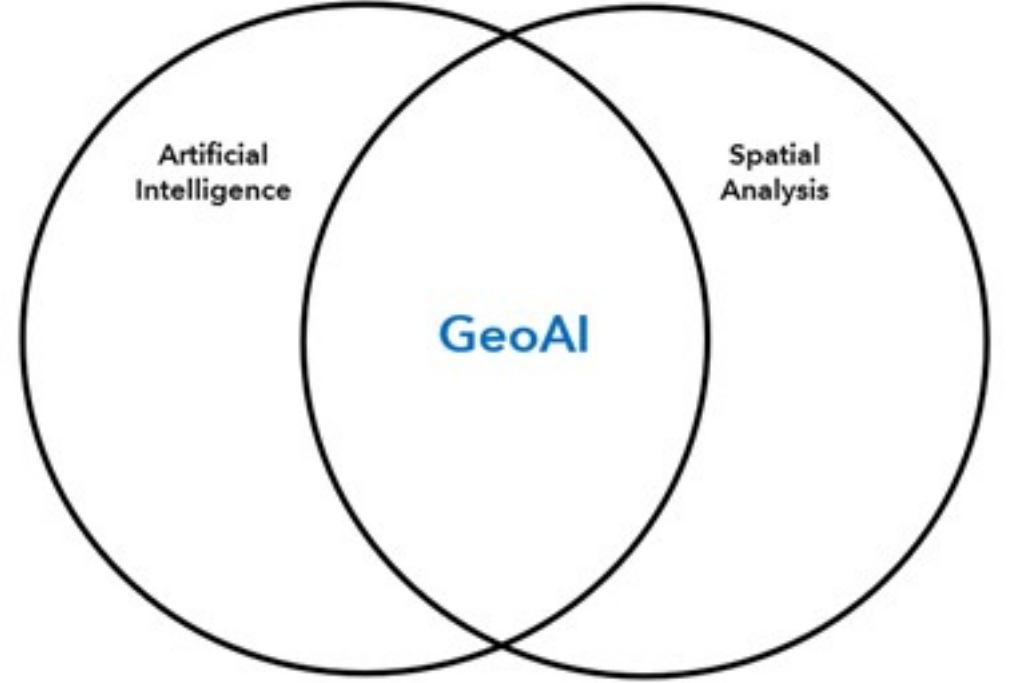


GeoAI ve Mekânsal Makine Öğrenmesinin Temelleri



Öğrenme çıktıları

Ders sonunda öğrenci

- GeoAI, klasik mekânsal analiz ve makine öğrenmesi arasındaki ilişkiyi açıklar
- Bir mekânsal problemde gözlem birimi, hedef ve açıklayıcı değişkenleri tanımlar
- Mekânsal otokorelasyonun doğrulama ve genellenebilirlik üzerindeki etkisini yorumlar
- ArcGIS Pro içindeki GeoAI araçlarını problem türüne göre seçer

Çıktılar kavram, uygulama ve eleştirel değerlendirme düzeylerini birlikte kapsar.

Üç saatlik ders akışı

9. HAFTA

00–55 dk

GeoAI'nin kapsamı

55–110 dk

Veriyi model tablosuna dönüştürme

Ara

10 dakika

120–165 dk

Doğrulama ve mekânsal genelleme ve ArcGIS Pro ile başlangıç

165–180 dk

Laboratuvar başlangıcı ve değerlendirme

BÖLÜM 1

GeoAI'nin kapsamı

Yapay zekâ teknikleri coğrafi bağlamla birlikte ele alınır

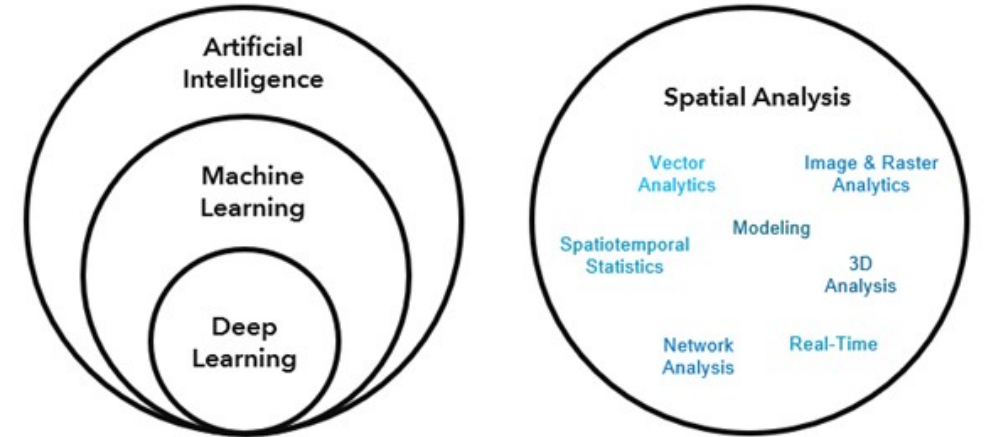
Bu bölümde kavram, yöntem ve uygulama bağlantısı kurulacaktır.

