

**MEKÂNSAL REGRESYON YÖNTEMLERİ KULLANARAK ZEMİN
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ ESKİŞEHİR İLİ ÖRNEĞİ**

İSMAİL SERDAR BAYRAÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Emrah PEKKAN**

**Eskişehir
Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Ağustos, 2019**

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

İsmail Serdar BAYRAÇ' ın “Mekânsal Regresyon Yöntemleri Kullanarak Zemin Parametrelerinin Belirlenmesi Eskişehir İli Örneği” başlıklı tezi 09/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek “Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği”nin ilgili maddeleri uyarınca, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

	<u>Unvanı Adı Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Üye (Tez Danışmanı)	: Dr. Öğr. Üyesi Emrah PEKKAN	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Muammer TÜN	
Üye	: Doç.Dr. Fatih ÇEMREK	

.....

Prof. Dr. Murat TANIŞLI

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖZET

MEKÂNSAL REGRESYON YÖNTEMLERİ KULLANARAK ZEMİN PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ ESKİŞEHİR İLİ ÖRNEĞİ

İSMAİL SERDAR BAYRAÇ

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ağustos 2019

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Emrah PEKKAN

Bu çalışmada Eskişehir ilinde Odunpazarı ve Tepebaşı ilçelerinde toprağa ait özelliklerin tanımlanabilmesi amacıyla açılmış olan, 29 adet sondaj kuyusundan alınan veriler ve raporlar kullanılmıştır. Elde edilen bilgilerden elek analizi raporları ve hidrometre deneyi raporları kullanılarak, yüzde çakıl içeriği, yüzde kum içeriği, yüzde silt içeriği, yüzde kil içeriği, sondaj logları kullanarak da derinlik ve SPTN60 değerleri gibi farklı zemin parametreleri hesaplanmıştır. Analizler ve incelemeler için SPSS Statistic 22.0, ArcGIS 10.3 ve GeoDa 1.12.1 programlarından yararlanılmıştır. Zemine ait özelliklerin; mekânsal regresyon yöntemleri kullanılarak, mekânsal bağımlılıkları ve mekânsal değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Veriler arasındaki ilişkiler mekânsal ağırlık matrisinden yararlanılarak incelenmiştir. Mekânsal bağımlılığın incelenmesi amacıyla Moran I İndeksinden yararlanılmıştır. Zemin parametrelerini tanımlamada klasik regresyon modellerinin değişimi açıklamada yetersiz olduğundan dolayı, değişimi incelemek için Mekânsal Error ve Mekânsal Lag modelleri oluşturulmuştur. Gerekli testlerden geçebilen veriler için her bir değişken ve derinlik seviyesi için farklı modeller oluşturulmuş ve incelenmiştir. Çalışma sonucunda mekânsal regresyon ile oluşturulan modeller yer almaktadır.

Anahtar Sözcükler: Coğrafi Bilgi Sistemleri, Mekânsal Regresyon, Zemin Parametreleri

ABSTRACT

DETERMINATION OF SOIL PARAMETERS USING SPATIAL REGRESSION METHODS ESKİŞEHİR PROVINCE EXAMPLE

İSMAİL SERDAR BAYRAÇ

Department of Remote Sensing and Geographic Information Systems

Eskişehir Technical University, Graduate School of Postgraduate, August, 2019

Supervisor: Asistant Assoc. Prof. Emrah PEKKAN

In this study, data and reports obtained from 29 drilling wells, which were drilled in order to define soil properties in Odunpazarı and Tepebaşı districts in Eskişehir, were used. Using the sieve analysis reports and hydrometer test reports, different soil parameters such as percentage gravel content, percentage sand content, percentage silt content, percentage clay content, and depth and SPTN60 values were calculated using drilling logs. SPSS Statistic 22.0, ArcGIS 10.3 and GeoDa 1.12.1 were used for analysis and analysis. Soil properties; using spatial regression methods to determine spatial autocorelation and spatial changes. The relationships between the data were examined by using the spatial weight matrix. Moran I Index was used to investigate sapatial autocorelation. Spatial Errorr and Spatial Lag models have been created to examine the change, since classical regression models are insufficient in explaining the change in soil parameters. Different models were created and examined for each variable and depth level in order to pass the necessary tests. As a result of the study, the models created by spatial regression are included.

