithm. *Journal of Digital Imaging*, 31(2), 245–251. <https://doi.org/10.1007/s10278-017-0021-3>
- TÜBİTAK 2022-2023 Ar-Ge ve Yenilik Konu Başlıkları. (n.d.).
- Turchin, A., Masharsky, S., & Zitnik, M. (2023). Comparison of BERT implementations for natural language processing of narrative medical documents. *Informatics in Medicine Unlocked*, 36. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2022.101139>
- Türkmen, H., Dikenelli, O., Eraslan, C., Çallı, M. C., & Özbek, S. S. (2023). BioBERTurk: Exploring Turkish Biomedical Language Model Development Strategies in Low-Resource Setting. *Journal of Healthcare Informatics Research*, 7(4), 433–446. <https://doi.org/10.1007/s41666-023-00140-7>
- Uskaner Hepsağ, P., Özel, S. A., Dalcı, K., & Yazıcı, A. (2023). Using BERT models for breast cancer diagnosis from Turkish radiology reports. *Language Resources and Evaluation*. <https://doi.org/10.1007/s10579-023-09669-w>
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, L., & Polosukhin, I. (2017). Attention Is All You Need. <http://arxiv.org/abs/1706.03762>
- Wang, M., & Hu, F. (2021). The application of nltk library for python natural language processing in corpus research. *Theory and Practice in Language Studies*, 11(9), 1041–1049. <https://doi.org/10.17507/tpls.1109.09>
- Wang, Y., Sohn, S., Liu, S., Shen, F., Wang, L., Atkinson, E. J., Amin, S., & Liu, H. (2019). A clinical text classification paradigm using weak supervision and deep representation 08 Information and Computing Sciences 0801 Artificial Intelligence and Image Processing 17 Psychology and Cognitive Sciences 1702 Cognitive Sciences. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12911-018-0723-6>
- Yamashita, R., Bird, K., Cheung, P. Y. C., Decker, J. H., Flory, M. N., Goff, D., Morimoto, L. N., Shon, A., Wentland, A. L., Rubin, D. L., & Desser, T. S. (2022). Automated Identification and Measurement Extraction of Pancreatic Cystic Lesions from Free-Text Radiology Reports Using Natural Language Processing. *Radiology: Artificial Intelligence*, 4(2). <https://doi.org/10.1148/ryai.210092>

- Yan, A., McAuley, J., Lu, X., Du, J., Chang, E. Y., Gentili, A., & Hsu, C. N. (2022). RadBERT: Adapting Transformer-based Language Models to Radiology. *Radiology: Artificial Intelligence*, 4(4). <https://doi.org/10.1148/ryai.210258>
- Yogarajan, V., Montiel, J., Smith, T., & Pfahringer, B. (2021). Transformers for Multi-label Classification of Medical Text: An Empirical Comparison. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 12721 LNAI, 114–123. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77211-6_12
- Yuan, J., Liao, H., Luo, R., & Luo, J. (2019). Automatic Radiology Report Generation Based on Multi-view Image Fusion and Medical Concept Enrichment. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 11769 LNCS, 721–729. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32226-7_80
- Zhang, X., Chen, M. H., & Qin, Y. (2018). NLP-QA Framework Based on LSTM-RNN. *Proceedings - 2nd International Conference on Data Science and Business Analytics, ICDSBA 2018*, 307–311. <https://doi.org/10.1109/ICDSBA.2018.00065>



Sanal Marketlerden Otomatik Olarak Fiyat Verileri Toplanması ve Analizi

Murat Ali Öz¹, Naim Karasekreter²

¹ AIR Telekomünikasyon A.Ş. , İstanbul

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Afyonkarahisar

* Sorumlu yazar: muratali@gmail.com

Özet

Web kazıma teknikleri, internetten veri toplamak için kullanılan güçlü bir araçtır. Fiyat toplama ve analiz etme konusunda da web kazıma tekniklerinin kullanımı birçok önemli avantaj sunmaktadır. Web kazıma teknikleri, manuel veri toplama yöntemlerine kıyasla çok daha hızlı ve verimlidir. Büyük miktarda veri kısa sürede toplanabilir ve analiz edilebilir. Web kazıma araçları, veri toplama sürecini otomatikleştirmeye yardımcı olur. Bu sayede, zamandan tasarruf edilir ve insan hatası riski azaltılmış olur. Bu çalışmada, Türkiye'deki sanal marketlerde satılan gıda ürünleri, fiyatlarını, çeşitliliğini gözlemlemek ve analiz etmek için web kazıma temelli bir yazılım sunulmaktadır. Web kazıma işlemi için Python dili ve BeautifulSoup Kütüphanesi kullanılmıştır. Bulut bilişimde bir sanal sunucuda periyodik olarak çalıştırılan yazılım ile belirlenen URL'lerdeki ürünlerin fiyatları taranmış ve elde edilen veriler veri tabanına kaydedilmiştir. Sonuç olarak, 360 url üzerinde 1 Ocak 2023 – 31 Aralık 2023 tarih aralıklarında 63749 Veri toplanmış ve elde edilen veriler üzerinden fiyat değişimleri kontrol edilerek, normalin dışında aşırı yükselen ya da düşen fiyatlar belirlenmiş ve ayrı bir tabloda kayıt altına alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Web Kazıma, Gıda Fiyatları, Sanal Marketler, Fiyat Değişimi, BeautifulSoup

Automatic Price Data Collection and Analysis from Online Markets

Abstract

Web scraping techniques are a powerful tool used to collect data from the internet. The use of web scraping techniques offers many important advantages in price collection and analysis. Web scraping techniques are much faster and more efficient than manual data collection methods. Large amounts of data can be collected and analyzed in a short time. Web scraping tools help automate the data collection process. In this way, time is saved and the risk of human error is reduced. In this study, a web scraping-based software is presented to observe and analyze the prices and diversity of food products sold in online markets in Turkey. Python language and BeautifulSoup library were used for web scraping. In cloud computing, the prices of the products in the specified URLs were scanned with the software run periodically on a virtual server and the obtained data was recorded in the database. As a result, 63749 data were collected on 360 URLs between the dates January 1, 2023 - December 31, 2023, and by checking the price changes on the data obtained, the prices that rose or fell excessively outside the normal were determined and recorded in a separate table.

Key words: Web Scraping, Food Prices, Online Markets, Price Change, BeautifulSoup

1. Giriş

Günümüzde dijital dönüşüm, tüketici alışkanlıklarını ve piyasa dinamiklerini köklü bir şekilde değiştirmiştir. İnternetin yaygınlaşması ve e-ticaret platformlarının artmasıyla birlikte tüketiciler artık ürün fiyatlarını kolayca karşılaştırabilmekte ve en uygun teklifi bulabilmektedir. Bu durum, rekabetin daha şeffaf ve yoğun hale gelmesine yol açmıştır. Tüketicilerin bu davranışını anlamak ve piyasa trendlerini takip edebilmek adına market ürünlerinin fiyatlarını analiz etmek önemli hale gelmiştir. Bu analizler hem tüketici hem de satıcılar için değerli bilgiler sunarak fiyat stratejileri ve pazarlama taktiklerinin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır.

Web kazıma, web sitelerinden otomatik olarak veri toplamak için kullanılan bir tekniktir. Bu veriler daha sonra analiz, makine öğrenimi veya veri madenciliği gibi işlemler için kullanılabilir. Web kazıma, genellikle bir web sitesinin HTML koduna erişmeyi, ilgili bilgileri çıkarmayı ve ardından onu yapılandırılmış bir formata dönüştürmeyi içerir. Web kazıma, işletmelerin büyük miktarda veriyi hızlı ve kolay bir şekilde toplamasına olanak tanır. Bu, işletmelerin veri odaklı karar verme yeteneğini artırabilir.

İnternetin popülaritesi her gün oluşturulan veri miktarının hızla artmasına neden oldu ve bu da web sitelerinin kazınması ihtiyacını doğurdu. (Lawson 2015) Web kazıma veya web taraması, yazılım kullanarak web sitelerinden verilerin otomatik olarak çıkarılması işlemidir. (Khder 2021) Web kazıma, yapılandırılmamış web verilerini, merkezi bir veritabanında veya elektronik tabloda saklanabilen ve analiz edilebilen yapılandırılmış verilere dönüştürmek için kullanılan bir tekniktir. (Sirisuriya 2015) Web kazıma, verileri yapılandırılmış bir formatta dosyalarda veya veritabanında kullanarak ve saklayarak bir web sitesinden veri çıkarmak için kullanılan bir tekniktir. Web kazıma, verileri aramak ve depolamak için belirli aralıklarla web sitesini ziyaret eden kişilerin manuel işlemini otomatikleştirir. (Pillai ve Amin 2020) Web kazıma, web'den verileri otomatik bir şekilde, bir platforma indirmek, ayrıştırmak ve düzenlemek için bir aracının oluşturulması olarak tanımlanabilir. Bir insan son kullanıcının, bir web tarayıcısında tıklayıp ilginç bölümleri, örneğin bir elektronik tabloya kopyalayıp yapıştırması yerine web kazıma bu görevi, onu bir insanın yapabileceğinden daha fazla çok daha hızlı ve daha doğru ve bir şekilde yürütebilecek bir bilgisayar programına aktarır. (Vanden Broucke ve Baesens 2018)

Yüksel (2023) tarafından yapılan araştırmada e-ticaret platformlarında bulunan müşteri yorumları web kazıma metodu ile incelenmiştir. Özen vd. (2022) 'nin yaptıkları araştırmada, Kapadokya'da faaliyet gösteren ve yöresel lezzetler sunan turistler tarafından büyük ilgi gören, kadın girişimci restoranları hakkında yapılan yorumlar incelenmiştir. Veri seti web kazıma tekniği kullanılarak toplanmıştır. Yılmaz ve Selvi (2023) çalışmalarında web scraping teknikleri kullanılarak toplanan otomobil satış verilerinin makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak analiz edilmesini ve fiyat tahmin modelinin oluşturulmasını amaçlamıştır. Üzümcü ve Eligüzel (2023) çalışmalarında, Gaziantep şehrinde potansiyel bir alıcının mali durumu ve belirli mülk özellikleri göz önüne alındığında, birinin hangi mahallede yaşayabileceğini tahmin etmeyi amaçlamışlardır. Web sitesinden emlak verilerini toplamak için, web kazıma kullanılmıştır. Seliverstov vd. (2020) çalışmalarında, Web'de yayınlanan incelemelere göre Kuzeybatı Federal Bölgesi'ndeki trafik güvenliğini web kazıma ile veri toplayarak analiz etmişlerdir. Plotnikov vd. (2020) çalışmalarında Post Bank ile ilgili bir dizi müşteri geri bildirim verisini banki.ru web sitesinden web kazıma ile elde etmiştir. Syed vd. (2023) çalışmalarında, web sitelerinden havayolları şirketlerine ait müşteri yorumlarını web kazıma ile toplayarak değerlendirmişlerdir. Cavallo ve Rigobon (2016), "Milyar Fiyat Projesi: Ölçüm ve Araştırma için Çevrimiçi Fiyatların Kullanılması" başlıklı çalışmalarında, birden fazla ülke için fiyat endeksi oluşturmak amacıyla çevrimiçi fiyat bilgilerinin toplamak için web kazıma kullanmıştır.

Bu çalışmada, çeşitli marketlerin web sitelerinden ürün fiyatlarını otomatik olarak toplayarak, fiyat değişimlerini ve bölgesel farklılıkları incelemeyi hedeflemekteyiz. Elde edilen veriler, tüketici davranışlarının analiz edilmesi, fiyat dalgalanmalarının belirlenmesi ve pazar trendlerinin öngörülmesi açısından değerli bulgular sunacaktır. Bu sayede hem akademik literatüre katkı

sağlamayı hem de pratik uygulamalarda kullanılabilecek stratejik öneriler geliştirmeyi amaçlamaktayız.

2. Materyal ve Metot

Türkiye’de online satış yapan sanal marketlerden altı adedi araştırma için seçilmiştir. Sitelerin HTML ve CSS kod yapıları incelenmiş ve kazımda kullanılıp kullanılmayacağı analiz edilmiştir. Bu sitelerden gıda ürünlerini ve fiyatlarını kazımak amacıyla Python dili ve BeautifulSoup Kütüphanesi kullanılarak kod yazılmıştır. Yazılan kodlar, 1 Ocak 2023 – 31 Aralık 2023 tarihleri arasında farklı tarihlerde çalıştırılmış, gıda ürün bilgileri ve fiyat verileri bir veri tabanına kaydedilmiştir. Seçilen sanal marketlerin adı ve URL’leri Tablo 1’de listelenmiştir.