AI, ML, DL ve GeoAI

GEOAI'NİN KAPSAMI

GeoAI yalnızca görüntü sınıflandırma değildir

- Yapay zekâ, insan zekâsı gerektiren görevleri bilgisayarla yürütme alanıdır.
- Makine öğrenmesi, örüntüleri veriden öğrenir. Derin öğrenme çok katmanlı sinir ağlarını kullanır.
- GeoAI; konum, mesafe, komşuluk, ölçek ve zaman bilgisini model tasarımına katar.



Görsel okuma: önce girdi/çıktıyı, sonra renk ve sembollerin neyi temsil ettiğini belirleyin.

GeoAI'nin iki ana kullanım biçimi

GEOAI'NIN KAPSAMI

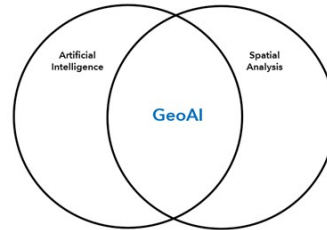
GeoAI hem mekânsal veri üretir hem de mekânsal sorunları modeller

Veri üretimi

Görüntüden bina, yol veya arazi örtüsü çıkarımı
Metinden yer adı ve olay çıkarımı
LiDAR'dan 3B nesne üretimi

Mekânsal problem çözme

Küme ve aykırı değer belirleme
Sınıflandırma ve regresyon
Mekân-zaman tahmini



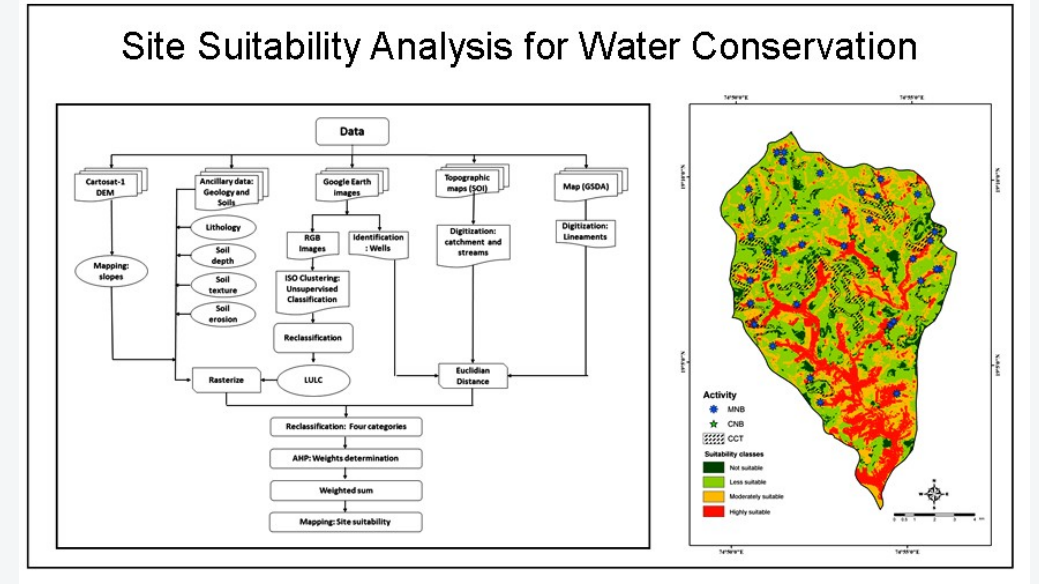
Kaynak: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.5/help/analysis/ai/geoai.htm>

Mekânsal veri neden farklıdır?

GEOAI'NİN KAPSAMI

Yakın gözlemler çoğu zaman bağımsız değildir

- Yakın konumlar benzer çevresel ve toplumsal süreçlerden etkilenebilir.
- Aynı değişken farklı ölçeklerde farklı örüntü gösterebilir.
- Sınır, çözünürlük ve komşuluk tanımı model sonucunu değiştirebilir.
- Bu özellikler veri bölme ve doğrulama stratejisini doğrudan etkiler.



Görsel okuma: önce girdi/çıktıyı, sonra renk ve sembollerin neyi temsil ettiğini belirleyin.

GeoAI problem aileleri

GEOAI'NIN KAPSAMI

Problem türü modelden önce belirlenir

Tahmin

Sınıflandırma: risk sınıfı
Regresyon: talep veya fiyat
Zaman serisi: gelecek dönem

Örüntü keşfi

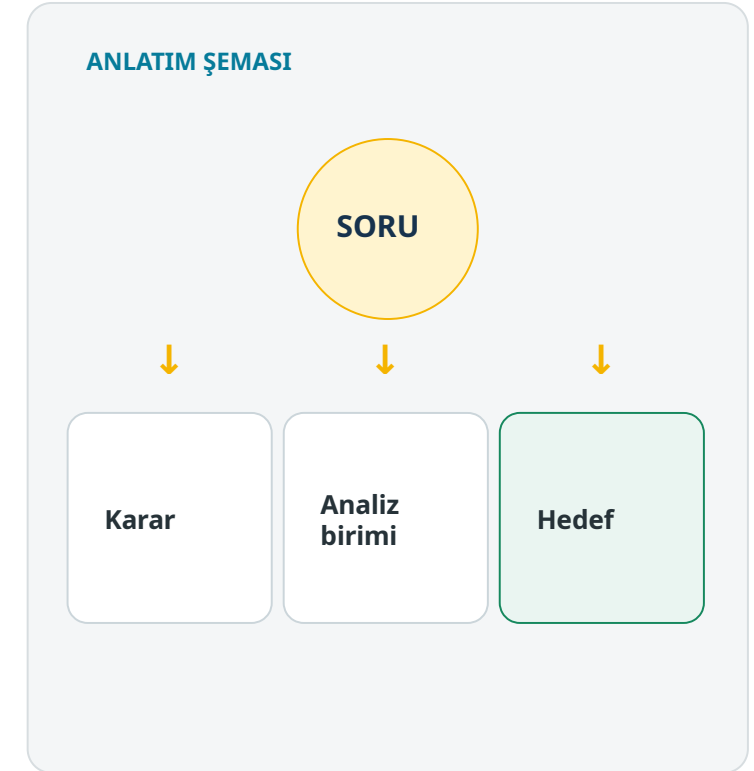
Kümeleme: benzer bölgeler
Anomali: beklenmeyen konum
Görüntü analizi: nesne ve piksel

