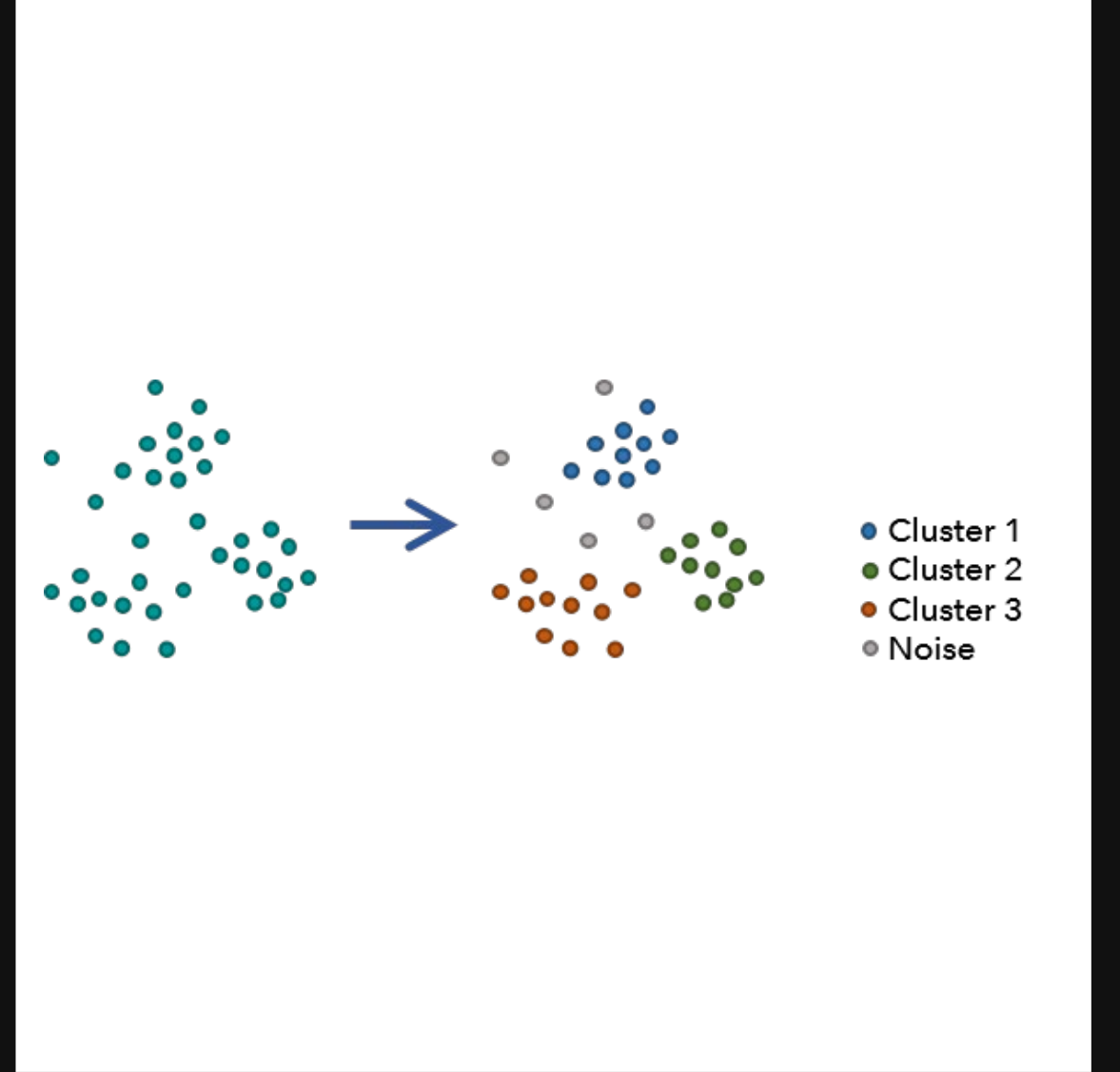


# Mekânsal Örüntü, Kümeleme ve Anomali Analizi



# Öğrenme çıktıları

## Ders sonunda öğrenci

- Global ve yerel mekânsal otokorelasyon arasındaki farkı açıklar
- Hot Spot, Local Moran's I ve yoğunluk tabanlı kümeleme sonuçlarını ayırt eder
- Mekân-zaman küpü ve Emerging Hot Spot sonuçlarını yorumlar
- Küme ve anomali analizlerinde ölçek, komşuluk ve çoklu test risklerini değerlendirir

---

Çıktılar kavram, uygulama ve eleştirel değerlendirme düzeylerini birlikte kapsar.