Tablo 1. Seçilen Sanal Marketler

Market Adı	URL
A101	www.a101.com.tr
Çağrı Market	www.cagri.com
Carrefoursa	www.carrefoursa.com
Getir	www.getir.com
Mopaş Market	www.mopas.com.tr
Sanal Süper Market	www.sanalsupermarket.com

Seçilen sanal marketlerin ürün sayfalarının URL’leri tespit edilmiş ve yazılıma liste şeklinde eklenmiştir. Resim 1’de bir sanal marketlerin ürün sayfalarının URL’leri görülmektedir.

```
URL_list = [
    ['Meyve-Sebze', 'https://getir.com/buyuk/kategori/meyve-sebze-VN2A9ap5Fm/'],
    ['Temel Gıda', 'https://getir.com/buyuk/kategori/temel-gida-IQH9bir3bX/'],
    ['Et-Tavuk-Balık', 'https://getir.com/buyuk/kategori/et-tavuk-balik-P1593VdPBd/'],
    ['Su-İçecek', 'https://getir.com/buyuk/kategori/su-icecek-ewknEvzsJc/'],
    ['Atıştırmalık', 'https://getir.com/buyuk/kategori/atistirmalik-BaaxwkyV1y/'],
    ['Süt Ürünleri', 'https://getir.com/buyuk/kategori/sut-urunleri-JGtfnNALTJ/'],
    ['Kahvaltılık', 'https://getir.com/buyuk/kategori/kahvalti-iat011yrkf/'],
    ['Yiyecek', 'https://getir.com/buyuk/kategori/yiyecek-0VLJmBhnI3/'],
]
```

Şekil 1. Getir Sanal Market URL Listesi

Yazılım bulut bilişimde bir sanal sunucuda çalıştırılmıştır. Sanal sunucuda Ubuntu 18.04.6 LTS (GNU/Linux 4.15.0-213-generic x86_64) işletim sistemi kullanılmıştır. Çalışan tarama yazılımı ile belirlenen URL’lerdeki ürünlerin fiyatları taranıp veri tabanında güncellenmiş, aşırı yükselen ya da düşen fiyatlar belirlenip ayrı bir tabloya kaydedilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Araştırma kapsamına alınan altı markette tarama yapılmış, ürün sayısı ve kayıt sayısı yönünden tarama sonuçları sırasıyla Tablo 2 ve Tablo 3’de sunulmuştur.

Tablo 2. Sanal Marketlerdeki Ürün Sayıları

Sanal Market	Ürün Sayısı
A101	1647

Çağrı Market	2756
Carrefoursa	5139
Getir	2205
Mopaş Market	2058
Sanal Süper Market	2269

Tablo 3. Tarama tarihleri ve kayıt sayıları

Tarih	Eklene/Güncellenen Kayıt Sayısı
29.12.2022	16510
03.03.2023	8112
02.04.2023	4576
01.05.2023	4254
31.05.2023	5458
30.06.2023	4741
31.07.2023	4614
31.08.2023	4035
30.09.2023	3256
31.10.2023	3007
30.11.2023	2683
31.12.2023	2500

Yapılan taramalar sonucu veri tabanı toplam 63750 kayıda ulaşmıştır. Güncellenen fiyatlar aynı ürünün bir önceki fiyatı ile karşılaştırılmış, artan ve azalan fiyatlar tespit edilmiş, artış ya da azalış oranları kaydedilmiştir. Yapılan taramalarda fiyatları artan ya da azalan ürünlerden örnekler, Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Sanal Marketlerdeki Fiyat Değişimlerinden Örnekler

Tarih	Sanal Market	Ürün	Fiyat Değişimi
03/03/2023	carrefoursa	Polonez Isıl İşlem Görmüş Kangal Sucuk kg	69%
03/03/2023	mopas	Biber Dolma 500 gr	55%
03/03/2023	cagri	Danet Blok Kavurma kg	50%
03/03/2023	sanalsuper	Sinangil Un 2kg.	-14%
03/03/2023	cagri	Çağrım Baldo Pirinç 2.5 kg	-18%
03/03/2023	a101	Beyaz Lahana - Kg	-34%
02/04/2023	cagri	Sarelle Fındık Ezmesi 350 gr	23%
02/04/2023	carrefoursa	Sivri Biber kg	23%
02/04/2023	sanalsuper	Doyum Reçel 500gr. Çilek	14%
02/04/2023	cagri	İçim Dilimli Tost Peyniri 500 gr	-15%
02/04/2023	cagri	Yudum Ayçiçek Yağı 5 lt	-23%
02/04/2023	a101	Patlıcan - Kg	-43%
01/05/2023	mopas	Patates Taze 500 gr	47%
01/05/2023	carrefoursa	Fanta Portakal Aromalı Gazoz Pet 500 Ml	-12%
01/05/2023	carrefoursa	Ayva Kg	-39%
31/05/2023	cagri	Nutella 750 gr	12%
31/05/2023	mopas	Dana Sote 500 gr	-17%
31/05/2023	sanalsuper	Carliston Biber Kg.	-58%
30/06/2023	cagri	Domates Kokteyl kg	53%
30/06/2023	mopas	Beypiliç Poşetli Bütün Piliç 2000 gr	28%

30/06/2023	cagri	Terem Paket Gurme Margarin 200 gr	-7%
30/06/2023	a101	Kabak - Kg	-8%
30/06/2023	carrefoursa	Sarıköz Doğal Maden Suyu 6 X 250 ml	-33%
30/06/2023	a101	Galle Turşu Biber 330 G	-35%
31/07/2023	sanalsuper	Üzüm Çekirdeksiz Kg.	52%
31/07/2023	mopas	Komili Riviera Zeytinyağı 3 L 1 Adet	33%
31/07/2023	cagri	Fasulye Çalı kg	17%
31/07/2023	sanalsuper	Ülker Bebe 172 Gr.	-6%
31/07/2023	cagri	Patates Taze kg	-11%
31/07/2023	mopas	Teksüt Peynir 750 gr 1 Adet	-14%
31/08/2023	cagri	Semiz Otu kg	20%
31/08/2023	sanalsuper	Filiz Sebzeli Burgu Makarna	16%
31/08/2023	cagri	Dardanel Ton Light 2x140 gr	8%
31/08/2023	sanalsuper	Tavuk Kanat Kg.	-9%
31/08/2023	a101	Sarıyer Şekersiz Gazoz 2,5 L	-15%
31/08/2023	a101	Domates - Kg	-41%
30/09/2023	mopas	Fasulye Çalı 500 gr	39%
30/09/2023	mopas	Eti Hoşbeş Muzlu 120 gr 1 Adet	16%
30/09/2023	cagri	Salat Ayçiçek Yağı 2 lt	-16%
30/09/2023	sanalsuper	Limon Kg.	-31%
30/09/2023	mopas	Kıvırcık 1 Adet	-33%
31/10/2023	cagri	Domates Salkım kg	50%
31/10/2023	cagri	Duru Koçbaşı Nohut 1 kg	-9%
31/10/2023	cagri	Muz Yerli kg	-14%
31/10/2023	cagri	Ülker Probis 10'lu 280 gr	-24%
31/10/2023	mopas	Mandalina Naturel 500 gr	-33%
01/11/2023	sanalsuper	Sütaş Tereyağı 750gr.	16%
30/11/2023	mopas	Elma Amasya 500 gr	61%
30/11/2023	cagri	Tamek Haşlanmış Fasulye 800 gr	18%
30/11/2023	sanalsuper	Havuç Kg.	-11%
30/11/2023	mopas	Tadım Yer Fıstığı 180 gr 1 Adet	-25%
30/11/2023	cagri	Knorr Karabiber 60 gr	-43%
31/12/2023	a101	Karnabahar - Kg	47%
31/12/2023	sanalsuper	Sinangil İrmik 500gr.	27%
31/12/2023	cagri	Marmarabirlik Gurme Zeytin 400 gr (261-290)	18%
31/12/2023	cagri	Dimes Karışık Meyve Suyu 1 lt	-11%
31/12/2023	sanalsuper	Brokoli Kg.	-31%
31/12/2023	cagri	Burcu Bezelye 570 gr	-50%

Farklı marketler belirli zamanlarda tüm ürünlere ya da belli ürün guruplarına indirimler uygulamaktadır. Bu indirimler günlük, haftalık, hatta saatlik olabilmektedir. Taranan verilerde bu kampanyalardan kaynaklanan ani fiyat değişimleri gözlemlenmiştir.

4. Sonuçlar

Çalışmamızda, Türkiye'deki 6 sanal marketten gıda fiyatları Python ve BeautifulSoup kütüphanesi kullanılarak web kazıma teknikleri ile toplanmıştır. Her site için özel Python kodu yazılmış ve bulut sanal sunucuda çalıştırılmış, elde edilen veriler SQLite veri tabanına kaydedilmiştir. Web kazıma, internette açık olarak bulunan verileri toplamak için çok etkili, hızlı ve ekonomik bir

yöntemdir. Binlerce ürün ve fiyatın bulunduğu pazarda, bu bilgileri manuel metodlarla toplamak tercih edilmemelidir. Otomatik veri toplama hem daha hızlı, hem de hatalara karşı daha güvenlidir.

Kaynaklar

- Cavallo, A., & Rigobon, R. (2016). The billion prices project: Using online prices for measurement and research. *Journal of Economic Perspectives*, 30(2), 151-178.
- Khder, M. A. (2021). Web Scraping or Web Crawling: State of Art, Techniques, Approaches and Application. *International Journal of Advances in Soft Computing & Its Applications*, 13(3).
- Lawson, R. (2015). *Web Scraping with Python*. Packt Publishing Ltd.
- Özen, İ. A., Karadeniz, G., & Zaro, E. (2022). Kadın girişimci restoranlar ve turist tercihlerinin belirlenmesi: Kapadokya örneği.
- Pillai, P., & Amin, D. (2020). Understanding the requirements of the Indian IT industry using web scrapping. *Procedia Computer Science*, 172, 308-313.
- Plotnikov, A., Shcheludyakov, A., Cherdantsev, V., Bochkarev, A., & Zagoruiko, I. (2020). Data on post bank customer reviews from web. *Data in Brief*, 32, 106152.
- Seliverstov, Y., Seliverstov, S., Malygin, I., & Korolev, O. (2020). Traffic safety evaluation in Northwestern Federal District using sentiment analysis of Internet users' reviews. *Transportation research procedia*, 50, 626-635.
- Sirisuriya, D. S. (2015). A comparative study on web scraping. *Proceedings of 8th International Research Conference, KDU*
- Syed, A. A., Gaol, F. L., Boediman, A., Matsuo, T., & Budiharto, W. (2023). A data package for abstractive opinion summarization, title generation, and rating-based sentiment prediction for airline reviews. *Data in Brief*, 50, 109535.
- Üzümcü A, Eligüzel N (2023). Predictive Analysis Using Web Scraping for the Real Estate Market in Gaziantep. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(1), 17 - 24. 10.17798/bitlisfen.1155725
- Vanden Broucke, S., & Baesens, B. (2018). *Practical Web scraping for data science* (pp. 3-5). New York, NY: Apress.
- Yılmaz, S., & Selvi, İ. H. (2023). Price Prediction Using Web Scraping and Machine Learning Algorithms in the Used Car Market. *Sakarya University Journal of Computer and Information Sciences*, 6(2), 140-148.
- Yüksel, D. (2023). Çevrimiçi Müşteri Yorumları Üzerine Bir İçerik Analizi: E-Ticaret Müşteri Şikâyetleri. *Third Sector Social Economic Review*, 58(3), 2573-2587.