Bir GeoAI sorusunun anatomisi

GEOAI'NIN KAPSAMI

İyi bir model iyi tanımlanmış bir karara hizmet eder

- Karar: Sonuç hangi eylemi destekleyecek?
- Analiz birimi: Parsel, bina, nokta, piksel veya bölge mi?
- Hedef: Bilinen hangi sonuç öğrenilecek?
- Tahmin ufku: Aynı alan, yeni alan veya gelecek zaman mı?
- Başarı ölçütü: Hangi hata karar açısından daha maliyetli?



BÖLÜM 2

Veriyi model tablosuna dönüştürme

Coğrafi nesneler gözlem ve özelliklere çevrilir

Bu bölümde kavram, yöntem ve uygulama bağlantısı kurulacaktır.

Gözlem birimi ve hedef değişken

VERİYİ MODEL TABLOSUNA DÖNÜŞTÜRME

Her satırın coğrafi anlamı açık olmalıdır

- Bir okul, parsel veya raster hücresi bir gözlem olabilir.
- Sınıflandırmada hedef kategoriktir. Regresyonda hedef sayısalıdır.
- Hedef ölçümünün tarihi ve üretim yöntemi belgelenmelidir.
- Hedef değişkeni açıklayan değil, doğrudan kopyalayan alanlar sızıntı oluşturur.

ANLATIM ŞEMASI

1 Bir okul, parsel veya raster hücresi bir gözle...



2 Sınıflandırmada hedef kategoriktir



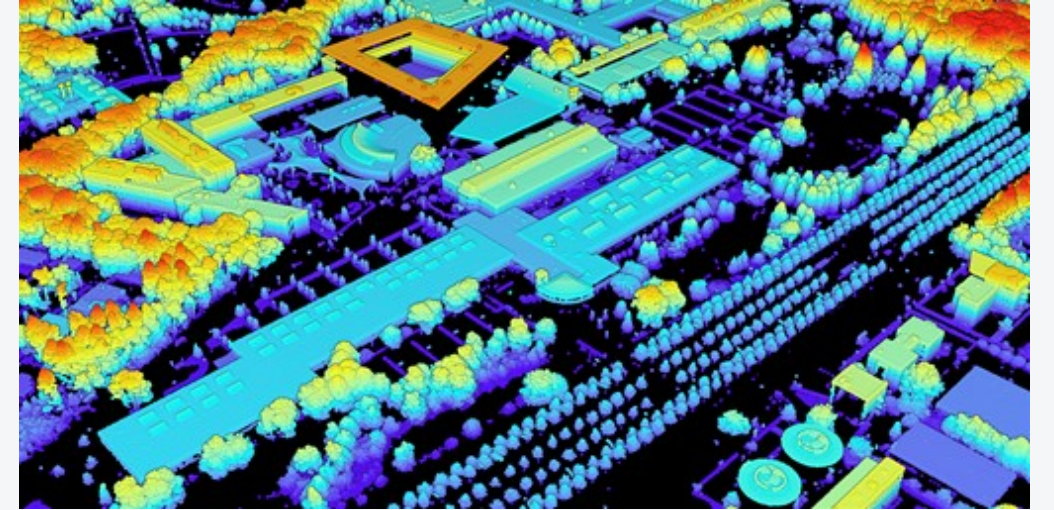
3 Hedef ölçümünün tarihi ve üretim yöntemi belg...

Vektör veriden özellik üretimi

VERİYİ MODEL TABLOSUNA DÖNÜŞTÜRME

Konumsal ilişkiler sayısal girdilere çevrilir

- En yakın ana yola, hastaneye veya rakibe uzaklık
- Belirli yarıçapta nüfus, olay veya tesis sayısı
- Ağ üzerinden seyahat süresi ve erişilebilir nüfus
- Komşu alanların ortalaması veya yerel değişkenlik
- Poligon biçimi, alanı ve yoğunluğu