# Üç saatlik ders akışı

11. HAFTA

00–55 dk

Mekânsal örüntünün istatistiksel temeli

---

55–110 dk

Yerel kümeler ve mekânsal aykırılar

---

Ara

10 dakika

---

120–165 dk

Kümeleme ve yoğunluk ve Mekân-zaman örüntüleri

---

165–180 dk

Laboratuvar başlangıcı ve değerlendirme

---

## BÖLÜM 1

# Mekânsal örüntünün istatistiksel temeli

Görünen kümelenmenin rastlantısal olup olmadığı sınıanır

Bu bölümde kavram, yöntem ve uygulama bağlantısı kurulacaktır.

# Mekânsal otokorelasyon

## MEKÂNSAL ÖRÜNTÜNÜN İSTATİSTİKSEL TEMELİ

### Benzer değerlerin yakınlığı bağımsızlık varsayımını bozar

- Pozitif otokorelasyon benzer değerlerin komşu olmasını ifade eder.
- Negatif otokorelasyon komşuların birbirinden farklı olmasını ifade eder.
- Komşuluk matrisi hangi gözlemlerin ilişkili olduğunu tanımlar.
- Mesafe, bitişiklik veya ağ bağlantısı farklı ağırlık yapıları üretir.

#### ANLATIM ŞEMASI

1 Pozitif otokorelasyon benzer değerlerin komşu...



2 Negatif otokorelasyon komşuların birbirinden...



3 Komşuluk matrisi hangi gözlemlerin ilişkili o...

## Tek bir istatistik tüm çalışma alanındaki genel eğilimi özetler

- Pozitif ve anlamlı değer kümelenmeyi destekler.
- Negatif ve anlamlı değer dağınık veya dama tahtası örüntüsünü gösterir.
- Anlamsız sonuç belirgin bir global örüntü olmadığını düşündürür.
- Global sonuç kümelerin nerede olduğunu göstermez.

### ANLATIM ŞEMASI

01

Pozitif ve anlamlı değer kümelenmeyi destekler

02

Negatif ve anlamlı değer dağınık veya dama ta...

03

Anlamsız sonuç belirgin bir global örüntü olm...

04

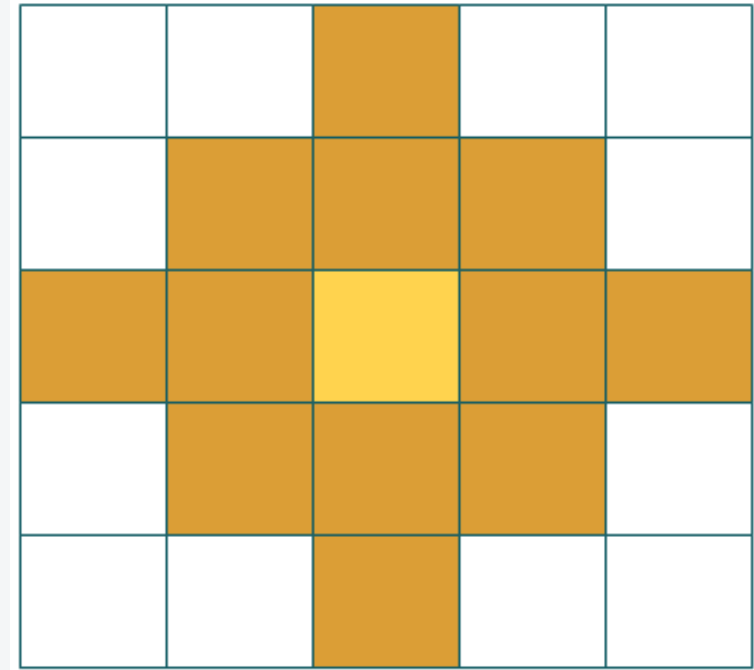
Global sonuç kümelerin nerede olduğunu göster...

# Komşuluk seçimi

## MEKÂNSAL ÖRÜNTÜNÜN İSTATİSTİKSEL TEMELİ

### İstatistik sonucu komşuluğun nasıl tanımlandığına duyarlıdır

- Sabit mesafe tüm gözlemler için aynı etki yarıçapını kullanır.
- K en yakın komşu her gözleme en az belirli sayıda komşu verir.
- Poligonlarda rook veya queen bitişikliği kullanılabilir.
- Ağ tabanlı komşuluk ulaşım veya akış süreçleri için daha anlamlı olabilir.