FDM Tabanlı Biyolojik Yazıcı Üretimi

Emre Hot ^{1,*} ve Sadık Kağa ¹,

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar

* Sorumlu yazar: emre_hot@live.com

Özet

3B biyolojik yazıcılar son yıllarda doku mühendisliği alanında yenilikçi yaklaşımlar sunmaktadır. 3B biyolojik yazıcı teknolojisi ile çeşitli biyomalzemeler kullanarak üç boyutlu yapılar oluşturulmakta ve böylece biyomedikal, tıp ve ilgili diğer alanlarda çeşitli çözümler üretilmektedir. Bu yazıcıların en önemli özelliği, içerisinde hücre büyümesi ve göçüne olanak tanıyan katmanlı ve gözenekli biyomalzemelerin üretebilmesine olanak tanınmasıdır. Bu malzemeler başta doku mühendisliği olmak üzere yeni ilaç geliştirme ve kişiselleştirilmiş tıp gibi alanlarda ilgi odağıdır. Bu projede, FDM (Fused Filament Fabrication) 3B yazıcı donanımına uygun mekanik bileşenlerin entegrasyonu ile 3B biyolojik yazıcı üretimi için alternatif bir yaklaşım sunulmaktadır. Bilgisayar destekli tasarım yazılımları kullanarak mekanik bileşenler 3B yazıcı ile üretilmiştir. Cihazın şasesi güncel olarak kullanılan bir yazıcının şasesi olması sebebiyle kullanıcı dostu bir arayüz ile kontrol sağlanmaktadır. Bu sayede kolay kullanım imkânı sunar. Cihaz tasarımı iki adet farklı biyomalzeme kullanımına olanak tanıyan çift enjektör sistemi kullanılmıştır. Bu enjektörlerde bulunan biyomalzeme içerikleri vidalı mil yardımı ile ekstrüzyon motorundan gelen hareket sayesinde nozula sürülmektedir. Farklı enjektörlerden gelen biyomalzeme içerikleri karıştırma nozulunda birleşerek küreleşmeleri sağlanmaktadır. Cihazın üretiminde çoğunlukla Polilaktik Asit (PLA) malzemesi kullanılması ve ürünün standart bir 3B yazıcıya uyumlu olması, sürdürülebilirlik ve maliyet açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Proje kapsamında üretilen 3B biyolojik yazıcının çeşitli performans testleri gerçekleştirilmiştir. Testler sonucunda cihazın uygun hassasiyet ve doğrulukta çalıştığı belirlenmiştir. Geliştirilen bu cihazın, gelecekteki araştırmalara ve uygulamalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu biyolojik yazıcı, biyomalzemelerin yanı sıra, yenilikçi üretim teknikleri kullanarak oluşturulmuş ve biyomedikal mühendisliğe önemli katkılar sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

Anahtar kelimeler: 3B biyolojik yazıcı, doku mühendisliği, biyomalzeme, eklemeli imalat

FDM-Based Bioprinter Production

Abstract

In recent years, 3D bioprinters have offered innovative approaches in the field of tissue engineering. Using 3D bioprinting technology, various biomaterials are used to create three-dimensional structures, thus providing solutions in biomedical, medical, and related fields. The most important feature of these printers is their ability to produce layered and porous biomaterials that allow cell growth and migration. These materials are of great interest in areas such as tissue engineering, new drug development, and personalized medicine. This project presents an alternative approach to producing a 3D bioprinter by integrating mechanical components suitable for FDM (Fused Filament Fabrication) 3D printer hardware. Using computer-aided design software, the mechanical components were produced with a 3D printer. Since the chassis of the device is from a currently used printer, control is provided through a user-friendly interface, allowing for ease of use. The device design includes a dual-injector system that enables the use of two different biomaterials. The biomaterial

contents in these injectors are driven to the nozzle with the help of a lead screw mechanism powered by an extrusion motor. The biomaterial contents from different injectors merge in the mixing nozzle and are cured. Using Polylactic Acid (PLA) for most of the device's production and ensuring compatibility with a standard 3D printer offers significant advantages in terms of sustainability and cost. Various performance tests have been conducted on the 3D bioprinter produced within the scope of the project. The tests determined that the device operates with appropriate precision and accuracy. It is believed that this developed device will contribute to future research and applications. This bioprinter, designed with innovative manufacturing techniques in addition to biomaterials, is poised to make significant contributions to biomedical engineering.

Key words: 3D bioprinter, tissue engineering, biomaterial, additive manufacturing

1. Giriş

3B biyolojik yazıcılar, son yıllarda biyoteknolojinin sınırlarını genişleten ve gelecekte sağlık sektöründe devrim niteliğinde bir etki yaratabilecek heyecan verici bir teknoloji olmuştur. Bu teknoloji, insan vücudu için özelleştirilmiş hücre ve doku üretimini mümkün kılarak, canlıların hayati organlarını yeniden üretebilme potansiyelini taşımaktadır. Şu an sadece Türkiye Cumhuriyeti Devletinde 26.894 kişi organ bağıışı beklemektedir. Geleneksel organ nakillerinin bu denli sınırlı bağıışçı kaynaklarına dayalı olması ve bağıışçı uyumsuzluğu sorunlarını beraberinde getirmesi, biyolojik yazıcılar sayesinde aşılabilecek engellerden sadece birkaçıdır. Bu öncü teknoloji, hem tıp dünyasında yaşam kurtarıcı bir etkiye sahip olma potansiyeli taşıırken hem de araştırmacılara biyolojik sistemlerin karmaşıklığını daha iyi anlama fırsatı sunarak temel bilimlerde çığır açabilir. Bizim amacımız ise bu teknolojiyi bir miktarda olsa toplumun erişimine daha kolay hale getirmek ve bunun için piyasada var olan 3B yazıcıları 3B biyolojik yazıcıya çevirmek adına bazı güncellemeler yapmaktır.

2. Materyal ve Metot

Bu bölümde, FDM tabanlı biyolojik yazıcının üretimi kullanılan materyaller ve izlenen metodolojiler açıklanmaktadır.

2.1. Materyal

2.1.1. PLA Filament

Yazıcının şasisinin ve mekanik bileşenlerinin üretimi amacı ile kullanılmıştır. Kullan filament ise Porima filamenttir.

2.1.2. Şırınga

Biyomürekkep uygulaması için 10 ml kapasiteli 2 adet şırınga kullanılmıştır.

2.1.3. Vidalı Mil

Ekstrüzyon motorundan şırıngaya hareket iletimi için kullanılmıştır.

2.1.4. Ekstrüzyon Motoru

Biyomürekkep ekstrüzyonu için gerekli hareketi sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Creality Ender 3 V2'nin Ekstrüzyon Motoru kullanılmıştır.

2.1.5.Creality Ender 3 V3 S1 Yazıcı

Parçaların üretimi için kullanılmıştır.

2.1.6.Creality Ender 3 V2 Yazıcı

Üretilen parçaların ve ürünün üstüne uygulandığı 3B yazıcıdır.

Tablo 1.Porima filament teknik özellikleri (Porima 3D, 2024)

Marka Model	Porima PLA
Filament Çapı	1.75mm
Ekstrüder Sıcaklığı	200-230 °C
Tabla Sıcaklığı	60-75 °C



Şekil 1. Creality ender 3 V2 (Creality, 2024)

Tablo 1.Creality ender 3 V2 teknik özellikleri (Robotistan, 2024)

Baskı Teknolojisi	FDM	XY Eksen Hassasiyeti	±0.1 mm
Baskı Hacmi	220*220*250 mm	Bağlantı Türü	SD kart,USB
Baskı Hızı	≤180 mm/s	Dosya Formatı	STL,OBJ,AMF
Tabla Sıcaklığı	≤110 °C	Güç Kaynağı AC Giriş	100-120V/200-240V
Cihaz Boyutu	475*470*620 mm	Güç Kaynağı DC Giriş	24V 270W

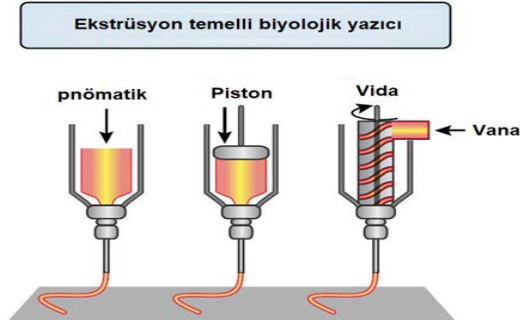
2.2. Metod

2.2.1.İdeal Biyolojik Yazıcı Türünün Seçimi

Proje için yapılması uygun olarak görülen yazıcı modelini Piston yardımcı ekstrüzyon temelli yazıcı olması düşünülmüştür. Bu tercihin başlıca sebepleri;

- Maliyet
- Çoklu malzeme kullanımı

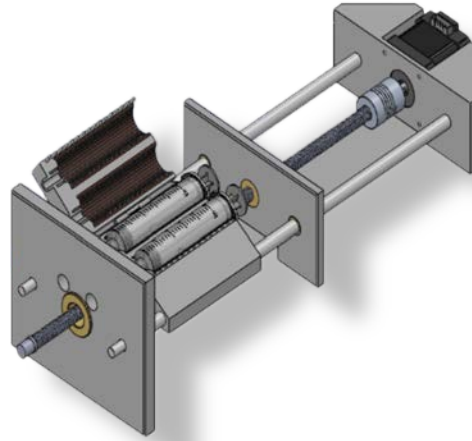
- Yüksek Hız
- Hücre Canlılığı
- Özelleştirilebilirlik



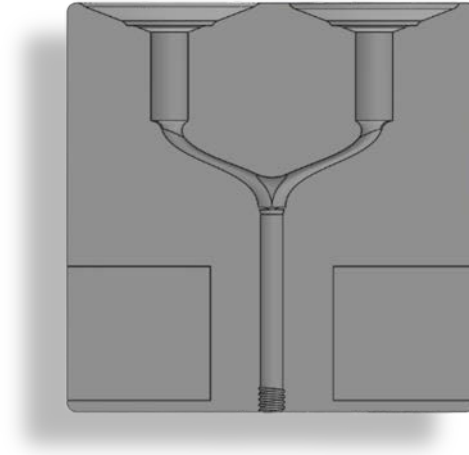
Şekil 2. Ekstrüzyon Temelli Yazıcılar (Madeline Burke)

2.2.2. Tasarım

2 adet 10ml şırınga uygun bir şırınga tutucu ürünü Solidworks yardımı ile tasarlamayı ve yine Solidworks yardımı ile tasarladığımız ekstrüzyon başlığını plastik borular yardımı ile şırıngalara bağladıktan sonra sonsuz mil kullanarak istenilen biyolojik materyallerin nozula iletilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 3. Ekstrüzyon sistemi ile şırınga tutucuların tasarımı



Şekil 4. Ekstrüzyon kafasının tasarımının kesiti

Üretilmesi planlanan Şırınga Tutucu Ekstrüder motorunu sabit tutması için bir aparat ve ekstrüder kafası Creality Slicer 4.8.2 dilimleyici yazılım kullanılarak Gcode dönüştürülmesi planlanmıştır. Ekstrüder motorunun hareketini şırıngalara aktarmak için ise vidalı mil kullanılması düşünülmüştür. Bu sayede istenilen malzeme şırınga pistonları ile itilerek nozuldan dışarı atılacaktır.

2.2.3. Dilimleyici Parametrelerinin Belirlenmesi

Dilimleyici parametrelerini aşağıda belirtilen durumlara göre ayarlanacak lakin projede kullanılan biyomürekkep'e göre bu parametreler değişkenlik gösterebilir. Bunlar;

- **Akış:** Viskozite hücre yoğunluğu ve nozula ucunun çapına göre değişkenlik gösterebilir
- **Hız:** Baskı malzemesi, model karmaşıklığı, yazıcı performansı ve katman kalınlığı gibi çeşitli özelliklere göre değişkenlik gösterebilir
- **Katman yüksekliği:** Kullanıcı ihtiyaçlarına, baskı malzemesine ve uygulamaya göre değişebilir
- **İlk katman Genişliği:** Baskı Tablası Ayarı Tablanın Yapışkanlık Kaplaması 3D Yazıcı Modeli ve Üretici Önerileri
- **Yazdırma sıcaklığı:** KAPALI
- **Yazdırma soğutmayı etkinleştir:** KAPALI
- **Geri çekmeyi etkinleştir:** KAPALI

2.2.4. Testler

Plastik borularda ve tasarlanan ekstrüder kafasına sızıntı olup olmadığını kontrol etmek için sızdırmazlık testine tabi tutulmuş daha sonra petri kabına çarpmaması için z mesafesi ayarlanmıştır.

