



Teknoloji Fakültesi

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Mahsul Verimliliği Tahmini ve Planlama

VAHİT SEYİT BAŞA

170420024

Bitirme Projesi 1. Ara Raporu  
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

DANIŞMAN  
Dr. Öğr. Üyesi Ali Sarıkaş

İSTANBUL, 2025

ÖNSÖZ

Bu proje çalışması fikrinin oluşması ve ortaya çıkmasındaki nerisi ve proje çalışmamız süresince karşılaştığım bütün problemlerde, sabırla yardım ve bilgilerini esirgemeyen, tüm desteğini sonuna kadar yanımda hissettiğim değerli hocam desteğinden dolayı değerli hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Ali Sarıkaf'a en içten teşekkrlrimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

1.GİRİş	1	1.1.Proje alışmasının Amacı ve nemi	1	2.	
COPERNICUS PROJESİ VE SENTİNEL UYDUSU	2	2.1.			
Sentinel-2 Bitki İndeksleri Karşılaştırması	4	3.			
BULGULAR VE TARTIşMA	5	4. SONUÇLAR	6		

## ÖZET

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve derin öğrenme algoritmaları kullanılarak farklı

dönemlerde alınan görüntülerden mahsul verimliliğinin tahmin edilmesi (ve özgün indeks üretimi). Bu proje, çiftçilere hangi mahsulün hangi tarlada daha verimli yetiştirileceği konusunda rehberlik edebilir ve tarım planlamasında önemli bir rol oynayabilir.

Tarımsal verimliliği artırmak ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını geliştirmek amacıyla tasarlanan bu proje, modern teknolojik çözümleri tarım sektörüyle entegre etmeyi hedeflemektedir. Proje kapsamında, görüntü işleme teknolojileri, Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS), derin öğrenme algoritmaları ve uydu verileri gibi ileri teknolojik araçlar kullanılarak, tarımsal üretimde verim tahmini ve optimizasyonu sağlanmaktadır. Bu kapsamlı sistem, bitki sağlığının gerçek zamanlı izlenmesi, hastalıkların erken tespiti ve çevresel faktörlerin analizi gibi kritik fonksiyonları yerine getirerek, çiftçilere ve tarım sektörü paydaşlarına veri odaklı karar destek mekanizmaları sunmaktadır. Geliştirilen bu yenilikçi yaklaşım, tarımsal üretimde verimliliği artırırken, aynı zamanda sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaşmasına ve doğal kaynakların daha etkin kullanımına katkı sağlamaktadır.

Mart, 2025

Öğrenciler : VAHİT SEYİT BAŞA

## ABSTRACT

Estimation of Crop Yield Using Geographic Information Systems (GIS) and

## Deep Learning Algorithms from Images Taken at Different Periods (and the Development of a Unique Index)

This project can guide farmers on which crops will grow more efficiently in specific fields and play a crucial role in agricultural planning. Designed to enhance agricultural productivity and develop sustainable farming practices, this initiative aims to integrate modern technological solutions into the agricultural sector.

Within the scope of the project, advanced technological tools such as image processing technologies, Geographic Information Systems (GIS), deep learning algorithms, and satellite data are utilized to provide yield estimation and optimization in agricultural production. This comprehensive system performs critical functions such as real-time monitoring of plant health, early detection of diseases, and analysis of environmental factors, offering data-driven decision support mechanisms to farmers and stakeholders in the agricultural sector.

This innovative approach not only increases efficiency in agricultural production but also contributes to the widespread adoption of sustainable farming practices and the more effective use of natural resources.