Keywords: Geographical Information Systems, Spatial Regression, Soil Parameters.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleriyle bana yol gösteren ve destek olan değerli danışmanım sayın Dr. Öğr. Üyesi Emrah PEKKAN’a, lisansüstü eğitimim sırasında birikim ve bilgilerinden faydalandığım Eskişehir Teknik Üniversitesi Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü’ndeki değerli hocalarıma ve,

Beni destekleyen, sevgili aileme teşekkür ederim.

İsmail Serdar BAYRAÇ

.../.../2019

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere, tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

.....

İsmail Serdar BAYRAÇ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	2
1.2. Çalışma Kapsamı	3
1.3. Çalışma Alanına Ait Bilgiler	3
1.3.1. Çalışma alanı genel jeolojik bilgiler	4
2. MATERYAL ve YÖNTEM	6
2.1. Materyal	6
2.2. Çalışmada Kullanılan Veriler ve İstatistiksel Yöntemler	6
2.3. Çalışmada Kullanılan Veriler	6
2.4. Çalışmada Kullanılan Laboratuvar ve Saha Deneyleri	8
2.4.1. Elek Analizi deneyi	8
2.4.2. Hidrometre deneyi	10
2.4.3 Standart Penetrasyon Testi (SPT).....	12
2.5. Mekânsal Veri Özellik Ve Analizi	15

2.6. Mekânsal Veri Türleri	20
2.7. Mekânsal Ağırlıklandırma	23
2.7.1. Sınırdışlığa bağlı ağırlık matrisi	24
2.7.2. Uzaklığa bağlı ağırlık matrisi	24
2.8. Mekânsal Otokorelasyon	25
2.9. Mekânsal Bağımlılığın Tespit Edilmesi İçin Kullanılan Testler	27
2.9.1. Moran I indeksi (Morans I Index)	27
2.9.2. Lagrange Çarpanı testi (Lagrange Multiplier)	30
2.10. Mekânsal Regresyonun Tespiti İçin Kullanılan Modeller	31
2.10.1. En küçük kareler yöntemi (EKK)	33
2.10.2. Mekânsal Lag modeli (SAR Modeli)	35
2.10.3. Mekânsal Hata modeli (SEM Modeli)	36
3. BULGULAR	38
3.1. Analizde Kullanılan Verilerin İstatistiksel Özelliklerinin Tanımlanması... 38	
3.2. Mekânsal Otokorelasyonu İncelenmesi	39
3.3. Mekânsal Ağırlık Matrisinin Oluşturulması	42
3.4. Regresyon Analizi	44
3.4.1. En Küçük Kareler Yöntemi analiz sonucu	45
3.4.2. Mekânsal Lag analiz sonucu	46
3.4.3. Mekânsal Hata analiz sonucu	47
3.5.3. Regresyon analizi sonuç modelleri	49
4. SONUÇLAR	52
KAYNAKÇA	54