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

## Sıcak nokta yalnızca veri özelliği değil, analiz ölçeğinin de sonucudur

- Çok küçük mesafe birçok gözlemi komşusuz bırakabilir.
- Çok büyük mesafe yerel farklılıkları ortalamaya dönüştürür.
- Incremental Spatial Autocorrelation uygun mesafe adaylarını gösterebilir.
- Sonuçlar birden fazla anlamlı ölçekte karşılaştırılmalıdır.



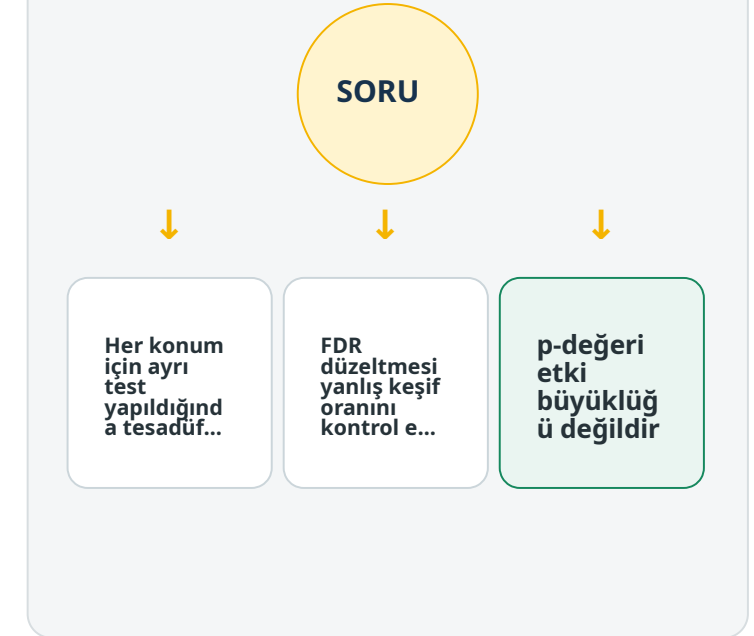
# Anlamlılık ve çoklu test

## MEKÂNSAL ÖRÜNTÜNÜN İSTATİSTİKSEL TEMELİ

### Çok sayıda yerel test yanlış pozitif riskini artırır

- Her konum için ayrı test yapıldığında tesadüfi anlamlılıklar oluşabilir.
- FDR düzeltmesi yanlış keşif oranını kontrol etmeye yardımcı olur.
- p-değeri etki büyüklüğü değildir.
- Harita yorumunda z-skoru, sınıf ve komşuluk birlikte belirtilmelidir.

#### ANLATIM ŞEMASI



## BÖLÜM 2

# Yerel kümeler ve mekânsal aykırılar

Yerel istatistikler örüntünün konumunu belirler

Bu bölümde kavram, yöntem ve uygulama bağlantısı kurulacaktır.

# Anselin Local Moran's I

## YEREL KÜMELER VE MEKÂNSAL AYKIRILAR

### Yerel kümeler ile komşularından farklı aykırı değerleri ayırır

- HH: yüksek değer, yüksek komşular
- LL: düşük değer, düşük komşular
- HL: yüksek değer, düşük komşular arasında
- LH: düşük değer, yüksek komşular arasında
- Yalnız anlamlı konumlar sınıflandırılır.