March 2025

Students: VAHİT SEYİT BAŞA

$\lambda$  : aydınlatma ışığı dalga boyu

$\omega$  : aydınlatma deseni uzamsal frekansı

$H$  : optik transfer fonksiyonu kesim

frekansı  $\omega$  : aydınlatma deseni açısal

yönelimi  $\phi$  : aydınlatma deseni faz değeri

$I$  : aydınlatma deseni ortalama ışık

yoğunluğu  $I$  : aydınlatma deseni

modülasyon derinliği  $\otimes$  : konvolüsyon çarpımı

operatörü  $\mathcal{F}$  : Fourier dönüşümü

$\mathcal{F}^{-1}$  : ters Fourier dönüşümü

$n_1$  : fiber kılıfı kırınım indisi

$n_2$  : fiber çekirdeği kırınım indisi

$e$  : Euler sabiti

mm : milimetre

$\mu$ m : mikrometre

s : saniye

$T$  : aydınlatma deseni periyodu

(\*) : kompleks bir sayının kompleks eşleniği

$\Sigma$  : toplam sembolü

$\delta$  : Dirac delta fonksiyonu

$\hat{f}$  : bir fonksiyonun frekans uzayındaki karşılığı

Dünya nüfusunun hızla artması, gıda talebinin de her geçen gün yükselmesine neden olmaktadır. Bu talebi karşılamak ve aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliği sağlamak için tarım sektöründe verimliliği artırmak büyük bir önem taşımaktadır. Teknoloji tabanlı tarım uygulamaları, günümüzde giderek daha fazla benimsenerek verim artışında önemli bir rol oynamaktadır. Bu proje, tarımsal arazilerdeki ürün verimini önceden tahmin etmek için \*\*görüntü işleme\*\*, \*\*Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS)\*\*, \*\*derin öğrenme\*\*, \*\*uydu verileri\*\*, \*\*istatistiksel analiz\*\* ve \*\*verim analizi\*\* gibi modern teknolojilerin kullanımını kapsamaktadır.

Bu projenin temel amacı, tarım arazilerinden elde edilen çeşitli verileri kullanarak ürün verimini tahmin edebilecek ileri düzeyde bir karar destek sistemi geliştirmektir. Görüntü işleme ve derin öğrenme algoritmaları sayesinde bitki sağlığı ve büyüme süreçleri gözlemlenerek ürün tahminleri yapılacaktır, GIS ve uydu verileri ile çevresel ve topografik faktörlerin verim üzerindeki etkileri analiz edilecektir. Bu sistem, çiftçilere ve tarım sektörü paydaşlarına, hangi alanlarda hangi ürünlerin daha yüksek verim sağlayabileceğine dair öngörüler sunarak daha verimli ve sürdürülebilir bir tarım uygulaması geliştirmelerini sağlayacaktır.

### 1.1. Proje Çalışmasının Amacı ve Önemi

Bu karar destek sistemi, tarımda verimlilik ve sürdürülebilirliği artırmak amacıyla çok boyutlu verilerden faydalanarak ilerlemektedir. Görüntü işleme teknikleri, tarım arazilerindeki bitkilerin sağlık durumlarını izlemek ve erken aşamalarda hastalıkları veya zararlıları tespit etmek için kullanılacaktır. Derin öğrenme algoritmalarının, bitki hastalıklarını tanımlamak ve büyüme süreçlerini modellemek için eğitilmesiyle, çiftçilere

erken tespit edilip, etkin bir şekilde müdahale edilerek, ürün kayıplarının önüne geçilebilecektir.

## 2. COPERNICUS PROJESİ VE SENTİNEL UYDUSU

Copernicus Projesi, Avrupa Birliği ve Avrupa Uzay Ajansı işbirliğiyle geliştirilen, dünya

gözlemi ve çevresel izleme alanında öncü bir sistemdir. Proje, atmosfer, deniz, kara, iklim, acil durum ve güvenlik gibi pek çok alanda zamanında, kaliteli ve ücretsiz veri sağlayarak kamu kurumları, bilim insanları ve ticari sektörlerle kapsamlı bilgi akışı sunmaktadır. Elde edilen bu veriler, yerden, havadan ve uzaydan toplanan bilgilerin entegre edilmesiyle gezegenimizin "sağlığını" takip etme imkanı sağlar; böylece çevresel risklerin erken tespiti, afet yönetimi ve sürdürülebilir kalkınma için önemli temeller oluşturur.

Copernicus'un temel amacı, küresel ve sürekli bir gözlem kapasitesi oluşturmak, bağımsız veri erişimi sağlamak ve bu verileri herkese ücretsiz sunarak inovasyonu desteklemektir. Proje, üç ana bileşenden oluşur: uzay bileşeni (Sentinel uyduları ve diğer katkıda bulunan uydular), saha ölçümleri (yer tabanlı, hava ve deniz/su ölçüm sistemleri) ve bu verilerin analiz edilip son kullanıcıya ulaştırıldığı hizmet bileşeni. Bu yapı, Avrupa'nın çevresel, iklimsel ve güvenlik konularında bağımsız bir veri altyapısına sahip olmasını sağlarken, aynı zamanda küresel ölçekte de etkili bir bilgi sistemi oluşturur.