ÖZGEÇMİŞ

EKLER



TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1. Kullanılan Yazılım ve Programlar	6
Tablo 2.2. Kullanılan Veriler ve Tipleri	7
Tablo 2.3. ASTM Elek No ve Açıklıkları	9
Tablo 2.4. ASTM Tane Boyu	9
Tablo 2.5. NSK-1 Sondajı SPT-1 Numaralı Seviye Elek Analizi Sonuç Tablosu	10
Tablo 2.6. NSK-1 Sondajı SPT-1 Numaralı Seviye Hidrometre Analiz Sonuç Tablosu	12
Tablo 2.7. Sondaj Değişken Düzeltmeleri	15
Tablo 2.8. Mekânsal Veri Türleri: Kavramsal Şemalar ve Örnekler	21
Tablo 3.1. 0-10 m. SPSS Veri İnceleme	38
Tablo 3.2. 10-20 m. SPSS Veri İnceleme	39
Tablo 3.3. 20-30 m. SPSS Veri İnceleme	39
Tablo 3.4. Otokorelasyon (Moran's I) İnceleme Tablosu	41
Tablo 3.5. 0-10 m. Mekânsal Ağırlık Matrisi Özellikler (GeoDa)	42
Tablo 3.6. 10-20 m. Mekânsal Ağırlık Matrisi Özellikler (GeoDa)	43
Tablo 3.7. 20-30 m. Mekânsal Ağırlık Matrisi Özellikler (GeoDa)	43
Tablo 3.8. R ² Değerlerinin İncelenmesi	44
Tablo 3.9. OLS Regresyonu Katsayıları	45
Tablo 3.10. Mekânsal Lag Katsayılar ve Anlamlılıkları	46
Tablo 3.11. Mekânsal Hata Katsayıları ve Anlamlılıkları	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Sondaj Lokasyon Haritası	4
Şekil 1.2. Eskişehir İli Genel Jeoloji Haritası	5
Şekil 1.3. Eskişehir İli Tektonik Haritası	5
Şekil 2.1. SPT Deney Görseli	13
Şekil 2.2. Eskişehir İlçeler Verisi (ArcGIS)	18
Şekil 2.3. İki Veri Katmanının Yerleşim Örneği (ArcGIS)	18
Şekil 2.4. Nokta Deseni Analizinde Sondaj Verileri	19
Şekil 2.5. Örnek Bir Kaza Senaryosundaki Ağ Analizi Görseli (ArcGIS)	20
Şekil 2.6. Mekânsal Otokorelasyon Türleri Görseli	26
Şekil 2.7. Scatterplot Grafiği Örneği (GeoDa)	30
Şekil 2.8. Örneklerin Hata Terimleri Gösterimi (ArcGIS)	34
Şekil 3.1. Mekânsal Otokorelasyon Görseli (ArcGIS)	40
Şekil 3.2. 20-30 m Seviyesindeki SPT N60 için Moran's I Analizi Sonuç (ArcGIS) ...	41
Şekil 3.3. 0-10 m. Mekânsal Ağırlık Matrisi Bağlanabilirlik Görseli (GeoDa)	43
Şekil 3.4. 10-20 Metredeki SPTN60 Tahmini Ve Gerçek Verilerinin Karşılaştırılması	51
Şekil 3.5. 20-30 Metredeki Derinlik Tahmini Ve Gerçek Verilerinin Karşılaştırılması .	51

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ASTM	: American Society for Testing and Materials
CAR	: Coğrafi Ağırlıklı Regresyon
CB	: Kuyu Çapı Düzeltmesi
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CR	: Tij Uzunluğu Düzeltmesi
CS	: Örnek Alıcı Düzeltmesi
EKK	: En Küçük Kareler
EKKM	: En Küçük Kareler Metodu
EM	: Şahmerdan etkinlik oranı
G	: Gram
GEODA	: Geospatial Analysis and Computation
GWR	: Geographically Weighted Regression
LAG	: Langrange Multiplier analizi
LM	: Lagrange Çarpanı
LR	: Olabilirlik Oranı
MM	: Milimetre
MO	: Mekânsal Otokorelasyon
N	: Arazide Ölçülen SPT Sayısı
N60	: Düzeltilmiş SPT N Değeri
OLS	: Ordinary Least Square
PROB	: Probability
SAR	: Mekânsal Gecikme

SEM	: Mekânsal Hata
SHP	: Shape Files, Veri Biçim Dosyası
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
SPT	: Standart Penetrasyon Testi
UD	: Örselenmemiş Numune
UTM	: Universal Transverse Merketör
VIF	: Variance Inflation Factor
VK	: Varyasyon Katsayısı
WGS-84	: World Geodetic System 1984

1. GİRİŞ

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) mekânsal koordinatlara sahip verilerin toplanması, depolanması, analiz edilmesi ve yorumlanmasına olanak sağlayan farklı yazılım, donanım ve yöntemlerden oluşan bir bilgi sistemi olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak CBS mekânsal, yani coğrafi özelliğe sahip olan verileri; analiz edebilen, haritalayabilen ve veri tabanı içinde depolayan bir sistemdir (Clarke, 2002).

Mekânsal analiz, CBS'nin hayati bir parçasıdır. Vektörel ve hücreli (piksel) bazlı analiz olarak iki farklı türde tanımlanabilir. 1980'lerde CBS'nin ortaya çıkışından günümüze kadar geçen sürede birçok devlet, kurum, donanım ve yazılım alımının yanı sıra, ham veri tabanlarının oluşturulmasını sağlamak amacıyla da CBS kurumlarına büyük yatırımlar yapmışlardır. CBS'nin harita ve tablo raporları üretimi olmak üzere başlıca iki temel işlevi bulunmaktadır.