Sızdırmazlık testi için ise Ekstrüzyon Hızı ve Nozulun bağlantı noktalarında oluşabilecek basıncı hesaplamak için ise Newton'un viskozite yasasından yararlanıldı;

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad (1)$$

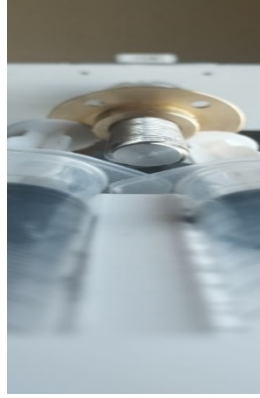
3. Bulgular

Tasarlan bütün parçalar creality ender 3 v3 3B yazıcı yardımı ile imal edilip. Creality ender 3 v2 yazıcının üst profiline yerleştirilmiştir. Creality ender 3 V2 yazıcının ekstrüzyon motoru sökölüp yeni yazıcının ekstrüzyon motoru olarak kullanılmıştır. Yeni ekstrüzyon motoruna vidalı mil bağlantısı

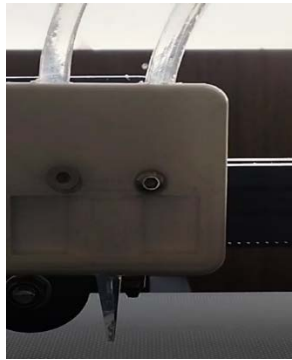
uygun bir kaplin ile sağlandıktan sonra ise plastik borular yardımı ile şırıngalar ekstrüzyon kafasına bağlanmıştır.



Şekil 5. Cihazın Genel Bir fotoğrafı



Şekil 6. Ekstrüzyon sisteminin genel bir fotoğrafı



Şekil 7. Ekstrüzyon kafasının genel bir fotoğrafı

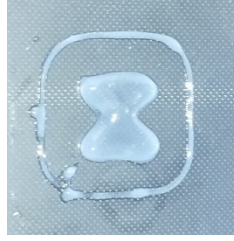
4. Sonuçlar

Bu projede, FDM tabanlı 3B biyolojik yazıcı üretimi amacıyla kullanılan mekanik bileşenlerin entegrasyonu gerçekleştirilmiştir. Bilgisayar destekli tasarım yazılımları kullanılarak üretilen

bileşenler, mevcut bir 3B yazıcının şasesine monte edilerek yeni bir biyolojik yazıcı oluşturulmuştur. Çift enjektör sistemi ve vidalı mil mekanizması ile ekstrüzyonu sistemi sağlanmıştır. Testler sonucunda, cihazın istenilen hassasiyet ve doğrulukta çalıştığı belirlenmiştir. Cihazın yeterli optimizasyonu sağlandıktan sonra Solidworks'ten tasarlanan bir test numunesi pazarda yaygın olarak kullanılan bir hidrojel ile baskıya verildi ve başarılı bir sonuç alındı.



Şekil 8. Cihazın Çalışması



Şekil 9. Test Numunesi

Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde değerli katkılarından dolayı danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Sadık KAĞA'ya teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümü'ne sağladıkları destek ve olanaklar için minnettarlığımı belirtmek isterim.

Kaynaklar

Davoodi, E., Sarikhani, E., Montazerian, H., Ahadian, S., Costantini, M., Swieszkowski, W., ... & Ashammakhi, N. (2020). Extrusion and microfluidic-based bioprinting to fabricate biomimetic tissues and organs. *Advanced materials technologies*, 5(8), 1901044.

Madeline Burke, Benjamin M Carter, Adam W Perriman, Bioprinting: uncovering the utility layer-by-layer

Schuurman, W., Levett, P. A., Pot, M. W., van Weeren, P. R., Dhert, W. J., Hutmacher, D. W., ... & Malda, J. (2013). Gelatin-methacrylamide hydrogels as potential biomaterials for fabrication of tissue-engineered cartilage constructs. *Macromolecular bioscience*, 13(5), 551-561.

<http://www.burdur.gov.tr/basin-bulteni-202311-burdur-organ-bagisinda-turkiye-2si-oldu> [12.06.2024]

https://www.creality.com/products/ender-3-v2-3d-printer-csco?cfb=8d287e06-230c-4900-9a5a-f8471cda4fcb&ifb=8d287e06-230c-4900-9a5a-f8471cda4fcb&scm=search.v39.101.575.103.104&score=1&ssp=&spm=..search.search_1.1 [11.06.2024]

<https://www.porima3d.com/porima-pla-filament-175mm-1kg> [11.06.2024]

<https://www.robotistan.com/creality-gelistirilmis-ender-3-v2-3d-yazici> [12.06.2024]



Doğaltaş Maden Ocaklarında Çalışan Ekskavatör Operatörlerinin Titreşim Maruziyeti

Zişan Memiş¹ ve Ali Ekrem Arıtan^{1,*}

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar

* Sorumlu yazar: aritan@aku.edu.tr

Özet

Madencilik dünya üzerinde bilenen en eski en tehlikeli çalışma alanlarından ilk üçünün (inşaat, metal, maden) arasında yer almaktadır. Madenlerde çalışanlar birçok risk etmenlerine maruz kalmaktadırlar. Madencilik çalışmaları genel olarak; yeraltı, cevher hazırlama/zenginleştirme ve açık işletme olarak üçe ayrılmaktadır. Açık ocak faaliyetlerinde titreşim, toz, gürültü, termal konfor gibi fiziksel risk etmenleri mevcuttur. Doğaltaş madenciliği yaygın olarak açık işletme yöntemiyle uygulanmaktadır. Açık ocak yöntemiyle işletilen doğaltaş ocaklarında çalışanların en çok maruz kaldığı fiziksel risk etmenlerinden birçoğuna maruz kalmaktadır (toz, gürültü, titreşim, termal konfor). Bu çalışmada açık ocak doğaltaş işletmelerinde fiziksel risklerden titreşim maruziyeti konu incelenmiştir. Titreşim 2013 yılında Resmî Gazetede yayınlanan titreşim yönetmeliğine göre el-kol ve tüm vücut titreşimi olarak ayrılmıştır. Doğaltaş ocaklarında titreşim oluşturan iş makinalarının bazıları operatörlerin tüm vücudunu etkilerken bazı makinalar sadece el- kol titreşimi oluşturmaktadır. Ekskavatör operatörleri ise her iki titreşim türüne de maruz kalmaktadır. Operatörlerin maruz kaldıkları titreşim sonucunda meslek hastalığına yakalanma ihtimalleri oldukça yükselmektedir. Bildiride; Afyonkarahisar İl sınırları içerisinde bulunan bir doğaltaş açık ocağındaki dört farklı ekskavatörde çalışan operatörlerden el-kol ve tüm vücut titreşim ölçümleri alınmıştır. Ekskavatör operatörlerinin maruz kaldıkları titreşim ölçüm sonuçlarıyla titreşim maruziyetinin riskli olup olmadığı yönetmelikler doğrultusunda incelenmiştir. İncelemeler sonucunda titreşim maruziyetinin operatör üzerindeki sağlık riskini engellemek ve maruziyeti azaltmak için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar kelimeler: doğaltaş ocağı, ekskavatör, titreşim maruziyeti

Vibration Exposure of Excavator Operators Working in Natural Stone Quarries

Abstract

Mining is among the top three (construction, metal, mining) of the oldest and most dangerous working areas known in the world. Workers in mines are exposed to many risk factors. Mining operations are generally divided into three as underground, ore preparation/enrichment and open pit. There are physical risk factors such as vibration, dust, noise, thermal comfort in open pit activities. Natural stone mining is widely applied by open pit method. In open pit natural stone quarries, employees are exposed to many of the most common physical risk factors (dust, noise, vibration, thermal comfort). In this study, vibration exposure among physical risks in open pit natural stone quarries was examined. Vibration is divided into hand-arm and whole-body vibration according to the vibration regulation published in the Official Gazette in 2013. Some of the work machines that create vibration in natural stone quarries affect the whole body of the operators, while some machines only create hand-arm vibration. Excavator operators are exposed to both types of vibration. As a

result of the vibration to which the operators are exposed, the possibility of developing occupational diseases increases considerably. In this paper; hand-arm and whole-body vibration measurements were taken from operators working in four different excavators in a natural stone open pit quarry located in Afyonkarahisar Province. The results of the vibration measurements of the excavator operators were analyzed to determine whether vibration exposure is risky or not in accordance with the regulations. As a result of the investigations, recommendations were made to prevent the health risk of vibration exposure on the operator and to reduce exposure.

Key words: natural stone quarry, excavator, vibration exposure

1. Giriş

Madencilik sektörü kendine has riskleri ile çok tehlikeli iş kolları arasında bulunmaktadır. Dünya tarihine baktığımızda çağlara da ismini veren bir meslek dalı olarak karşımıza çıkmaktadır. Madencilik binlerce yıldır insan ihtiyacını karşılamak için yapılan en önemli faaliyetler arasında bulunmaktadır. Tabii insan sayısının, ihtiyaçların artmasıyla birlikte, arz-talep dengesini sağlayabilmek için madencilik faaliyetleri de her geçen gün artmaktadır. Bu artışla birlikte madenlerde çalışan insan sayıları artmaktadır. Üretimin bu denli hızlandığı bir iş kolunda makineleşme de kaçınılmaz olmuştur. İşte bu hem insan sayısının hem de makineleşmenin artışı ile birlikte iş sağlığı ve güvenliği açısından problem de artmıştır (Memiş, 2024).

Ayrıca bakıldığında madencilik sektörü birçok ülke için hayati önem taşıyan bir iş koludur (Groves vd., 2007). Bu kadar önemli olan ve vazgeçilemez bir iş kolunda istihdam da taktir edilir ki oldukça yüksektir. İstihdamın yüksek olması yani çalışan insan sayısının fazla olması iş sağlığı güvenliği açısından alınacak önlemlerinde önemini artırmaktadır.

Aslında bakıldığında makineleşmenin insanlara faydalı olduğu görülmektedir. Fakat kontrolsüz/yanlış/güvensiz makine kullanımı ile birlikte insan sağlığına zarar verecek olaylar ortaya çıkmaya başlamıştır.

İş sağlığı ve güvenliği (İSG) açısından olaya bakıldığında makineleşmenin özellikle fiziksel risk etmenlerini doğurduğu açıkça görülmektedir. Bunların başlıcalarını sayarsak; gürültü, toz, titreşim, termal konfor karşımıza çıkmaktadır. Tabii makineleşmeyle birlikte ergonomik problemlerde ortaya çıkmıştır.

Ülkemiz madenciliğinde, maden ihracatının önemli bir kısmı doğaltaş madenciliğinden sağlanmaktadır. Her geçen yıl artan insan nüfusu ile birlikte tüm madenlerde olduğu gibi doğaltaş madenciliğinde de üretim artışları kaçınılmaz olmuştur. Bu artışla birlikte hem çalışan insan hem de makine sayısı gittikçe artmaktadır. Artışın arz açısından sağladığı avantajlar açıkça görülmele birlikte iş kazaları, meslek hastalıkları problemlerinde de maalesef artışlar yaşanmaya devam etmektedir.

Madencilikte titreşimin oluşumuna bakarsak; madencilikte titreşim, yeraltı veya açık işletme madencilik faaliyetleri sırasında ortaya çıkan mekanik titreşimlerdir. Bu titreşimler, patlatma işlemleri, üretim, nakliyat ve delme işlemleri gibi madencilik faaliyetleri sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Madencilikte titreşim probleminin çözümü ise; bu faaliyetlerin neden olduğu titreşimlerin etkileri, ölçüm yöntemleri ve kontrol önlemlerini kapsar.

Doğaltaş madenciliğinde titreşim probleminin önemi, işçi sağlığı üzerindeki etkileri, çevresel etkileri ve madencilik faaliyetlerinin etkinliği üzerindeki etkileri açısından oldukça büyüktür. Bu nedenle, titreşimin madencilikte önemi üzerine yapılan çalışmalar, madencilik faaliyetlerinin sürdürülebilirliği ve verimliliği açısından kritik öneme sahiptir. Doğaltaş madenciliğinde operatörlerin maruz kaldıkları titreşim probleminin önemi bu çalışmanın odak noktasını oluşturmaktadır.

Titreşimin tanımına bakıldığında; bir cismin üzerine etki eden kuvvet, sürekli olarak cismi denge durumunda hareket ettirmeye yönelik etki gösterirse, bu pozisyon etrafında tekrarlı ileri geri hareket meydana getirir. Bu harekete basit harmonik hareket ya da titreşim hareketi denir (Sağlam, 2011; Serway & Beichner, 2000; Çalış, 2022).