Sentinel uydu serisi, Copernicus'un uzay bileşeninin temelini oluşturmaktadır. Sentinel-1, C-Bant sentetik açıklıklı radar (SAR) teknolojisiyle her türlü hava koşulunda gece gündüz yüksek kaliteli radar görüntüleri sunar. Merkezi frekansı 5.405 GHz olan bu radar sistemi, 5 metrelik detay çözünürlüğü, 410 km'ye varan geniş yörünge kuşağı ve gelişmiş veri işleme sistemleri sayesinde acil durum yönetimi, sel ve toprak çökmesi gibi olayların hızlı tespitinde büyük rol oynar. ESA ile işbirliği içinde geliştirilen ve Thales Alenia Space tarafından üretilen Sentinel-1, yaklaşık 693 km yükseklikte, güneş eş zamanlı polar yörüngede çalışır; bu sayede 12 günlük tekrar döngüsü ve yüksek veri iletim kapasitesi sağlanır.

Sentinel-2 ise yüksek çözünürlüklü, multispektral optik görüntüleme imkanı

sunar. Toplam 13 spektral banttı oluşan optik algılayıcı, 10 m, 20 m ve 60 m'lik

2

çözünürlüklerde veri toplayarak arazi kullanımı, bitki örtüsü, toprak ve su kaplaması gibi alanlarda ayrıntılı gözlemler yapar. Kutup yörüngesinde 290 km genişliğinde kuşak ve düzenli tekrar süreleri sayesinde tarım, orman yönetimi, afet izleme ve kentsel planlama gibi pek çok uygulama için verimli sonuçlar elde edilir.

Diğer Sentinel görevleri ise Sentinel-3, -4, -5P, -5, -6 gibi farklı uzmanlık alanlarında hizmet vermektedir. Sentinel-3, okyanus ve kara yüzeyi ölçümleri (sıcaklık, renk ve topoğrafya) yaparken, Sentinel-4 ve -5 serileri atmosferik bileşim ve hava kirliliği izleme görevlerini üstlenir. Sentinel-6 ise yüksek hassasiyetli deniz altimetri ölçümleri ile deniz seviyesi değişikliklerinin takibini gerçekleştirir. Bu görevlerin her biri, Copernicus'un entegre veri sağlayan yapısını tamamlayarak, çevresel ve güvenlik temelli uygulamalarda geniş bir veri yelpazesi sunar.

Copernicus ve Sentinel uyduları tarafından üretilen veriler; afet yönetimi, çevresel izleme, tarım, orman ve kentsel planlama, deniz bilimleri, iklim araştırmaları gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Veri erişiminin ücretsiz olması, hem kamu kurumlarının hem de özel sektörün bu verilerden yararlanarak, erken uyarı sistemleri geliştirmesine, kriz yönetimi ve sürdürülebilir kalkınma politikalarını desteklemesine olanak tanır.

Sonuç olarak, Copernicus Projesi ve onun temel bileşeni olan Sentinel uydu serisi, mühendislik ve bilimsel açıdan ileri düzey teknolojiler kullanılarak tasarlanmış, entegre bir dünya gözlem sistemi sunar. Bu sistem, yüksek çözünürlük, geniş kapsama alanı ve hızlı veri işleme kapasitesiyle, çevresel, iklimsel ve güvenlik konularında kritik bilgi akışını sağlamanın yanı sıra, inovasyonu ve uygulama alanlarındaki gelişmeleri de desteklemektedir.

Sentinel-2, Copernicus Projesi'nin uzay bileşenini oluşturan multispektral gözlem uydularının öne çıkan örneğidir. Bu uydu, özellikle arazi, bitki örtüsü, toprak ve su kaplaması analizlerinde kritik rol oynayan yüksek çözünürlüklü optik



görüntüler sunar. Üzerinde bulunan MultiSpectral Instrument (MSI), toplam 13 spektral banttı oluştur; bunlardan dört tanesi 10 m, altı tanesi 20 m ve üç tanesi 60 m'lik uzaysal çözünürlükte veri toplar. Bu bant yapısı, mavi, yeşil, kırmızı, yakın kızılötesi (NIR) ve kırmızı kenar (red edge) gibi bantların yanı sıra, kısa dalga kızılötesi (SWIR) bölgelerini de kapsayarak,

### 3

özellikle tarım uygulamalarında bitki sağlığı ve gelişiminin detaylı analizini mümkün kılar.