Son yıllarda Mekânsal Analiz Yöntemi birçok istatistiksel analizde kullanılmaktadır. İşsizlik oranlarının bölgesel olarak farklılıklarının incelenmesi için mekânsal analizi kullanılmıştır. Kullanılan veriler arasındaki, mekânsal bağımlılıklar ve kümelenmeler incelenerek Türkiye'deki işsizlik oranlarının bölgelere göre dağılımı belirlenmiştir (Aral ve Ataç, 2018).

Jeoloji, yer bilimleri, meteoroloji, maden araştırmaları, askeri araştırma ve deprem bilimi araştırmaları gibi birçok alanda kullanılan değişkenler, mekânsal olarak bağımlı olduklarından, bu tür veriler ile çalışma yapıldığında bağımlı değişken analizi yöntemleri kullanılmaktadır (Lee, 2000). Bu yöntemler arasında yer alan Mekânsal Regresyon Analizi Yöntemi, konumsal özelliklere sahip verilerin istatistiksel olarak değişimlerini ve sonuçlarını bulmak amacıyla kullanılan klasik istatistiksel yöntemlerin yetersiz kaldığı durumlarda, daha doğru tahminleme yapabilmek amacıyla kullanılmaktadır (Basar, 2009).

CBS yöntemleri ve istatistiksel modeller kullanılarak birçok farklı alanda veri ve çeşitli modeller oluşturulabilmektedir. Örneğin Mogan gölünde yapılan regresyon analizi çalışması ile gölün su seviyesindeki değişimler incelenmiştir. Çalışmada alana ait birçok değişken kullanılarak değişkenler arasındaki ilişkiler ve anlamlılıklar belirlenmiştir (Altinel, 2012).

Dünya üzerindeki arazilerde oluşan büyük değişimler, uydu görüntüleme teknolojileri ve hava fotoğrafları ile tespit edilebilmektedir. Arazi yapıları, gözle belirlenmesi oldukça zor olan birçok fiziksel ve kimyasal özelliğe sahiptir. Bu özelliklerin tanımlanabilmesi için arazide küçük veya büyük ölçekli örnekleme çalışması yapılması gerekmektedir. Alınan örnekler öznel tanımlamalar yerine araziye temsil edebilecek nesnel özelliklere sahip olmalıdır. Mesafeye bağlı olarak toprağın bir özelliğinin değişken olması otokorelasyon olarak tanımlanmaktadır. Elde edilen sonuçlar birbirleriyle yakından ilişkili olabileceği gibi ilişkisiz çok farklı değerlere de sahip olabildiğinden, ortalamadan çok farklı değerler ayrı tutulmalıdır (Webster ve Oliver, 2004).

Türkiye’de yer alan toprakların, farklı nedenlerden dolayı verimliliği yok olma riski ile karşı karşıya kalmaktadır. Tarım arazilerinin tekrar kazandırılabilmesi için Niğde ilinde farklı toprak özelliklerinin mesafeye bağlı değişimini ve birimlerin homojenliklerini inceleyerek bir çalışma yapılmıştır. Çalışma alanından farklı derinliklerde birçok örnek alınmıştır. Örneklerde klasik istatistiksel yöntemler ve jeoistatistiksel yöntemler bir arada kullanılarak analiz edilmiştir. Varyasyon Katsayısı değeri birimler arasındaki ve içindeki toprak özelliklerinin değişkenliğini belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Çalışma sonucunda toprak özellikleri arasındaki değişkenlik belirlenmiştir (Budak, 2012).

Günümüzde mekânsal analiz; CBS, istatistiksel yöntemler ve uzaktan algılama gibi alanlardaki hızlı gelişmeler ile oldukça iyi bilgiler sağlayan analiz yöntemi haline gelmiştir. Mekânsal regresyon analizi ve jeoistatistiksel analizler mekânsal analizler için kullanılan en önemli iki yöntemdir. Mekânsal verilerin analizinde kullanılan klasik regresyon modelleri ile yeteri kadar verimli sonuçlar elde edilemediği görülmüştür. Yani bu tür verilerin analizinde mekânsal regresyon ve jeoistatistiksel modellerin kullanımına gerek duyulmuştur. Adıyaman ilçesinde toprak özelliklerinin mekânsal bağımlılıkları ve değişim desenleri kullanılarak haritalama yapılmıştır (Bozkurt, 2015).