#### ANLATIM ŞEMASI

1 HH



2 LL



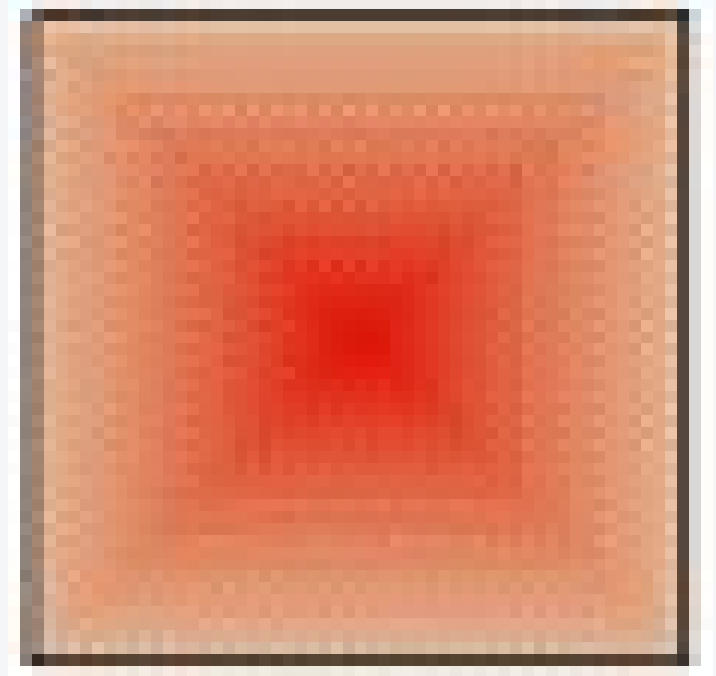
3 HL

# Hot Spot Analysis Getis-Ord Gi\*

## YEREL KÜMELER VE MEKÂNSAL AYKIRILAR

### Yüksek veya düşük değerlerin yerel yoğunlaşmasını ölçer

- Yüksek pozitif z-skoru sıcak noktayı gösterir.
- Düşük negatif z-skoru soğuk noktayı gösterir.
- Tek başına yüksek değer sıcak nokta olmak için yeterli değildir.
- Komşuların da yüksek olması ve örüntünün anlamlı olması gerekir.



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

# Local Moran ve Gi\* farkı

YEREL KÜMELER VE MEKÂNSAL AYKIRILAR

## İki yöntem farklı araştırma sorularını yanıtlar

### Local Moran's I

Küme ve mekânsal aykırı değer  
HH, LL, HL, LH  
Sınır ve anomali soruları

### Getis-Ord Gi\*

Sıcak ve soğuk yoğunlaşma  
Yüksek ve düşük kümeler  
Kaynak tahsisi ve önceliklendirme

# Mekânsal aykırı değer

## YEREL KÜMELER VE MEKÂNSAL AYKIRILAR

### Aykırılık bağlama göre tanımlanır

- Global olarak sıradan bir değer yerel olarak aykırı olabilir.
- HL ve LH alanları keskin geçiş veya veri hatası gösterebilir.
- Aykırı konum önce veri kalitesi, sonra süreç açıklaması açısından incelenir.
- Aykırı değeri otomatik silmek önemli bir yerel olguyu kaybettirebilir.

#### ANLATIM ŞEMASI

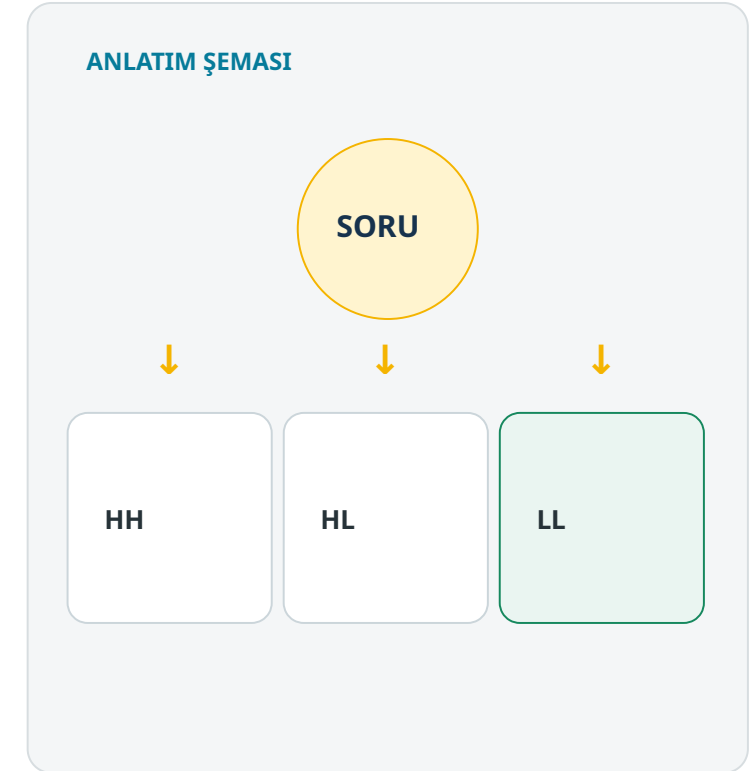


# Uygulama örneği: erişim eşitsizliği

YEREL KÜMELER VE MEKÂNSAL AYKIRILAR

## Yerel istatistik karar alanlarını görünür kılar

- HH: yüksek nüfus ve yüksek hizmet açığı kümesi
- HL: çevresine göre beklenmedik yüksek açık
- LL: düşük açık ve düşük komşular
- Gi\*: müdahalenin yoğunlaştırılacağı sıcak alanlar
- Sonuçlar nüfus ve idari sınırlarla birlikte yorumlanır.