Sentinel-2'nin tarım için tercih edilmesinin temel sebepleri arasında; yüksek uzaysal çözünürlüğü, geniş görüntüleme alanı (290 km kuşak genişliği) ve hızlı tekrar süresi (ekvatorda yaklaşık 5 gün) bulunmaktadır. Bu özellikler, çiftçiler ve tarım uzmanlarının, bitki örtüsü sağlığı, sulama yönetimi, hastalık ve zararlı tespiti gibi konularda zamanında ve doğru kararlar almasına imkan tanır. Üstelik, Sentinel-2 verileri ücretsiz olarak sunulduğundan, büyük ölçekli tarımsal izleme ve araştırma projelerinde maliyet etkin çözümler üretmek mümkün hale gelir.

Ayrıca, Sentinel-2'nin multispektral bantları, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) gibi bitki indekslerinin hesaplanmasında vazgeçilmezdir. Bu indeksler sayesinde, bitki yoğunluğu, fotosentetik aktivite ve genel sağlık durumu belirlenir; böylece tarımsal üretimde verimlilik, erken uyarı sistemleri ve sürdürülebilir yönetim stratejileri geliştirilebilir. Uydu verilerinin yüksek güncelliği ve dünya genelindeki kapsamı, tarımsal faaliyetlerde mevsimsel ve yıllık değişimleri izlemek için de ideal bir araç sunar.

Sonuç olarak, Sentinel-2'nin sağladığı detaylı multispektral görüntüleme, yüksek çözünürlük ve sık tekrar süresi, onu modern tarım uygulamaları için en uygun ve tercih edilen gözlem aracı haline getirir. Bu özellikler, tarımda verimlilik artışı, kaynakların etkin kullanımı ve çevresel sürdürülebilirlik gibi konularda kritik avantajlar sağlamaktadır.

#### 2.1. Sentinel-2 Bitki İndeksleri Karşılaştırması: Verimlilik Analizinde SAVI Tercihi

- NDVI (Normalized Difference Vegetation Index):
  - Formül:  $(NIR - Kırmızı) / (NIR + Kırmızı)$
  - Genel bitki sağlığı, fotosentetik aktivite ve verim potansiyelini ölçmekte kullanılır. – Ancak, düşük bitki örtüsü durumlarında toprağın yansımaları indeks değerlerine etki edebilmektedir.

- SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index):
  - Formül:  $((NIR - Kırmızı) / (NIR + Kırmızı + L)) \times (1 + L)$ , burada L sabiti genellikle 0.5 alınır.
  - Toprak yansımalarının etkisini azaltır, özellikle erken büyüme evrelerinde veya seyrek bitki örtüsünde daha doğru sonuçlar verir.
- EVI (Enhanced Vegetation Index):
  - Aerosol etkilerini ve toprak yansımalarını minimize etmek amacıyla geliştirilmiştir. – Yoğun bitki örtüsü alanlarında daha iyi performans gösterebilir.

#### 4

- OSAVI (Optimized Soil Adjusted Vegetation Index):
  - SAVI'nın optimize edilmiş bir versiyonudur; düşük bitki örtüsü yoğunluklarında toprağın etkisini azaltmada faydalıdır.
- NDRE (Normalized Difference Red Edge Index):
  - Kırmızı kenar bantlarını kullanarak bitki klorofil içeriğini hassas ölçüm sağlar. – Bitki sağlığındaki ince değişikliklerin tespitinde etkilidir.
- GNDVI (Green NDVI):
  - Yeşil bant ile NIR bandı arasındaki farkı kullanır; bitki verimliliğinin farklı yönlerini değerlendirir.