Titreşim, başta madencilik olmak üzere çeşitli sektörleri de etkileyen en önemli mesleki tehlikelerden biridir. Uzun süreli titreşim maruziyeti, çeşitli semptomlar ve hastalıklara yol açan bir risk faktörüdür (Duarte vd., 2020). Maden aracı operatörleri, kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları da dahil olmak üzere çeşitli sağlık problemlerinin yüksek yaygınlığından mağdurlardır (Kia vd., 2020).

Titreşimin etkileri, "Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik'te" iki şekilde incelenmiştir. Bunlar el-kol ve tüm vücut titreşimi olarak adlandırılmıştır. Ve her ikisi içinde farklı maruziyet sınır ve eylem değerleri verilmiştir (Yönetmelik, 2013).

Maden makineleri kullanan operatörler titreşime maruz kalmaktadırlar (Park vd., 2021). Doğaltaş madenciliğinde de çeşitli maden makineleri kullanılmaktadır (Ekskavatör, loader, kamyon vb.). Makine kullanımından doğan bu etkiler operatörler için zamanla büyük sağlık problemlerine dönüşebilmektedir.

Çalışmada; lokasyon olarak Afyonkarahisar İl sınırları içerisinde bulunan bir doğaltaş ocağındaki dört farklı ekskavatör kullanan operatörlerden el-kol ve tüm vücut titreşim ölçümleri alınmıştır. Elde edilen bu değerler ışığında, ekskavatör operatörlerinin titreşim maruziyetlerinin riskli olup olmadığı yönetmelikler doğrultusunda incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda titreşim maruziyetinin ekskavatör operatörleri üzerindeki maruziyeti azaltmak ve sağlık riskini engellemek için önerilerde bulunulmuştur.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Çalışma, Afyonkarahisar İl sınırları içerisinde bulunan doğaltaş ocağında yapılmıştır. Afyonkarahisar İl sınırları içerisinde bulunan doğaltaş ocağındaki dört farklı ekskavatörde çalışan operatörlerden el-kol ve tüm vücut titreşim ölçümleri alınmıştır. Çalışma yapılan saha ile ilgili harita Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Ölçüm alınan ocağı gösteren harita (Coğrafyahaarita, 2024)

2.2. Metot

Ölçümlere başlamadan ocakta ölçüm alınacak ekskavatörlerin çalışma süreleri ve bakım periyodları ile ilgili bilgi edinmek amaçlı ön inceleme yapılmıştır. Ölçümleri yanıtacak, titreşime maruz kalma değerini yüksek oranda etkilemesi muhtemel olan işler belirlenmiştir.

Titreşim ölçümleri alınırken; ekskavatörün ısınması için yeterli zaman (en az 10 dakika), çalıştıktan sonra ölçümler alınmıştır (TS EN 1032+A1, 2011). Tüm vücut titreşim ölçümlerinde; TS ISO 2631-1 (2013) standardında belirtildiği üzere ölçüm alınacak süre 7 dakikadan az olmayacak şekilde -x, -y ve -z eksenleri ile ölçüm alınmıştır. Titreşim genliğini belirlemek için m/s^2 biriminden frekans ağırlıklı ivmenin RMS (Root Mean Square) değerinden ölçümler alınmıştır. Alınan ölçümler (günlük titreşime maruziyet ölçümleri) 8 saatlik frekans ağırlıklı toplam titreşim değeri olan A(8) ile ifade edilmiştir (Arıtan ve Tümer, 2019; Arıtan, 2020, Memiş, 2024). Tüm vücut titreşim ölçümleri ISO 2631-1 standardına göre, CESVA VC431- titreşim ölçüm cihazı ile tüm vücut ölçümleri için AC033 üç eksenli ivmeölçer ile yapılmıştır (Şekil 2). Standart dikkate alındığında koltuk üzerinde, maruziyet oluşturan titreşimi ölçmek için kullanılan prob, koltukta oturan operatörün altına, -x eksenine çalışana doğru olacak şekilde yerleştirilerek ölçümler alınmıştır.

El-kol titreşim ölçümleri; TS EN ISO 5349-1 "Mekanik Titreşim – Kişilerin Maruz Kaldığı Elle İletilen Titreşimin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi-Bölüm 1: Genel Kurallar" ile TS EN ISO 5349-2 "Mekanik Titreşim – Kişilerin Maruz Kaldığı, Elden Vücuda İletilen Titreşimin Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi – Bölüm 2: İşyerlerinde Ölçme Yapmak için Pratik Kılavuz" standartlarına uygun RMS değerinden ölçümler alınmıştır. El-kol Titreşim ölçümü için Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO) standart ölçüm birimi olarak RMS'yi önermiştir. Buna göre titreşim ölçümleri TS EN ISO 5349-1 standardı esas alınarak RMS (m/s^2) olarak hesaplanmıştır. El-kol titreşim maruziyet ölçümü için aynı cihaz kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Vibrasyon ölçüm cihazı

3. Bulgular ve Tartışma

Doğaltaş ocağında çalışan ekskavatör operatörlerinden alınan tüm vücut titreşim maruziyet ölçümleri aşağıda verilmiştir (Tablo 1). Operatörler sırası ile E1, E2, E3, E4 olarak kodlanılmışlardır.

Tablo 1. Ekskavatör operatörlerinin tüm vücut titreşim maruziyet değerleri

	E1	E2	E3	E4
x	0,14941	0,55033	0,59248	0,93761
y	0,10938	0,47277	0,34041	0,64124
z	0,04806	1,22753	0,68966	1,18814
A(8)	0,14941	1,22753	0,68966	1,18814

Aynı doğaltaş ocağında ekskavatör operatörlerinden alınan el-kol titreşim maruziyet değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Ekskavatör operatörlerinin el-kol titreşim maruziyet değerleri

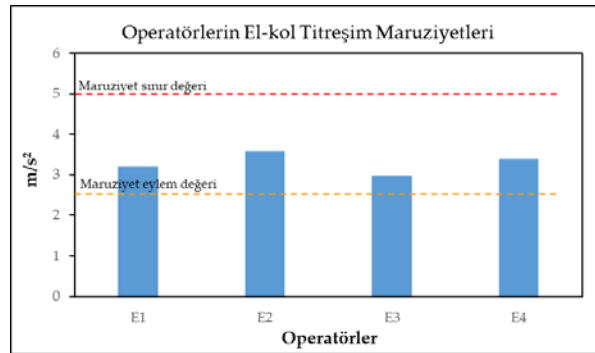
	E1	E2	E3	E4
x	3,2089	3,5897	2,9763	3,3873
y	3,1598	3,2898	2,7992	3,3069
z	3,0498	3,1587	2,0567	3,1143
A(8)	3,2089	3,5897	2,9763	3,3873

Titreşim olgusu İSG açısından düşünüldüğünde makineye etkisi değil insan üzerinde oluşturduğu maruziyet ön plana çıkmaktadır. Tabii bu denli sağlık açısından zarar verme ihtimali olan bir riskin önlenmesi için ise ülkemizde Devlet gerekli önlemi almış ve Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik’i yürürlüğe sokmuştur. Yönetmelikte titreşimin insan üzerindeki etkisi iki şekilde incelenmiştir. Bunlar el-kol ve tüm vücut titreşimi olarak adlandırılmıştır. Her iki maruziyet için ise farklı maruziyet sınır ve eylem değerleri verilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Titreşim maruziyet eylem/sınır değerleri

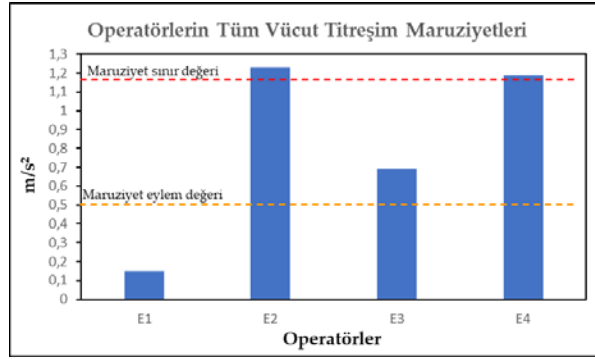
Titreşim tipi	Maruziyet eylem değeri	Maruziyet sınır değeri
Tüm vücut A(8)	0,5 m/s ²	1,15 m/s ²
El-kol A(8)	2,5 m/s ²	5 m/s ²

Tabloda verilen değerler göz önüne alındığında; ekskavatör operatörlerinden alınan titreşim sonuçları Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmeliğine göre incelendiğinde, tüm ocaklardaki ekskavatör operatörlerinin el-kol titreşimlerinin maruziyet eylem değeri üzerinde olduğu görülmektedir (Şekil 3). Bu durum tüm operatörlerin mesleki titreşim maruziyet sonucu hastalıklara yakalanma olasılığının fazla olduğunu göstermektedir.



Şekil 3. Ekskavatör operatörlerinin el-kol titreşim maruziyetleri

Yine aynı yönetmeliğe göre tüm vücut titreşim maruziyetlerinin, 4 operatörden sadece E1’in eylem değeri altında kaldığı görülmektedir. E2 ve E3 kodlu operatörlerin ise maruziyet sınır değerinin üzerinde titreşimle karşı karşıya kaldıkları açıkça görülmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Ekskavatör operatörlerinin tüm vücut titreşim maruziyetleri

4. Sonuçlar

Afyonkarahisar İl sınırları içerisinde bulunan bir doğaltaş ocağında çalışan 4 ekskavatör operatörünün maruz kaldığı el-kol ve tüm vücut titreşimleri incelenmiştir. Alınan ölçümler sonucunda 2 operatörün yönetmelikte verilen sınır değerinin ($1,15 \text{ m/s}^2$) üzerinde tüm vücut titreşimine maruz kaldıkları görülmüştür. 2 operatör için yönetmelikte maruziyet sınır değerinin tanımlandığı gibi “Çalışanların bu değer üzerinde bir titreşime kesinlikle maruz kalmaması gereken değer” şeklinde tanımlanmasından ötürü acil tedbirler alınıp değerlerin $1,15 \text{ m/s}^2$ altında bir düzeye indirilmesi gerekmektedir. 1 operatörün eylem değerinin üzerinde diğer operatörün ise değerinin altında titreşime maruz kaldıkları görülmüştür. Eylem değerinin üzerinde titreşime maruz kalan operatör için ise, maruziyetin hem sınır değerlere ulaşmaması hem de ölçülen değer ($0,68966 \text{ m/s}^2$) eylem değerinin altına düşürülmesi için çalışmalar yapılmalıdır (koltuk amortisörlerinin bakım/tamir ya da değiştirilmesi, makine konumunun ayarlanması vb.).

Aynı ocakta, aynı operatörler üzerinde alınan el-kol titreşim ölçümlerinde 4 operatöründe eylem değerinin ($2,5 \text{ m/s}^2$) üzerinde titreşime maruz kaldıkları görülmektedir. Bu da önlem alınmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Çünkü maruziyet eylem değeri yönetmelikte “Aşıldığı durumda, çalışanın titreşime maruziyetinden kaynaklanabilecek risklerin kontrol altına alınmasını gerektiren değer” olarak tanımlanmaktadır.

El-kol titreşim sendromu riskinin azaltılması veya önlenmesi, madencilik, inşaat ve makine endüstrilerinde, kırıcı, kesici vb. aletlerin yoğun kullanımından ötürü temel hedeflerden biri olmalıdır. Bu hedefte; el-kol titreşimini önleyici/azaltıcı eldivenlerin kullanımı fayda sağlayacaktır.

Genel olarak titreşim riskini azaltmanın en etkili yolu; titreşime maruz kalma miktarını ve süresini birlikte kontrol etmektir. Bu da ancak, daha düşük titreşim oluşturan, ergonomik tasarıma sahip alet/cihaz/makine kullanılarak gerçekleştirilebilir.

Titreşimin insanlara olduğu gibi çalışan makinelere de (sabit ve hareketli aksamalarına) zararı olduğu bilinmektedir. Dengesiz yerleştirme, balans ayarlarının bozukluğu, amortisör sistemlerinde bozukluk vb. sebeplerden ötürü bu hasarlar meydana gelmektedir. Burada alınacak en önemli önlem makine bakımlarının zamanında yapılmasıdır. Tabi makinelerin takip edilmesi ve bakım süresinden önce problem oluşabileceğe hesaba katılması ve bu problemlerin bakım sürelerini beklemeden ivedilikle çözülmesi çok önemlidir.