## BÖLÜM 3

# Kümeleme ve yoğunluk

Etiketsiz öğrenme benzer veya yoğun gözlemleri gruplar

Bu bölümde kavram, yöntem ve uygulama bağlantısı kurulacaktır.

# K-means ve çok deęişkenli kümeleme

## KÜMELEME VE YOĞUNLUK

### Kümeler özellik uzayındaki benzerliğe dayanır

- Küme sayısı önceden belirlenir.
- Deęişkenler ortak ölçeęe getirilmelidir.
- Aykırı değerler merkezleri etkileyebilir.
- Küme numaralarının doğal sırası yoktur.
- Mekânsal olarak parçalı kümeler oluşabilir.

#### ANLATIM ŞEMASI

1 Küme sayısı önceden belirlenir



2 Deęişkenler ortak ölçeęe getirilmelidir



3 Aykırı değerler merkezleri etkileyebilir

## Yoğun bölgeleri bulur ve seyrek noktaları gürültü olarak ayırır

- Epsilon komşuluk mesafesini tanımlar.
- Minimum points çekirdek yoğunluğunu belirler.
- Küme sayısı önceden verilmez.
- Düzensiz biçimli kümeleri yakalayabilir.
- Farklı yoğunluklara sahip veri tek epsilon ile zorlanabilir.

### ANLATIM ŞEMASI

01

Epsilon  
komşuluk  
mesafesini  
tanımlar

02

Minimum points  
çekirdek  
yoğunluğunu  
belirler

03

Küme sayısı  
önceden  
verilmez

04

Düzensiz biçimli  
kümeleri  
yakalayabilir

# HDBSCAN ve OPTICS

## KÜMELEME VE YOĞUNLUK

### Değişken yoğunluklu örüntülerde DBSCAN'e alternatif sunar

- HDBSCAN farklı mesafelerde kararlı kümeler arar.
- OPTICS noktaları erişilebilirlik yapısına göre sıralar.
- ArcGIS Pro aracı defined distance, self-adjusting ve multi-scale seçenekleri sunar.
- Küme olasılığı ve gürültü sınıfı ayrıca değerlendirilmelidir.

#### ANLATIM ŞEMASI

HDBSCAN farklı mesafelerde kararlı kümeler ar...

OPTICS noktaları erişilebilirlik yapısına gör...

ArcGIS Pro aracı defined distance, self-adjus...

Küme olasılığı ve gürültü sınıfı ayrıca değer...

genelden uygulamaya

# Mekânsal kısıtlı kümeleme

## KÜMELEME VE YOĞUNLUK

### Coğrafi bütünlük istatistiksel benzerlikle dengelenir

- Bitişik alanların aynı bölgede olması zorunlu tutulabilir.
- Sonuç planlama bölgeleri için daha uygulanabilir olabilir.
- Kısıt, kümeler içindeki homojenliği azaltabilir.
- Kısıtlı ve kısıtsız çözümler birlikte raporlanmalıdır.