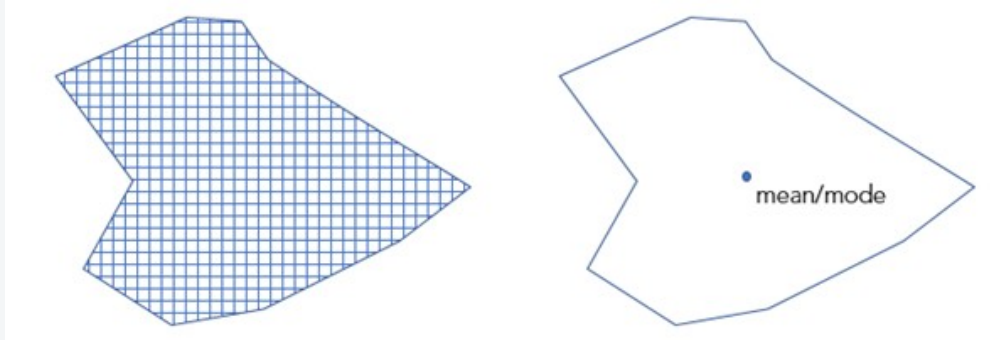


Görsel okuma: önce girdi/çıktıyı, sonra renk ve sembollerin neyi temsil ettiğini belirleyin.

Raster veriden özellik üretimi

VERİYİ MODEL TABLOSUNA DÖNÜŞTÜRME

Hücre değeri kadar çözünürlük ve örnekleme yöntemi de önemlidir



Görsel okuma: önce girdi/çıktıyı, sonra renk ve sembollerin neyi temsil ettiğini belirleyin.

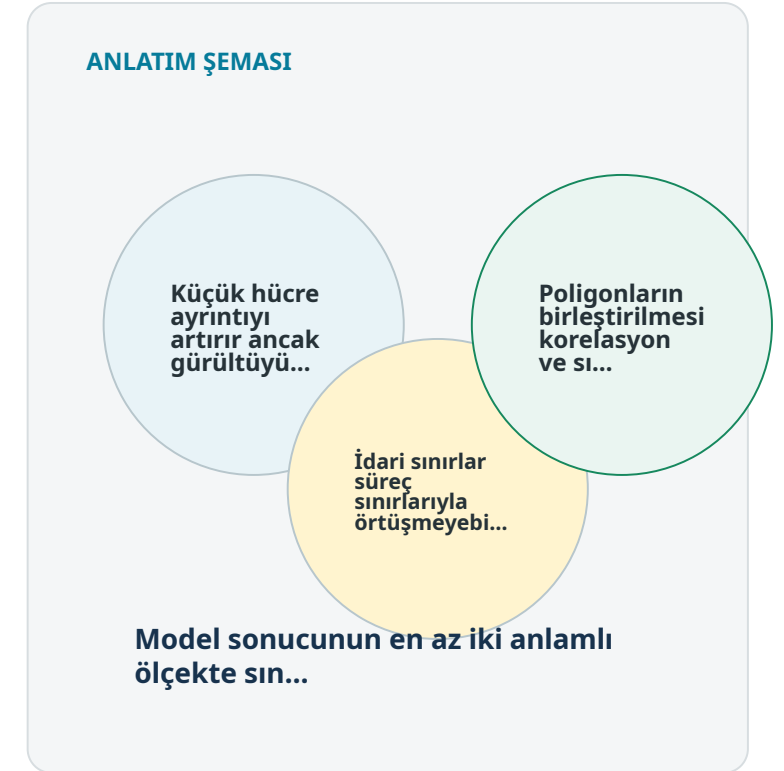
- DEM, eğim, yağış, sıcaklık ve uydu bantları açıklayıcı raster olabilir.
- Noktalara raster değeri örneklenebilir; poligonlarda ortalama veya çoğunluk kullanılabilir.
- Sürekli rasterlarda bilinear, kategorik rasterlarda en yakın komşu örnekleme tercih edilir.
- Tüm rasterlar ortak koordinat, hücre boyutu ve çalışma alanına getirilmelidir.

Mekânsal çözünürlük ve MAUP

VERİYİ MODEL TABLOSUNA DÖNÜŞTÜRME

Aynı süreç farklı bölgeleme ve hücre boyutlarında farklı görünür

- Küçük hücre ayrıntıyı artırır ancak gürültüyü de büyütebilir.
- İdari sınırlar süreç sınırlarıyla örtüşmeyebilir.
- Poligonların birleştirilmesi korelasyon ve sınıf oranlarını değiştirebilir.
- Model sonucunun en az iki anlamlı ölçekte sınanması güçlü bir kalite kontrolüdür.