Kaynaklar

Afyonkarahisar Haritası, <http://cografyaharita.com/haritalarim/41-afyonkarahisar-ili-haritasi.png>, Son Erişim: 04.06.2024.

Arıtan, A.E. (2020). Investigation of Correlation of Excavator Operators' Hand-Arm Vibration Exposure with Produced Rock Physical-Mechanical Properties in Natural Stone Quarries. *Mining, Metallurgy & Exploration*, 37, 231–238.

- Arıtan, A.E. ve Tümer, M. (2019). Doğaltaş Ocaklarında Ekskavatör Operatörlerinin Tüm Vücut Titreşim Maruziyetinin İncelenmesi. *S.Ü. Müh. Bilim ve Teknik Dergisi*, 7(2), 321-330.
- Çalış, Ç. (2022). İş Sağlığı ve Güvenliğinde Titreşim Maruziyet Ölçümü, İksad Yayınevi, 8, Ankara.
- Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik. (2013). 28721 Sayılı Resmî Gazete, Ankara.
- Duarte, J., Branco J.C., Matosb, M.L. & Baptistaa J.S. (2020). *The Extractive Industries and Society*, 7, 1607–1623.
- Groves , W.A., Kecojevic, V.J. & Komljenovic D. (2007). Analysis of fatalities and injuries involving mining equipment. *Journal of Safety Research*, 38, 461–470.
- Kia, K., Fitch, S.M., Newsom, S.A & Kim, J.H. (2020). Effect of whole-body vibration exposures on physiological stresses: Mining heavy equipment applications. *Applied Ergonomics*, 85, 1-7.
- Memiş, Z. (2024). Doğal Taş Ocaklarında Çalışan Operatörlerin Tüm Vücut Titreşimine Maruz Kalmalarının Üretilen Kayacın Fiziksel- Mekanik Özellikleri ile İlişkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, Türkiye.
- Park, J.H., Kia, K., Srinivasan, D. & Kim, J.H. (2021). Postural balance effects from exposure to multi-axial whole-body vibration in mining vehicle operation. *Applied Ergonomics*, 91, 1-7.
- Sağlam, H. (2011). Çalışma Hayatında Maruz Kalınan Titreşimin Ölçülmesi ve Bu Maruziyetten Kaynaklanan Titreşimin İnsan Sağlığına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye, pp. 2-6.
- Serway, R.A. & Beichner R.J. (2000). *Fen ve Mühendislik İçin Fizik 1*. Ankara: Palme Yayıncılık, 390.
- TS EN 1032+A1, 2011. Mekanik titreşim-Titreşim Emisyon Değerinin Belirlenmesi Amacıyla Hareketli Makinaların Deneye Tâbi Tutulması, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS ISO 2631-1/A1, 2013. Mekanik titreşim ve şok-tüm vücut titreşime maruz kalma değerlendirilmesi-Bölüm 1: Genel kurallar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN ISO 5349, 2005. Mekanik titreşim-Kişilerin maruz kaldığı elle iletilen titreşimin ölçülmesi ve değerlendirilmesi-Bölüm 1: Genel kurallar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.



Derin Öğrenme Algoritmaları Kullanarak Mamografilerde Kanserli Bölge Tespiti

Tuğçe Çoban ^{1,*} ve Uçman Ergün ¹

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği, Afyonkarahisar

* Sorumlu yazar: tugcecoban74@gmail.com

Özet

Meme kanseri, dünya çapında kadınlarda en sık görülen kanser türüdür. Erken teşhis, tedavinin başarısı ve hastanın hayatta kalma şansı için kritik önem taşır. Bu alanda yapay zekâ, özellikle derin öğrenme mimarileri aracılığıyla çığır açan gelişmelere imza atmaktadır. Yapay zekâ ve derin öğrenme, radyolojik görüntülerden, özellikle mamografilerden kanserli bölgeleri otomatik olarak tespit etmek için kullanılabilir. Bu sayede teşhis süreçleri daha hızlı, daha doğru ve daha az insan hatasına maruz kalacak şekilde gerçekleştirilebilir. Bu çalışmada, mamografi görüntülerinin derin öğrenme mimarileriyle analiz edilerek meme dokusundaki potansiyel anormalliklerin hassas bir şekilde tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, halka açık mamografi veri seti kullanılmıştır. Veri seti 3165 görüntüden oluşmakta ve eğitim, doğrulama ve test için ayrılmıştır. Ayrıca kitle tespiti için YOLO (You Only Look Once) adlı popüler bir derin öğrenme mimarisini kullanılmıştır. YOLO, nesne algılama ve tanıma görevlerinde yüksek doğruluk ve hız sunan bir mimaridir. Çalışmada YOLOv5s modeli tercih edilmiştir ve 25 epoch değerinde eğitimler gerçekleştirilmiştir. YOLOv5s modeli, %97'lik bir başarı oranı elde etmiştir. Başarı oranı, modelin meme kanserinin erken teşhisinde oldukça faydalı olabileceğini göstermektedir. Bu çalışma, yapay zekânın meme kanserinin erken teşhisindeki potansiyelini açıkça göstermektedir. Gelecekte, yapay zekâ modelleri radyolojik görüntüleme programlarına entegre edilebilir ve doktorların daha doğru ve hızlı karar vermelerine yardımcı olabilir. Bu sayede daha fazla sayıda kanser vakası erken aşamada teşhis edilebilir ve hastanın hayatta kalma şansı artabilir.

Anahtar kelimeler: Meme kanseri, YOLO, Derin Öğrenme, Yapay zekâ

Cancerous Area Detection in Mammograms Using Deep Learning Algorithms

Abstract

Breast cancer is the most common type of cancer in women worldwide. Early diagnosis is critical to the success of treatment and the patient's chance of survival. In this field, artificial intelligence is making groundbreaking developments, especially through deep learning architectures. Artificial intelligence and deep learning can be used to automatically detect cancerous areas from radiological images, especially mammograms. In this way, diagnostic processes can be carried out faster, more accurately and with less exposure to human error. In this study, it was aimed to precisely detect potential abnormalities in breast tissue by analyzing mammography images with deep learning architectures. In the study, a publicly available mammography data set was used. The dataset consists of 3165 images and is divided for training, validation and testing. Additionally, a popular deep learning architecture called YOLO (You Only Look Once) was used for audience detection. YOLO is an architecture that offers high accuracy and speed in object detection and recognition tasks. The

YOLOv5s model was preferred in the study and 25 epochs of training were carried out. The YOLOv5s model achieved a success rate of 97%. The success rate shows that the model can be very useful in the early diagnosis of breast cancer. This study clearly demonstrates the potential of artificial intelligence in the early diagnosis of breast cancer. In the future, AI models could be integrated into radiological imaging programs and help doctors make more accurate and faster decisions. In this way, more cancer cases can be diagnosed at an early stage and the patient's chance of survival can increase.

Key words: Breast cancer, Artificial intelligence, Deep Learning, YOLO

1. Giriş

Meme kanseri, dünya genelinde kadınlar arasında en yaygın kanser türü olup, erken teşhisin tedavi başarısını artırarak hayatta kalma oranlarını olumlu yönde etkilediği bilinmektedir. Dünya sağlık örgütünün yaptığı açıklamaya göre 2020 yılında dünya çapında 2,3 milyon kadına meme kanseri teşhisi konmuş ve 685.000 ölüm yaşanmıştır. Ayrıca 2015-2020 yılları arasında meme kanseri teşhisi konup hayatta kalan 7,8 milyon kadın vardır (Serindere 2022). Bu da meme kanserini dünyanın en yaygın kanseri haline getirmektedir. Alınan veriler doğrultusunda mamografi görüntülerinin derin öğrenme yöntemleriyle analiz edilmesi, anormalliklerin daha hassas bir şekilde tespit edilmesini hedeflemektedir. Medikal verilerin daha etkili bir şekilde analiz edilmesine olanak tanıyarak doktorların daha iyi teşhisler koymasına ve tedavi planlarını optimize etmelerine yardımcı olabilir. Geçmiş yıllarda yapılan çalışmalarda radyologlar, mamografi görüntülerini değerlendirirken kanser tespitini desteklemek amacıyla bilgisayar destekli tanı sistemleri ve algoritmaları geliştirmektedir. Ancak mamografi görüntülerinde kansere işaret eden bazı izler ve ipuçları olmasına rağmen radyologlar tarafından kanser tespiti yapılamayan vaka sayısı %20'nin üzerindedir (Houssein vd. 2021). Farooq ve Corcoran termogramlar üzerinden meme kanseri teşhisi için Kontrast Sınırlı Uyum Histogram Eşitleme (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization, CLAHE) ve normalizasyon işlemleri ile ön işlemler gerçekleştirmiş ve ardından önceden eğitilmiş Inception V3 mimarisi ile transfer öğrenme uygulamışlardır. Sonuç olarak test verilerinde %80 doğruluk, %83.33 hassasiyet ve %77.77 özgüllük değerleri elde etmişlerdir (Farooq ve Corcoran 2020). Çivilibal vd. 2023 yılında yaptıkları çalışmada, termogramlar üzerinden meme lezyonlarının otomatik tespiti, segmentasyonu ve sınıflandırılması için Mask R-CNN kullanarak Res-Net50 mimarisi ile %97.1 doğruluk, 0.921 ortalama hassasiyet (Mean Average Precision, mAP) ve 0.868 Örtüşme Puanı başarımını elde etmişlerdir (Çivilibal, Cevik, ve Bozkurt 2023). Ghada Hamed Aly vd., YoloV3 esas alınarak InBreast veri setindeki mamografilerde kitlelerin iyi huylu ve kötü huylu olarak sınıflandırılmasında sırasıyla %94,2 ve %84,6 ortalama hassasiyetle kitlelerin %89,4'ünü tespit etmişlerdir (Aly vd. 2021). Francesco Prinzi vd., CBIS-DDSM ve InBreast veri kümeleri kullanarak YoloV3, YoloV5 ve YoloV5Transformer dahil olmak üzere çeşitli YOLO mimarileri karşılaştırılmıştır. Sonuçlarda iyi huylu ve kötü huylu olmasının doğruluğu tespit edilmiştir (Prinzi vd. 2024). Bu çalışmada da derin öğrenme mimarilerinden son zamanlarda popüler olan YOLO mimarisinden YOLO-V5s modelinin meme görüntüleri üzerindeki kitle tespiti başarımlarını değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Yapılan çalışmada halka açık mamografi veri seti kullanılmıştır. Oguaf tarafından 2023 yılında hazırlanarak RoboFlow platformu içerisinde yayınlanan veri seti, meme kanseri teşhisinde yaygın olarak kullanılan mamografi görüntülerinden oluşmaktadır (Oguaf, 2023). Toplamda 3165 görüntü içeren veri seti, eğitim, doğrulama ve test olmak üzere üç ana bölüme ayrılmıştır. Eğitim seti, derin

öğrenme modelinin parametrelerini öğrenmesi için kullanılırken, doğrulama seti modelin performansını izlemek ve hiperparametre ayarlarını yapmak için kullanılmıştır. Test seti ise modelin genel başarımını değerlendirmek amacıyla ayrılmıştır.

2.2. Metot

Derin öğrenme, makine öğrenmesinin bir alt dalı olarak, büyük miktarda veriyi analiz etmek ve bu verilerden anlamlı desenler çıkararak öğrenmek amacıyla kullanılan yapay sinir ağlarına dayanan bir tekniktir. Derin öğrenme, özellikle karmaşık veri yapılarını ve büyük veri kümelerini işleyebilme kapasitesi ile son yıllarda büyük ilgi görmektedir. Derin öğrenme mimarileri, farklı uygulama alanlarına ve veri türlerine uyacak şekilde çeşitli yapılandırmalara sahiptir(Yılmaz ve Serbes 2023).