#### ANLATIM ŞEMASI



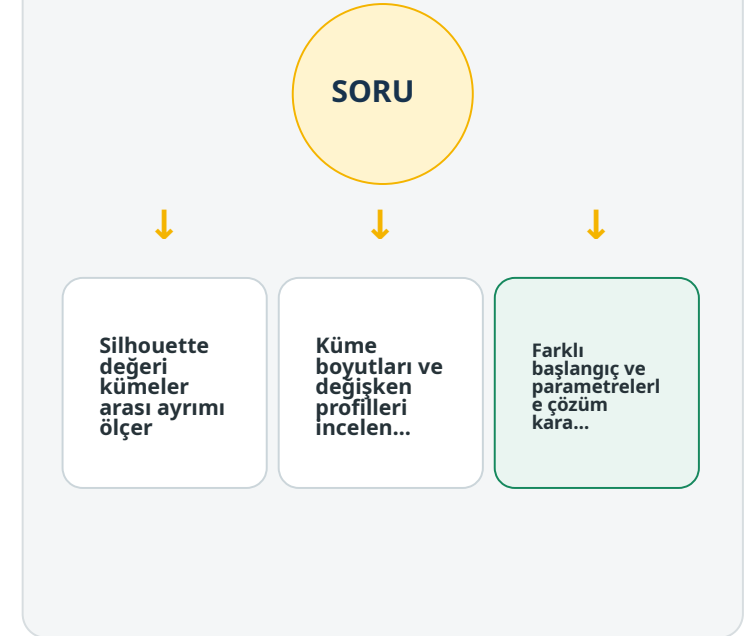
# Küme kalitesini değerlendirme

## KÜMELEME VE YOĞUNLUK

### Tek bir görsel ayrışma yeterli değildir

- Silhouette değeri kümeler arası ayrımı ölçer.
- Küme boyutları ve değişken profilleri incelenir.
- Farklı başlangıç ve parametrelerle çözüm kararlılığı sınanır.
- Harita üzerinde coğrafi anlam ve uygulanabilirlik kontrol edilir.

#### ANLATIM ŞEMASI



## BÖLÜM 4

# Mekân-zaman örüntüleri

Küme davranışının zaman içinde nasıl değiştiği incelenir

Bu bölümde kavram, yöntem ve uygulama bağlantısı kurulacaktır.

# Space Time Cube

## MEKÂN-ZAMAN ÖRÜNTÜLERİ

### Her konumun zaman serisi üç boyutlu kutularda tutulur

- X ve Y konumu, Z eksenini zamanı temsil eder.
- Her bin için olay sayısı veya özet değer hesaplanır.
- Eksik zaman adımları ve zaman aralığı sonucu etkiler.
- Küp, Emerging Hot Spot ve zaman serisi araçlarının girdisidir.

#### ANLATIM ŞEMASI

1 X ve Y konumu, Z eksenini zamanı temsil eder



2 Her bin için olay sayısı veya özet değer hesa...



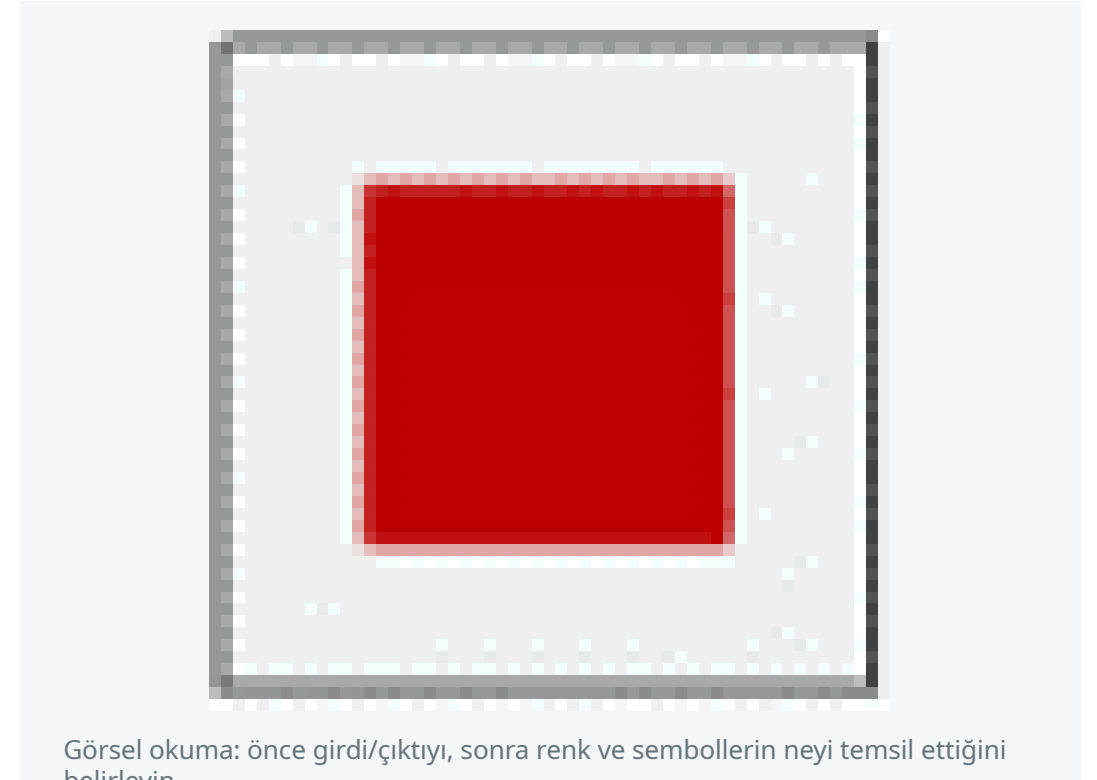
3 Eksik zaman adımları ve zaman aralığı sonucu...