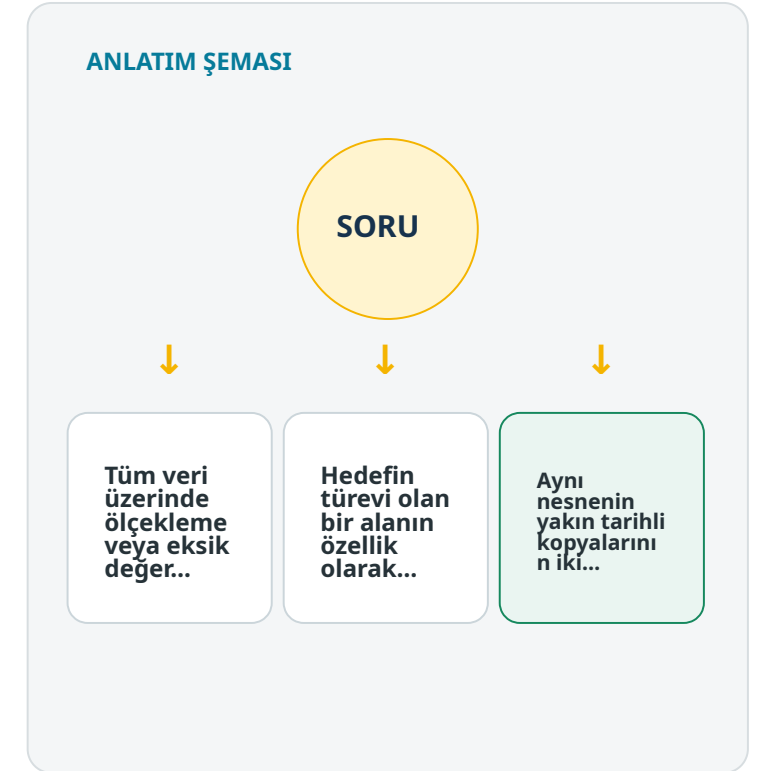


Veri hazırlamada sızıntı

VERİYİ MODEL TABLOSUNA DÖNÜŞTÜRME

Test verisine ait bilgi eğitim sürecine girmemelidir

- Tüm veri üzerinde ölçekleme veya eksik değer doldurma
- Hedefin türevi olan bir alanın özellik olarak kullanılması
- Aynı nesnenin yakın tarihli kopyalarının iki farklı kümeye ayrılması
- Komşu piksellerin rastgele biçimde eğitim ve teste dağıtılması
- Test alanı görülerek özellik ve model seçilmesi



BÖLÜM 3

Doğrulama ve mekânsal genelleme

Modelin yeni konumlarda ne kadar güvenilir olduğu sınanır

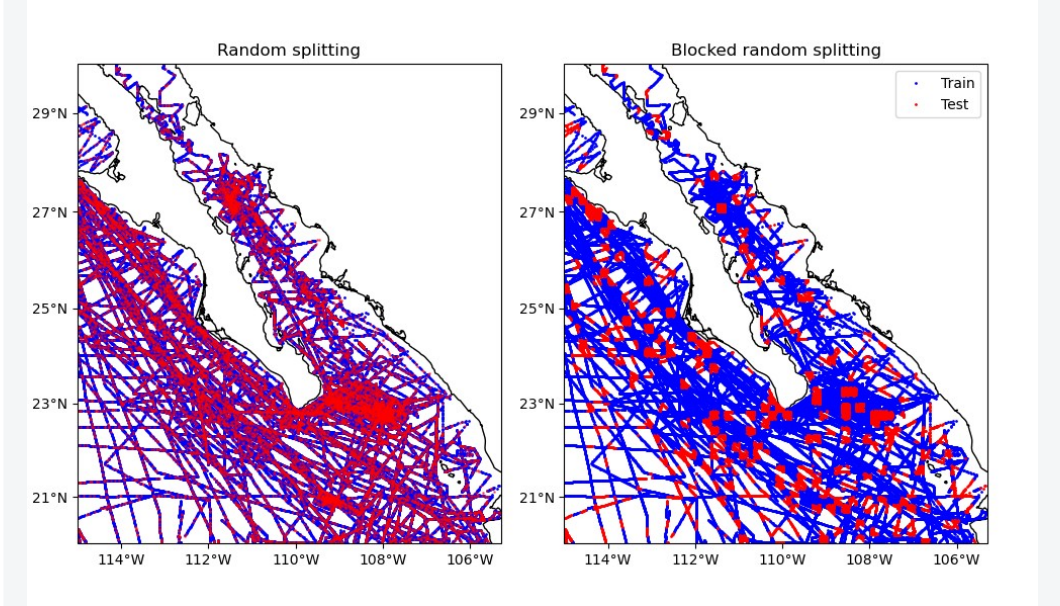
Bu bölümde kavram, yöntem ve uygulama bağlantısı kurulacaktır.

Rastgele ayırmanın yanıltıcı olduğu durum

DOĞRULAMA VE MEKÂNSAL GENELLEME

Yakın eğitim ve test noktaları performansı olduğundan yüksek gösterebilir

- Rastgele bölme, komşu ve benzer gözlemleri iki kümeye dağıtır.
- Model yeni bir coğrafyaya taşındığında bu yakınlık avantajı ortadan kalkar.
- Özellikle çevresel yüzeyler, görüntü pikselleri ve olay yoğunluklarında risk yüksektir.