2.2.1. YOLO

YOLO (You Only Look Once), nesne tespiti görevlerinde kullanılan ve yüksek hız ile doğruluk sağlayan bir derin öğrenme mimarisidir. YOLO, bir görüntüdeki nesnelere tek bir geçişte tespit eden bir modeldir. Bu model, görüntüyü hücrelere böler ve her hücrede nesne olup olmadığını belirler. Her hücre için sınıf olasılıkları ve sınır kutusu (bounding box) koordinatlarını tahmin eder. YOLO'nun temel avantajı, tespit işlemlerini hızlı bir şekilde gerçekleştirmesidir; bu da onu gerçek zamanlı nesne tespiti gerektiren uygulamalarda ideal bir seçenek haline getirir. YOLO, tüm görüntüyü tek seferde analiz ederek bölgesel öneri (region proposal) aşamasını atlar ve bu sayede işlem süresini büyük ölçüde azaltır(Liu vd. 2023). YOLO, nesne tespitinde Faster R-CNN ve SSD'ye göre önemli avantajlar sunar. Hızı sayesinde gerçek zamanlı uygulamalar için idealdir ve tek aşamalı algılama yaklaşımıyla hesaplama yükünü azaltır. Tüm görüntüyü tek seferde analiz ederek global bağlam bilgisi sağlar, bu da tespit doğruluğunu artırır(Mittal, Chawla, ve Tiwari 2023). YOLO'nun mimarisi donanım kaynaklarını verimli kullanacak şekilde optimize edilmiştir. Bu nedenle daha düşük donanım gereksinimleri ile yüksek performans elde edilebilir. Belirtilen avantajlardan dolayı YOLO mimarisi bu çalışmada tercih edilmiştir.

2.2.2. Model Eğitimi

Model eğitimi süreci, mamografi görüntülerinin YOLOv5s modeliyle işlenmesi ve eğitilmesi aşamalarını içerir. Bu çalışmada kullanılan YOLOv5s modeli, hızlı ve yüksek doğruluk oranları sunan gelişmiş bir derin öğrenme mimarisidir. İlk olarak, mamografi görüntüleri modelin öğrenme kapasitesini artırmak ve performansını optimize etmek amacıyla çeşitli ön işleme tekniklerine tabi tutulmuştur; bu kapsamda görüntü boyutları normalize edilmiş ve kontrast artırma gibi yöntemler uygulanmıştır. Toplamda 3165 görüntü içeren veri seti, eğitim, doğrulama ve test seti olmak üzere üç bölüme ayrılmıştır. Eğitim seti, modelin öğrenme sürecine katkı sağlarken, doğrulama seti, hiperparametrelerin optimize edilmesi ve model performansının izlenmesi için kullanılmıştır. Test seti ise modelin genel performansını değerlendirmek amacıyla ayrılmıştır. YOLOv5s modeli, mamografi görüntülerindeki kitlelerin tespiti için optimize edilmiş olup, modelin hiperparametreleri şu şekilde belirlenmiştir: öğrenme hızı 0.00001, batch boyutu 8 ve optimizasyon olarak Adam kullanılmıştır. Eğitim süreci, 25 epoch boyunca sürdürülmüştür. Eğitim boyunca modelin performansı sürekli olarak doğrulama seti üzerinde izlenmiştir. Eğitim tamamlandıktan sonra model test seti üzerinde değerlendirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Literatür incelendiğinde mamografi görüntülerine ait birçok çalışma olduğu görülmüştür. Tablo 1'de bu çalışmalar yer almaktadır.

Tablo 1. Mamografi görüntülerinde gerçekleştirilen kitle tespit çalışmaları

Yazar	Mimari	Veri Seti	Performans
Yapılan çalışma (Agarwal vd. 2020)	YOLO-V5s	RoboFlow	Kitle:97,5
(Aly vd. 2021)	Faster R-CNN	Optimam-InBreast	İ:79; K:95
(Prinzi vd. 2024)	YOLO-V3	InBreast	Kitle:89,4
	YOLO-V5	CBIS-DDSM/Inbreast	İ:94,2 K:84,6

İ:İyi huylu K:Kötü huylu

Tablo 1’de, Agarwal vd. (2020) gerçekleştirmiş oldukları çalışmada Faster R-CNN mimarisini kullanarak Optimal ve InBreast veri setini kullanarak iyi ve kötü huylu kitle tespitini gerçekleştirmişlerdir. İyi huyluda %79, kötü huyluda %95 başarımları elde etmişlerdir. Aly vd. (2021) ise YOLO-V3 mimarisini kullanarak InBreast veri seti üzerinde çalışma yaparak iyi huylu da %94,2, kötü huylu da ise %84,6 başarımları sağlamışlardır. Prinzi vd. (2024) YOLO-V5 derin öğrenme modeli ile mamografi görüntülerinde çalışarak iyi huylu da %94,2 ve kötü huylu da 84,6 başarımları ortaya çıkmıştır. Yapılan bu çalışmada ise kitlenin tespitine odaklanılarak RoboFlow üzerinden alınan halka açık veri seti ile çalışma yapılmıştır. YOLO mimarisinden YOLO-V5s modeli kullanılarak %97,5 oranında başarımları elde edilmiştir.

4. Sonuçlar

Bu araştırma, meme kanserinin erken teşhisi için kritik öneme sahip mamografi görüntülerindeki kitlelerin otomatik tespitini ele almıştır. YOLOv5s modelinin kullanımıyla gerçekleştirilen çalışmada, 3165 mamografi görüntüsünden oluşan geniş bir veri seti üzerinde çalışılmış ve etkileyici bir %97,5 doğruluk oranı elde edilmiştir. YOLOv5s modeli, eğitim sürecinde 25 epoch boyunca yoğun bir şekilde eğitildi ve ardından test veri seti üzerinde başarıyla değerlendirildi. Bu sonuçlar, YOLOv5s modelinin mamografi görüntülerindeki kitleleri tespit etme konusunda büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Bu, meme kanserinin erken teşhisinde kullanılabilecek güvenilir ve etkili bir araç olabilir. Araştırmanın sonuçları, derin öğrenme tekniklerinin meme kanseri taraması gibi önemli sağlık alanlarında kullanımının değerini vurgulamaktadır. Bu çalışma, gelecekteki araştırmalar ve klinik uygulamalar için önemli bir rehberlik sunabilir. Mamografi görüntülerinin otomatik analizi, kanser tarama süreçlerini iyileştirebilir ve hastaların tedavi süreçlerini destekleyebilir, böylece meme kanseri mücadelesinde önemli bir adım olabilir.

Kaynaklar

- Agarwal, Richa, Oliver Diaz, Moi Hoon Yap, Xavier Lladó, ve Robert Marti. 2020. "Deep learning for mass detection in full field digital mammograms". *Computers in biology and medicine* 121:103774.
- Aly, Ghada Hamed, Mohammed Marey, Safaa Amin El-Sayed, ve Mohamed Fahmy Tolba. 2021. "YOLO Based Breast Masses Detection and Classification in Full-Field Digital Mammograms". *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 200:105823. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2020.105823>.
- Breast cancer. 2023. "Breast Cancer Dataset." Roboflow Universe, June. Retrieved July 17, 2024 (<https://universe.roboflow.com/breast-cancer-oguaf/breast-cancer-deyn2>).
- Civilibal, Soner, Kerim Kursat Cevik, ve Ahmet Bozkurt. 2023. "A deep learning approach for automatic detection, segmentation and classification of breast lesions from thermal images". *Expert Systems with Applications* 212:118774.
- Farooq, Muhammad Ali, ve Peter Corcoran. 2020. "Infrared imaging for human thermography and breast tumor classification using thermal images". Ss. 1-6 içinde 2020 31st Irish Signals and Systems Conference (ISSC).

- Houssein, Essam H., Marwa M. Emam, Abdelmgeid A. Ali, ve Ponnuthurai Nagarathnam Suganthan. 2021. "Deep and machine learning techniques for medical imaging-based breast cancer: A comprehensive review". *Expert Systems with Applications* 167.
- Liu, Gang, Yanxin Hu, Zhiyu Chen, Jianwei Guo, ve Peng Ni. 2023. "Lightweight object detection algorithm for robots with improved YOLOv5". *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 123:106217. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106217>.
- Mittal, Usha, Priyanka Chawla, ve Rajeev Tiwari. 2023. "EnsembleNet: a hybrid approach for vehicle detection and estimation of traffic density based on faster R-CNN and YOLO models". *Neural Computing and Applications* 35(6):4755-74. doi: 10.1007/s00521-022-07940-9.
- Prinzi, Francesco, Marco Insalaco, Alessia Orlando, Salvatore Gaglio, ve Salvatore Vitabile. 2024. "A Yolo-Based Model for Breast Cancer Detection in Mammograms". *Cognitive Computation* 16(1):107-20. doi: 10.1007/s12559-023-10189-6.
- Serindere, Mehmet. 2022. "Meme Görüntüleme Yapay Zeka Kullanımı". *Sağlık Bilimlerinde*.
- Yılmaz, Rabia Eda, ve Görkem Serbes. 2023. "Breast Cancer Detection Using Transformer and BiLSTM Based Ensemble Learning". Ss. 1-4 içinde 2023 31st Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU).



Uyku Kalitesini Tahmin Etmede Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Karşılaştırılması

Ecesu Topçu ^{1,*} ve Zeynep Sena Koç ¹

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar

* Sorumlu yazar: zeyn3pkoc18@gmail.com

Özet

Bu çalışmada, sağlıklı uyku ve yaşam tarzı verilerini kullanarak uyku kalitesini tahmin etmek amacıyla çeşitli makine öğrenmesi algoritmalarının performanslarını karşılaştırdık. Veri setimiz, stres seviyesi, kilo durumu, kan basıncı, fiziksel aktivite, uyku kalitesi, uyunan süre, meslek, yaş ve cinsiyet gibi değişkenleri içermektedir. Amacımız, bu verileri kullanarak uyku kalitesini tahmin edebilecek en iyi algoritmayı belirlemektir. Doğrusal regresyon (Linear Regression), karar ağaçları (Decision Trees), rassal ormanlar (Random Forest), destek vektör makineleri (SVM) ve k-en yakın komşu (K-Nearest Neighbors, KNN) gibi popüler makine öğrenmesi algoritmalarını kullandık. Algoritmaların performanslarını çapraz doğrulama (cross-validation) yöntemi ve doğruluk (accuracy), kök ortalama kare hata (RMSE), kesinlik (precision), hatırlama (recall) ve F1 skoru ile karşılaştırdık. Destek Vektör Makineleri (SVM), %92 doğru sınıflandırma oranı ve 0.8657 kappa istatistiği ile en iyi performansı sergilemiştir. K-en yakın komşu (KNN), %88 doğru sınıflandırma oranı ve 0.7989 kappa istatistiği göstermiştir. Random Forest, en düşük MAE (0.0378) ve RMSE (0.1215) değerlerine sahiptir. Doğrusal Regresyon, en düşük MAE (0.066) ve RMSE (0.1116) değerlerine sahiptir. Ayrıca, en düşük göreceli MAE (%8.7548) ve göreceli RMSE (%11.8961) değerlerine sahiptir. Genel olarak, doğru sınıflandırma ve kappa istatistiği önemliyse, SVM en iyi performansı sergilemektedir. Hata oranlarını minimize etmek istediğimizde Doğrusal Regresyon ve Random Forest düşük hata değerlerine sahiptir. Sonuç olarak, bu çalışma, sağlıklı uyku ve yaşam tarzı verileri kullanılarak uyku kalitesini tahmin etmede etkili makine öğrenmesi algoritmasını belirlemeyi hedeflemiştir. Çalışmamız, uyku kalitesini artırmak için kişiselleştirilmiş öneriler sunabilecek akıllı sistemlerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Uyku Kalitesi, Makine Öğrenmesi, Doğrusal Regresyon, Karar Ağaçları, Rassal Ormanlar, Destek Vektör Makineleri, K-En Yakın Komşu

Comparison Of Machine Learning Algorithms for Predicting Sleep Quality

Abstract

In this study, we compare the performance of various machine learning algorithms to predict sleep quality using healthy sleep and lifestyle data. Our dataset includes variables such as stress level, weight status, blood pressure, physical activity, sleep quality, time slept, occupation, age and gender. Our goal is to identify the best algorithm that can predict sleep quality using this data. We used popular machine learning algorithms such as linear regression, decision trees, random forests, support vector machines (SVM) and k-nearest neighbors (KNN). We compared the performance of the algorithms using cross-validation and accuracy, root mean square error (RMSE), precision, recall and F1 score. Support Vector Machines (SVM) performed the best with 92% correct classification rate and kappa statistic of 0.8657. K-nearest neighbor (KNN) showed 88% correct classification rate and 0.7989

kappa statistic. Random Forest had the lowest MAE (0.0378) and RMSE (0.1215). Linear Regression has the lowest MAE (0.066) and RMSE (0.1116). It also has the lowest relative MAE (8.7548%) and relative RMSE (11.8961%). In general, SVM performs best when correct classification and kappa statistics are important. When we want to minimize error rates, Linear Regression and Random Forest have low error values. In conclusion, this study aimed to identify the most effective machine learning algorithm for predicting sleep quality using healthy sleep and lifestyle data. Our study contributes to the development of intelligent systems that can provide personalized recommendations to improve sleep quality.