# Emerging Hot Spot Analysis

## MEKÂN-ZAMAN ÖRÜNTÜLERİ

### Araç sıcak ve soğuk noktaların zaman içindeki davranışını sınıflandırır

- New, consecutive, intensifying, persistent ve diminishing örüntüler
- Sporadic, oscillating ve historical örüntüler
- Her konum için  $G_i^*$  zaman serisi ve Mann-Kendall eğilimi kullanılır.
- FDR düzeltmesi mekânsal ve çoklu test etkisini azaltır.



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

# Intensifying ve persistent farkı

## MEKÂN-ZAMAN ÖRÜNTÜLERİ

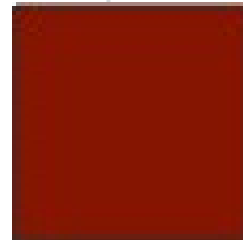
Sürekli sıcak olmak ile giderek güçlenmek aynı değildir

### Persistent hot spot

Zaman adımlarının büyük bölümünde anlamlı sıcak nokta  
Belirgin artış veya azalış eğilimi yok

### Intensifying hot spot

Son dönemlerde sıcak nokta  
Z-skorlarında anlamlı artış eğilimi



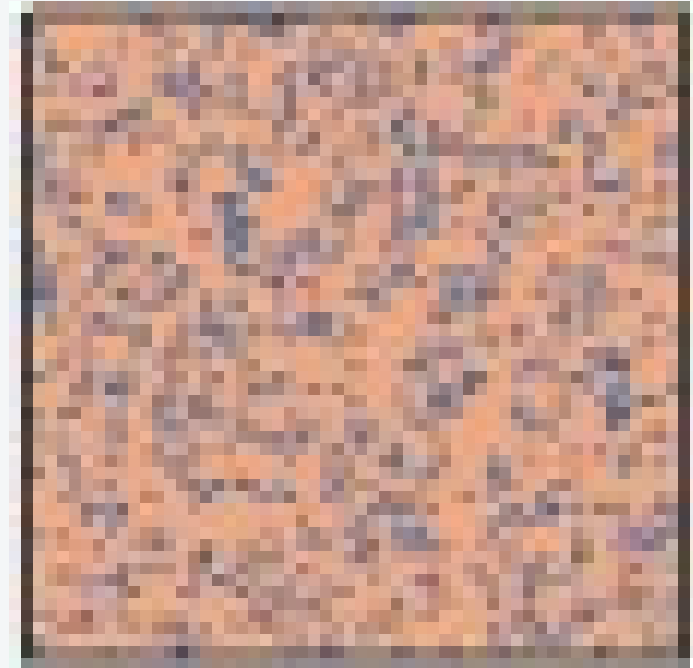
Kaynak: <https://doc.esri.com/en/arcgis-pro/latest/tool-reference/space-time-pattern-mining/learnmoreemerging.html>

# Oscillating örüntü

## MEKÂN-ZAMAN ÖRÜNTÜLERİ

### Konum zaman içinde sıcak ve soğuk durumlar arasında değişebilir

- Son dönem sıcak noktadır ancak daha önce anlamlı soğuk dönemler vardır.
- Tek tarihli harita bu geçişi göstermez.
- Politika, altyapı veya veri toplama değişiklikleri zaman çizelgesiyle karşılaştırılmalıdır.