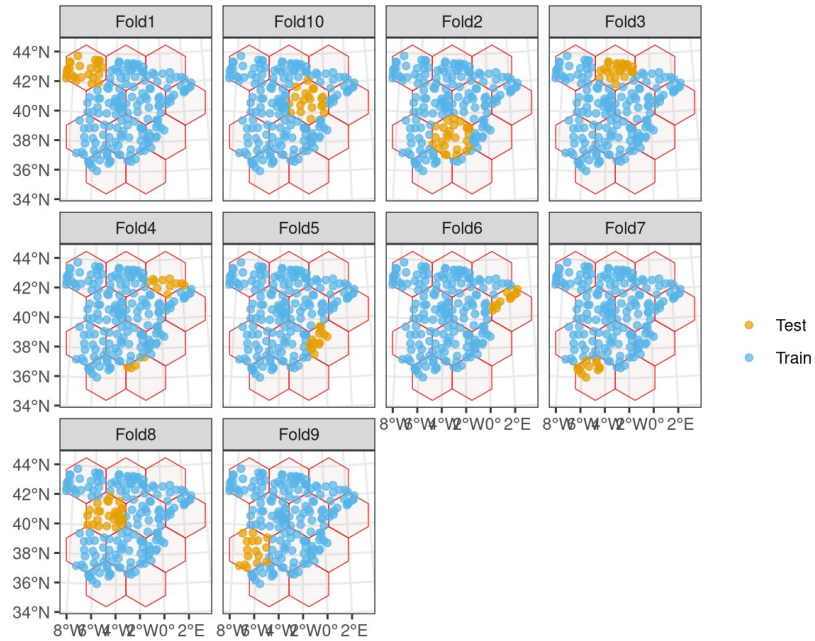


Görsel okuma: önce girdi/çıktıyı, sonra renk ve sembollerin neyi temsil ettiğini belirleyin.

Mekânsal çapraz doğrulama

DOĞRULAMA VE MEKÂNSAL GENELLEME

Coğrafi bloklar gerçek kullanım senaryosunu taklit eder



Görsel okuma: önce girdi/çıktıyı, sonra renk ve sembollerin neyi temsil ettiğini belirleyin.

- Çalışma alanı mekânsal bloklara veya bölgelere ayrılır.
- Her turda bir veya daha fazla bölge test için dışarıda tutulur.
- Blok boyutu süreçteki otokorelasyon mesafesine göre seçilir.
- Sonuçlar ortalama skor, değişkenlik ve hata haritasıyla raporlanır.

Tahmin senaryosuna göre veri bölme

DOĞRULAMA VE MEKÂNSAL GENELLEME

Doğrulama düzeni kullanım amacını temsil etmelidir

Aynı alanda yeni gözlem

Zamansal ayırma
Aynı sensör ve süreç
Gelecek dönem testi

Yeni coğrafyada tahmin

Bölgeyi dışarıda bırakma
Mekânsal bloklama
Transfer başarısı

Performansın üç görünümü

DOĞRULAMA VE MEKÂNSAL GENELLEME

Tek bir skor model kalitesini açıklamaz

- Sayısal ölçüt: MAE, RMSE, F1, MCC veya IoU
- Mekânsal görünüm: Hataların nerede kümелendiği
- Karar görünümü: Yanlış pozitif ve yanlış negatif maliyeti
- Kararlılık: Farklı bloklar ve zamanlarda skor değişimi
- Belirsizlik: Güven aralığı veya tahmin olasılığı

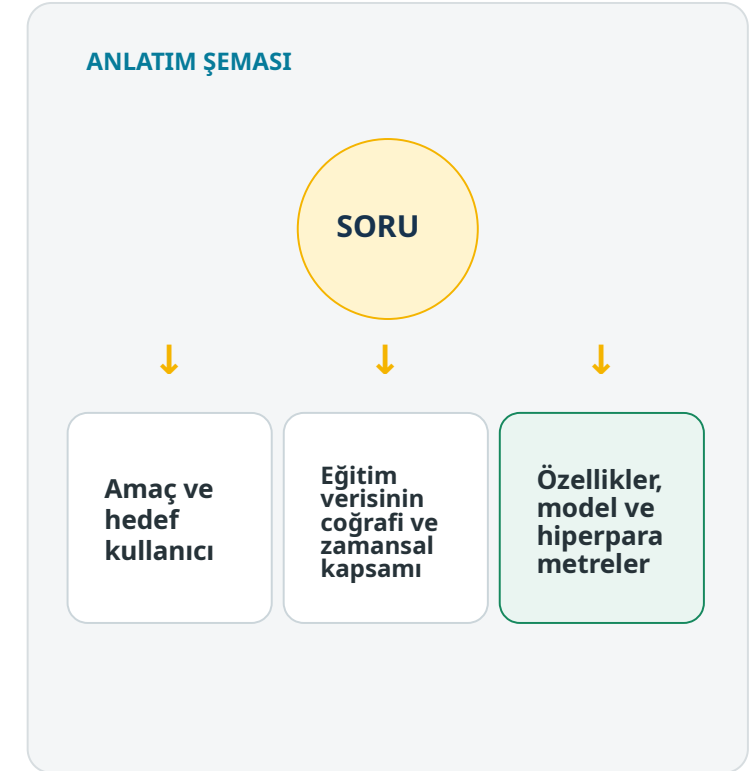


GeoAI model kartı

DOĞRULAMA VE MEKÂNSAL GENELLEME

Modelin kullanım sınırları sonuçla birlikte teslim edilir

- Amaç ve hedef kullanıcı
- Eğitim verisinin coğrafi ve zamansal kapsamı
- Özellikler, model ve hiperparametreler
- Doğrulama düzeni ve hata ölçütleri
- Bilinen başarısızlık bölgeleri
- Etik, gizlilik ve bakım sorumluluğu



BÖLÜM 4

ArcGIS Pro ile başlangıç

Kavramlar araç adlarıyla eşleştirilir

Bu bölümde kavram, yöntem ve uygulama bağlantısı kurulacaktır.