#### Verimlilik Analizi İçin Seçim:

Verimlilik analizi yaparken, özellikle erken dönem bitki gelişiminde ve seyrek bitki örtüsünde toprak yansımalarının indeks değerlerine olan etkisini minimize etmek büyük önem taşır. Bu yüzden, NDVI'nın dezavantajlarını gidererek toprak etkisini azaltan SAVI indeksini tercih ettim. SAVI, erken büyüme evrelerinde ve düşük bitki örtüsü olan alanlarda, toprak arka planının yansımalarını dengeler; böylece bitki verimliliğinin daha doğru ve güvenilir bir şekilde hesaplanmasına olanak tanır.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Mahsul Verimliliği Tahmini ve Planlama projesi şu anda aktif geliştirme aşamasında olup, çeşitli alanlarda önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Uydu görüntüleri ve makine öğrenimi algoritmalarını kullanarak verim tahmini konusunda başarılı çalışmalar gerçekleştirilmiş, çok bantlı uydu görüntüleri analizi üzerine araştırmalarını sürdürmektedir. Ar-Ge faaliyetleri kapsamında verim analizi algoritması, Unreal Engine 5 entegrasyonu, tarımsal iklim risk yönetimi ve akıllı sistemler üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Projenin genel ilerleme durumu yaklaşık %65 seviyesinde olup, istatistiksel veri platformlarının entegrasyonu için EUROSTAT, QUICKSTAT ve TÜİK gibi kaynaklarla çalışmalar sürdürülmektedir. Ekip, uydu teknolojileri konusunda

Planet Labs gibi önemli servis sağlayıcılarla olan araştırmalarını tamamlamış ve şu anda çok kaynaklı uydu görüntü serileri ve derin öğrenme yaklaşımları üzerine odaklanmaktadır.

## 5

### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, tarımsal verim tahmininde yapay zeka ve uydu teknolojilerinin entegrasyonunu içeren kapsamlı bir sistem geliştirilmeye devam edilmektedir. Mevcut durum ve devam eden çalışmalar şu şekilde özetlenebilir:

Devam Eden Sistem Entegrasyonu ve Veri Analizi:

Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve tarım arazisi maskeleri ile verim tahmini sistemi geliştirilecektir

İstatistiksel veri platformlarının (EUROSTAT, QUICKSTAT ve TÜİK) entegrasyonu sürdürülmektedir

Çok bantlı uydu görüntüleri kullanılarak buğday bitkisi inceleme çalışmaları yapılacaktır Devam Eden Teknik Geliştirmeler:

Ön uç ve arka uç geliştirme çalışmaları sürdürülmektedir

Sistemin yapay zeka bileşenleri optimize edilmeye devam edilmektedir Süren Proje Faaliyetleri:

TÜBİTAK 2209-A başvuru süreci devam etmektedir

Farklı yarışma başvuruları değerlendirilmektedir

Bu çalışmanın gelecek aşamalarında, tarımsal verim tahmininde yapay zeka ve uydu teknolojilerinin daha etkin kullanımı hedeflenmektedir. Geliştirilen sistem, çiftçilere ve tarım sektörü paydaşlarına daha doğru ve zamanında veri sağlayarak, tarımsal üretimin verimliliğini artırmada önemli bir araç olarak hizmet verecektir. performans artışı sağlanmıştır.

İleri dönem çalışmalarında, geliştirilen sistemin performans değerlerinin ulaşılan performans değerlerinin üzerine çıkarılması sağlanarak gerçek zamanlı görüntüleme yapısının oluşturulması sağlanabilecektir. Ayrıca geliştirilen sistem açık kaynak görüntü işleme altyapısı sunan yazılım iskeleti ile kontrol edilebilir hale getirilerek ürünün üretim maliyeti azaltılabilecektir. Geliştirilen ürün tam olarak bilgisayardan bağımsız bir gömülü hızlı hesaplayıcı sistem ile donatılarak bilgisayar kullanımının ortadan kaldırılması sağlanabilecektir.

## 6

### KAYNAKLAR

- [1] "Crop Yield Estimation Using Multi-Source Satellite Image Series and Deep Learning"
- [2] "Corn Yield Estimation Using Machine Learning with Satellite Images and Climate Data"
- [3] "Yield Prediction with Machine Learning Algorithms and Satellite Images" [4] "Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology"
- [5] "Improving Crop Yield Estimation by Applying Higher Resolution Satellite NDVI Imagery and High-Resolution Cropland Masks"
- [6] "Çok Bantlı Uydu Görüntüleri Kullanılarak Buğday Bitkisinin İncelenmesi – Ceylanpınar TİGEM Örneği"