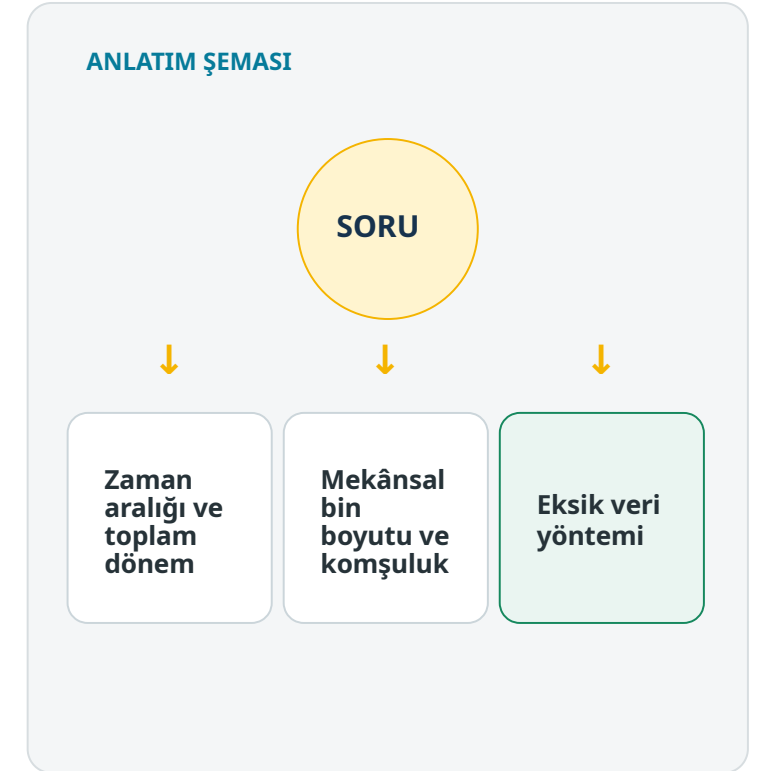
Görsel okuma: önce girdi/çıktıyı, sonra renk ve sembollerin neyi temsil ettiğini belirleyin.

# Sonuçların raporlanması

## MEKÂN-ZAMAN ÖRÜNTÜLERİ

### Örüntü sınıfı yöntemsel ayarlarla birlikte sunulur

- Zaman aralığı ve toplam dönem
- Mekânsal bin boyutu ve komşuluk
- Eksik veri yöntemi
- FDR ve anlamlılık düzeyi
- Örüntü haritası, zaman grafiği ve saha açıklaması



YÖNLENDİRİLMİŞ UYGULAMA

# Küme ve anomali karşılaştırma laboratuvarı

Aynı olay verisini Local Moran's I,  $G_i^*$  ve DBSCAN ile analiz ederek yöntemlerin ürettiği farklı bilgiyi karşılaştırın.

# Laboratuvar senaryosu

## UYGULAMA

**Aynı olay verisini Local Moran's I,  $G_i^*$  ve DBSCAN ile analiz ederek yöntemlerin ürettiği farklı bilgiyi karşılaştırın.**

- 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

- Olayları anlamlı bir mekânsal birimde toplayın.
- Komşuluk mesafesini gerekçelendirin ve Global Moran's I hesaplayın.
- Local Moran ve  $G_i^*$  sonuçlarını aynı renk ve anlamlılık düzeyiyle haritalayın.
- DBSCAN parametrelerini iki farklı değerle deneyin.
- Yöntemlerin ortak ve farklı bulgularını kısa bir karar notunda açıklayın.

**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

### Üç karşılaştırmalı harita, parametre tablosu ve 250 kelimelik yöntem yorumu

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

# Ders sonu kontrolü 1

11. HAFTA

## DEĞERLENDİRME

### HL sınıfı neyi ifade eder?

- A Yüksek değerlerin kümesini
- B Düşük değerlerin kümesini
- C Düşük komşular arasında yüksek bir mekânsal aykırılığı
- D Zaman içinde artan sıcak noktayı

# Ders sonu kontrolü 2

11. HAFTA

## DEĞERLENDİRME

### DBSCAN'in temel avantajı hangisidir?

- A Küme sayısını önceden istemesi
- B Düzensiz biçimli yoğun kümeleri ve gürültüyü ayırması**
- C Her zaman eşit büyüklükte küme üretmesi
- D Sadece poligonlarla çalışması

# Ders sonu kontrolü 3

11. HAFTA

## DEĞERLENDİRME

### Intensifying hot spot hangi ek bilgiyi taşır?

- A Yalnız son tarihte yüksek değer
- B Sıcak nokta gücünde zamanla anlamlı artış
- C Mekânsal aykırı değer
- D Rastgele dağılım

# Mekânsal Örüntü, Kümeleme ve Anomali Analizi

- Mekânsal örüntünün istatistiksel temeli
- Yerel kümeler ve mekânsal aykırılar
- Kümeleme ve yoğunluk
- Mekân-zaman örüntüleri

## Ana ilke

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

# Kaynaklar ve ileri okuma

- <https://doc.esri.com/en/arcgis-pro/latest/tool-reference/spatial-statistics/h-how-cluster-and-outlier-analysis-anselin-local-m.html>
- <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/densitybasedclustering.htm>
- <https://doc.esri.com/en/arcgis-pro/latest/tool-reference/space-time-pattern-mining/learnmoreemerging.html>

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