ArcGIS içindeki GeoAI araç grupları

ARCGIS PRO İLE BAŞLANGIÇ

Her araç farklı veri ve soru türüne hizmet eder

- Spatial Statistics: ilişki, küme, aykırı değer ve tahmin
- Space Time Pattern Mining: küp, örüntü ve tahmin
- Image Analyst: piksel sınıflandırma, tespit ve segmentasyon
- GeoAI toolbox: özellik ve tablo analizi, metin ve zaman serisi
- ArcGIS Notebooks: özel Python iş akışları

ANLATIM ŞEMASI

1 Spatial Statistics



2 Space Time Pattern Mining



3 Image Analyst

Araç seçimi örnekleri

ARCGIS PRO İLE BAŞLANGIÇ

Soru, veri ve çıktı birlikte değerlendirilir

Soru

Konut fiyatı tahmini
Benzer mahalleleri bulma
Bina çıkarımı
Yeni suç sıcak noktası

Olası araç

Forest-based Regression
Multivariate Clustering
Detect Objects Using DL
Emerging Hot Spot Analysis

ArcGIS derin öğrenme iş akışı

ARCGIS PRO İLE BAŞLANGIÇ

Eğitim verisi, model ve çıkarım ayrı kalite kontrolleri gerektirir

- Eğitim örneklerini ve sınıf şemasını hazırla.
- Modeli eğit veya uygun pretrained modeli seç.
- Yeni görüntü üzerinde çıkarım çalıştır.
- Sonucu referans veri ve harita üzerinden doğrula.

ANLATIM ŞEMASI

Eğitim örneklerini ve sınıf şemasını hazırla

Modeli eğit veya uygun pretrained
modeli seç

Yeni görüntü üzerinde çıkarım
çalıştır

Sonucu referans veri ve
harita üzerinden doğrula

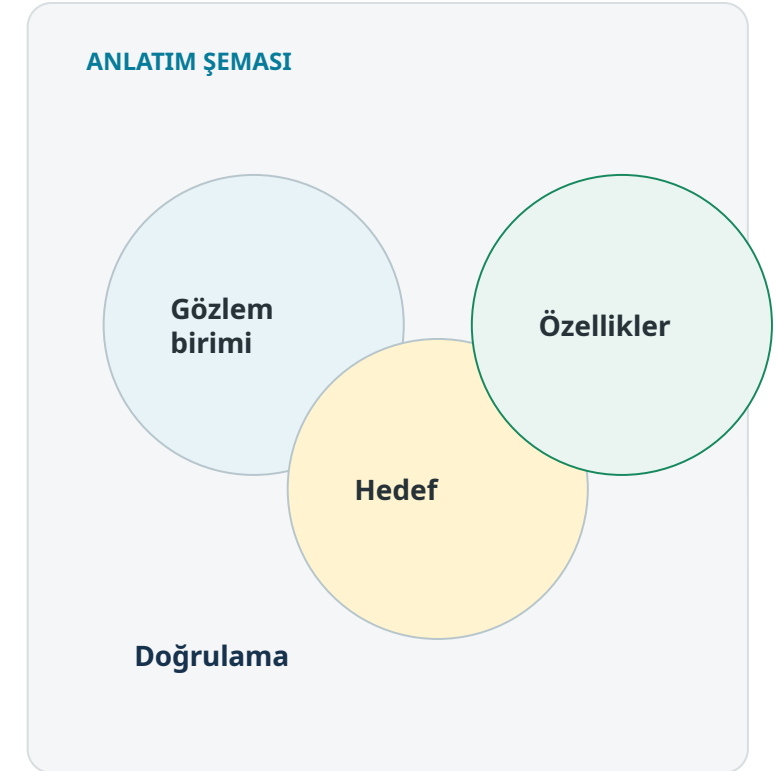
genelden uygulamaya

Örnek problem: okul risk sınıflandırması

ARCGIS PRO İLE BAŞLANGIÇ

İlk uygulama algoritmadan önce veri tasarımına odaklanır

- Gözlem birimi: okul binası
- Hedef: doğrulanmış risk sınıfı
- Özellikler: PGA, zemin, eğim, bina yaşı, kat sayısı ve fay uzaklığı
- Doğrulama: ilçeleri blok olarak dışarıda bırakma
- Çıktı: olasılık, sınıf ve hata haritası