Key words: Sleep Quality, Machine Learning, Linear Regression, Decision Trees, Random Forests, Support Vector Machines, K-Nearest Neighbor

1. Giriş

Günümüzde uyku sağlığı, bireylerin genel sağlık durumu ve yaşam kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yapay zekâ ve makine öğrenmesi, büyük veri kümeleri üzerinde analiz yapma ve tahminlerde bulunma yetenekleri sayesinde, uyku sağlığı ile ilgili verilerin değerlendirilmesinde güçlü araçlar olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışma, uyku sağlığı veri seti kullanılarak destek vektör makineleri (SVM), karar ağaçları, rastgele orman (Random Forest) ve k-en yakın komşu (K-NN) gibi makine öğrenmesi algoritmalarının performanslarını karşılaştırmayı amaçlamaktadır. Literatürde, bu algoritmaların uyku verilerinin sınıflandırılması ve tahmin edilmesinde etkin bir şekilde kullanıldığı gösterilmiştir. Çalışmanın bulguları, uyku sağlığı ile ilgili sorunların erken teşhisinde ve yönetiminde kullanılabilecek etkili modellerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, uyku sağlığı ile ilgili veri seti kullanılarak farklı makine öğrenmesi algoritmalarının performanslarını karşılaştırmak amacıyla çeşitli malzemeler ve yöntemler kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan veri seti, bireylerin uyku süresi, BMI kategorisi gibi uyku sağlığına ilişkin önemli özellikleri içermektedir. Bu veri seti, toplamda 374 örnek ve üç ana öznitelik (Kişi ID'si, Uyku Süresi, BMI Kategorisi) içermektedir. Makine öğrenmesi algoritmalarının uygulanması ve analiz edilmesi için Weka (Waikato Environment for Knowledge Analysis) yazılımı kullanılmıştır. Veri setindeki eksik değerler tamamlanmış ve kategorik veriler nominal değerlere dönüştürülmüştür. Verinin ön işleme aşamasında, "Person ID" özelliği sınıflandırmada kullanılmamak üzere çıkarılmıştır.

Algoritmalarda destek Vektör Makineleri (SVM), lineer çekirdek fonksiyonu kullanılarak veri seti üzerinde uygulanmıştır. Karar Ağaçları, J48 algoritması kullanılarak karar ağaçları modeli oluşturulmuştur. Random Forest, 100 ağaçlık bir orman oluşturularak model eğitilmiştir. K-en Yakın Komşu (K-NN), K değeri 1 olarak seçilmiştir ve Euclidean mesafesi kullanılarak model uygulanmıştır. Lineer Regresyon, verilerin doğrusal bir modelle tahmin edilmesi sağlanmıştır.

Modellerin performansı, doğru sınıflandırma oranı, Kappa istatistiği, Ortalama Mutlak Hata (MAE), Kök Ortalama Kare Hatası (RMSE) ve Doğru Pozitif Oranı (TP Rate) gibi metriklerle değerlendirilmiştir.

Her bir algoritma, eğitim verisi üzerinde eğitilip test edilmiştir ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Bu bölümde açıklanan gereçler ve yöntemler, çalışmanın tutarlılığı ve tekrar edilebilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Bu sayede, makine öğrenmesi algoritmalarının uyku sağlığı veri seti üzerindeki performansları objektif ve sistematik bir şekilde değerlendirilmiştir.

2.1. Materyal

Birçok öznelik arasında uygulanan makine öğrenmesi algoritmalarından alınan sonuçlar tablolar ile karşılaştırıldı. Aşağıdaki tabloda bunlardan yalnız biri olan yaş özneliği verilerine dayanarak, en iyi performansı gösteren algoritmanın K-En Yakın Komşu olduğu söylenebilir. K-En Yakın Komşu algoritması, en düşük ortalama mutlak hata ve kök ortalama karesel hata değerlerine sahiptir. Ayrıca, göreceli mutlak hata ve kök göreceli karesel hata değerleri de oldukça düşüktür, bu da algoritmanın tahminlerinin gerçek değerlere daha yakın olduğunu gösterir. Diğer algoritmalar arasında en yüksek doğru sınıflandırma oranına sahip olan ise Destek Vektör Makineleri gibi görünüyor. Bu nedenle, bu sonuçlara dayanarak K-En Yakın Komşu veya Destek Vektör Makineleri algoritmalarının tercih edilebilir.

Tablo 1. Yaş Özneliği İçin Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Karşılaştırılması

Algoritmalar	Doğru Sınıflandırma Oranı	Kappa İstatistiği	MAE	RMSE	RAE	RRSE	Korelasyon Katsayısı
Karar Ağacı	52	0.6761	0.024	0.1148	39.44	65.100	-
Random Forest	52	0.6768	0.045	0.1358	73.37	77.022	-
Lineer Regresyon	-	-	0.064	0.1106	8.589	11.787	0.9934
K-En Yakın Komşu	-	-	0.005	0.021	2.446	8.274	0.9966
Destek Vektör Makineleri	53	0.691	0.060	0.1723	97.73	97.677	-

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, uyku sağlığı ve yaşam tarzı verileri kullanılarak yaş özneliğine göre çeşitli makine öğrenmesi algoritmalarının performansları karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, Karar Ağacı, Random Forest, Lineer Regresyon, K-En Yakın Komşu ve Destek Vektör Makineleri algoritmaları kullanılmıştır. Bulgular aşağıda özetlenmiştir:

Karar Ağacı algoritması, %69.33 doğruluk oranı ve 0.6761 Kappa istatistiği ile makul bir performans sergilemiştir. Hata oranları açısından, ortalama mutlak hata (MAE) 0.0244, kök ortalama kare hatası (RMSE) 0.1148, göreceli mutlak hata (RAE) %39.4419 ve kök göreceli kare hatası (RRSE) %65.1001 olarak kaydedilmiştir.

Random Forest algoritması da benzer bir doğruluk oranı (%69.33) ve Kappa istatistiği (0.6768) göstermiştir. Ancak, hata oranları Karar Ağacı'na kıyasla daha yüksektir: MAE 0.0454, RMSE 0.1358, RAE %73.3707 ve RRSE %77.0229.

Lineer Regresyon algoritması, 0.9934 korelasyon katsayısı ile yüksek bir ilişki göstermektedir. Hata oranları açısından, MAE 0.0648, RMSE 0.1106, RAE %8.5894 ve RRSE %11.7871 olarak belirlenmiştir.

K-En Yakın Komşu (KNN) algoritması, en düşük hata oranlarına sahip olup, korelasyon katsayısı 0.9966'dır. MAE 0.005, RMSE 0.021, RAE %2.4467 ve RRSE %8.274 olarak kaydedilmiştir.

Destek Vektör Makineleri (SVM) algoritması ise en yüksek doğruluk oranına (%70.67) ve en iyi Kappa istatistiğine (0.691) sahiptir. Ancak, hata oranları diğer bazı algoritmalara kıyasla daha yüksektir: MAE 0.0605, RMSE 0.1723, RAE %97.736 ve RRSE %97.6751.

Bu sonuçlar, SVM algoritmasının %70.67 doğruluk oranı ve 0.691 Kappa istatistiği ile en yüksek değerlere sahip olduğunu göstermektedir. Ancak, hata oranları açısından en iyi performansı KNN algoritması sergilemiştir; MAE 0.005, RMSE 0.021, RAE %2.4467 ve RRSE %8.274. Lineer Regresyon ise 0.9934 korelasyon katsayısına sahip olup, MAE 0.0648, RMSE 0.1106, RAE %8.5894 ve RRSE %11.7871 ile düşük hata oranları göstermiştir. Karar Ağacı ve Random Forest algoritmaları ise %69.33 doğruluk oranı ve sırasıyla 0.6761 ve 0.6768 Kappa istatistikleri ile benzer performans sergilemişlerdir; Karar Ağacı için MAE 0.0244, RMSE 0.1148, RAE %39.4419 ve RRSE %65.1001, Random Forest için ise MAE 0.0454, RMSE 0.1358, RAE %73.3707 ve RRSE %77.0229 hata oranları göstermişlerdir.

4. Sonuçlar

Çalışmanın sonucunda, çeşitli makine öğrenmesi algoritmalarının yaş özniteliğine göre performanslarının karşılaştırılması yapılmıştır. Sonuçlar göstermektedir ki:

Destek Vektör Makineleri (SVM), genel doğruluk ve Kappa istatistiği açısından en iyi performansı sergilemiştir.

K-En Yakın Komşu (KNN), hata oranları bakımından en düşük değerlere sahip olup, bu yönüyle dikkat çekmektedir.

Lineer Regresyon, yüksek korelasyon katsayısı ve düşük hata oranları ile güçlü bir model olarak öne çıkmaktadır.

Karar Ağacı ve Random Forest, benzer doğruluk oranlarına sahip olup, belirli senaryolarda tercih edilebilir modellerdir.

Bu bulgular, uyku sağlığı ve yaşam tarzı verilerinin analizinde çeşitli makine öğrenmesi algoritmalarının farklı avantajlar sunduğunu göstermektedir. SVM ve KNN gibi algoritmalar, yüksek doğruluk ve düşük hata oranları ile veri sınıflandırma ve regresyon problemlerinde güçlü seçeneklerdir. Bu çalışma, uyku sağlığı ile ilgili gelecekteki araştırmalara ışık tutacak ve daha etkili veri analiz tekniklerinin geliştirilmesine katkıda bulunacaktır.

Teşekkür

Afyon Kocatepe Üniversitesi (AKÜ) tarafından düzenlenen Kocatepe Mühendislik Bilimleri Öğrenci Sempozyumu'nun (KOGRENSEM) üçüncüsüne katılma fırsatını bizlere sundukları için organizasyona en içten teşekkürlerimizi sunarız. Bu sempozyumda çalışmalarımızı paylaşma ve bilimsel bilgi alışverişinde bulunma imkanı bulduk.

Ayrıca, çalışmamızın her aşamasında bizlere destek olan ve teşvik eden, Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nden Dr. Öğretim Üyesi Özkan Aslan hocamıza özel teşekkürlerimizi iletmek istiyoruz. Sizin rehberliğiniz ve desteğinizle bu projeyi gerçekleştirebildik. Sempozyum süresince gösterdiğiniz anlayış ve yardımlarınız için minnettarız.

Saygılarımızla.

Kaynaklar

Atılcı, A.(2022).KNN(K-en yakın komşu). <https://medium.com/machine-learning-t%C3%BCrkiye/knn-k-en-yak%C4%B1n-kom%C5%9Fu-7a037f056116> (Erişim Tarihi: 9 Haziran 2024)

Jordan, S., Rao,J., Yusuf,K., Genc,T., Hoskins,J.(2024). What is a decision tree? <https://www.ibm.com/topics/decision-trees> (Erişim Tarihi: 9 Haziran 2024)

Salman, M.(2024).Linear Regression for Machine Learning: A Practical Approach.(<https://medium.com/@mahnoorsalman96/linear-regression-for-machine-learning-a-practical-approach-84e447afa188> (Erişim Tarihi: 9 Haziran 2024)

Gupta, M.(2024). Linear Regression in Machine learning. <https://www.geeksforgeeks.org/ml-linear-regression/> (Erişim Tarihi: 9 Haziran 2024)

Akca, M.(2020). Nedir Bu Destek Vektör Makineleri? (Makine Öğrenmesi Serisi-2).<https://medium.com/deep-learning-turkiye/nedir-bu-destek-vekt%C3%B6r-makineleri-makine-%C3%B6%C4%9Frenmesi-serisi-2-94e576e4223e> (Erişim Tarihi: 9 Haziran 2024)

Jaiswal, S.(2021). Random Forest Algorithm . <https://www.javatpoint.com/machine-learning-random-forest-algorithm> (Erişim Tarihi: 9 Haziran 2024)



Afyon Kocatepe Üniversitesi Yayınevi