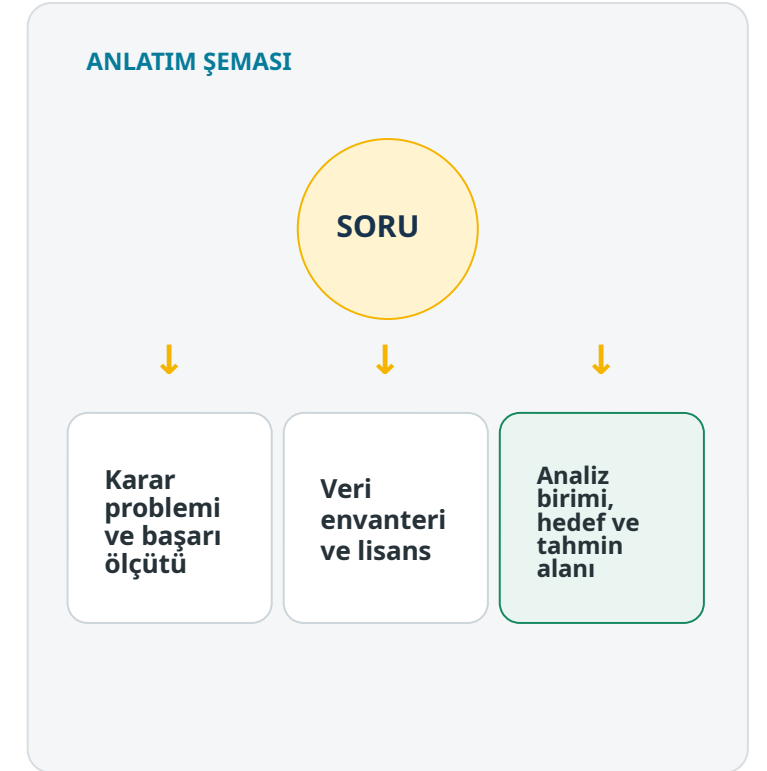


Uygulamaya geçmeden önce

ARCGIS PRO İLE BAŞLANGIÇ

Bir sayfalık analiz planı model hatalarının çoğunu önler

- Karar problemi ve başarı ölçütü
- Veri envanteri ve lisans
- Analiz birimi, hedef ve tahmin alanı
- Bölme stratejisi ve temel model
- Harita, tablo ve model kartı teslimleri



YÖNLENDİRİLMİŞ UYGULAMA

GeoAI problem tasarım stüdyosu

Ankara'da bir kamu hizmetinin talep veya risk düzeyini tahmin edecek çalışma tasarlayın.

Laboratuvar senaryosu

UYGULAMA

Ankara'da bir kamu hizmetinin talep veya risk düzeyini tahmin edecek çalışma tasarlayın.

- Çalışma alanı ve analiz birimini belirtin.
- Karar kullanıcısını ve beklenen çıktıyı tanımlayın.
- Veri, yöntem ve doğrulama arasında tutarlı bir zincir kurun.

Laboratuvar işlem adımları

UYGULAMA

- Karar kullanıcısını ve tek bir araştırma sorusunu yazın.
- Gözlem birimini, hedefi ve en fazla sekiz açıklayıcı değişkeni tanımlayın.
- Olası mekânsal sızıntı kaynaklarını işaretleyin.
- Rastgele ve mekânsal doğrulama sonuçlarının neden farklı olabileceğini açıklayın.
- Bir ArcGIS Pro araç zinciri ve teslim haritası taslağı hazırlayın.

Her adım için ekran görüntüsü veya işlem geçmişi kanıtı saklanmalıdır.

Laboratuvar kalite kontrolü

UYGULAMA

- Girdi verisinin tarihi, koordinat sistemi ve çözünürlüğü kaydedildi mi?
- Eğitim ve test verisi coğrafi veya zamansal olarak bağımsız mı?
- Araç parametreleri ve random seed kaydedildi mi?
- Sonuç nicel ölçüt ve harita üzerinden doğrulandı mı?
- Sınırlılık ve kullanım sınırı açıklandı mı?

Laboratuvar teslim paketi

UYGULAMA

Bir sayfalık analiz planı, veri sözlüğü ve mekânsal doğrulama şeması

- Harita veya model çıktısı
- Veri ve yöntem açıklaması
- Doğrulama kanıtı
- Hata veya belirsizlik yorumu
- Kaynaklar ve kısa kullanım sınırı

Ders sonu kontrolü 1

9. HAFTA

DEĞERLENDİRME

Aynı mahalledeki komşu noktaları rastgele eğitim ve teste ayırmak hangi riski doğurur?

A Kartografik genelleştirme

B Mekânsal veri sızıntısı

C Projeksiyon dönüşümü

D Sınıf etiketi eksikliği

Ders sonu kontrolü 2

9. HAFTA

DEĞERLENDİRME

Yeni bir ilde kullanılacak model için en uygun doğrulama yaklaşımı hangisidir?

- A** Tüm veriyi eğitimde kullanmak
- B** Yalnız eğitim doğruluğunu raporlamak
- C** Bir coğrafi bölgeyi test için dışarıda bırakmak
- D** Renk paletini değiştirmek

Ders sonu kontrolü 3

DEĞERLENDİRME

GeoAI model kartında hangisi mutlaka yer almalıdır?

- A Yalnız yazılım sürümü
- B Yalnız en yüksek skor
- C Coğrafi kapsam ve kullanım sınırları
- D Sadece harita başlığı

GeoAI ve Mekânsal Makine Öğrenmesinin Temelleri

- GeoAI'nin kapsamı
- Veriyi model tablosuna dönüştürme
- Doğrulama ve mekânsal genelleme
- ArcGIS Pro ile başlangıç

Ana ilke

**Coğrafi veri yapısı,
doğrulama düzeni ve
kullanım bağlamı
model seçiminden
önce gelir.**

Kaynaklar ve ileri okuma

- <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.5/help/analysis/ai/geoai.htm>
- <https://doi.org/10.1111/ecog.02881>
- https://www.fatiando.org/verde/latest/gallery/train_test_split.html
- <https://doc.esri.com/en/arcgis-pro/latest/tool-reference/spatial-statistics/how-forest-works.html>
- <https://arxiv.org/abs/2508.00858>

Sunumdaki her dış görselin kaynağı ilgili slaydın alt bilgisinde ve konuşmacı notlarında belirtilmiştir.