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, Eskişehir ili Odunpazarı ve Tepebaşı ilçelerinde yer alan çalışma alanına ait çeşitli toprak yapılarında (% Çakıl, % Kum, % Silt, % Kil, Derinlik ve SPT N60) mekânsal bağımlılıkları, mekânsal değişimleri ile değişkenler arasında mekânsal regresyonun incelenmiş ve zemin parametrelerinin diğer bağımlı değişkenler kullanılarak regresyon modelinin oluşturulması amaçlanmıştır.

Mekânsal bağımlılıkları belirlemek amacıyla Moran I İndeksi ve Varyasyon Katsayısı kullanılmıştır. Verileri ve çevresindeki diğer veriler ile ilişkisini incelemek amacı ile mekânsal ağırlık matrisi kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki bağımlılık ve ilişkileri belirlemek amacıyla klasik regresyon modeli ile Mekânsal Lag ve Mekânsal Error modelleri karşılaştırılmış ve modeller oluşturulmuştur.

1.2. Çalışma Kapsamı

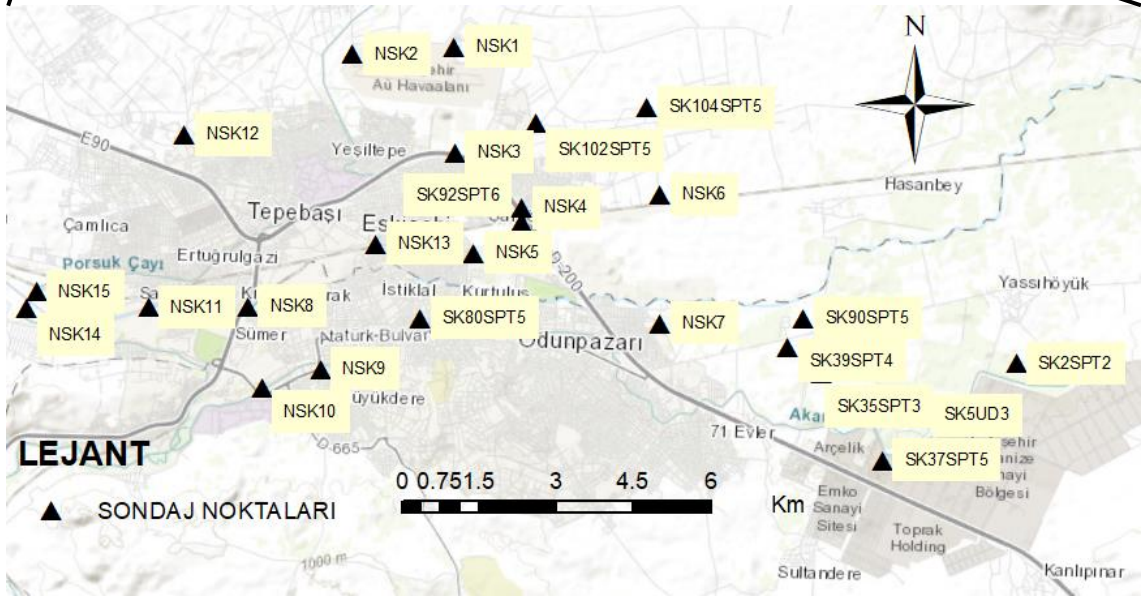
Çalışmada, Eskişehir ilinde MEER (2006) ve 080240 numaralı Anadolu Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi kapsamında açılmış 29 adet 30 metre derinliğine sahip araştırma sondajları verileri kullanılmıştır. Sondajlardan elde edilen SPT N değeri, elek analizi verileri, hidrometre analizi verileri ve UD (örselenmemiş numune) verileri kullanılarak analizler yapılmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken 0-10 m, 10-20 m ve 20-30 m değerlerinin ağırlıklı ortalaması alınarak elde edilen veriler coğrafi bilgi sistemleri programları yardımlarıyla incelenmiştir. Bu incelemeler yapılırken SPSS, ArcGIS 10.3 ve GeoDa (Geospatial Analysis and Computation) adlı istatistik ve CBS programları kullanılmıştır.

Toprağa ait özelliklerin tanımlanabilmesi amacıyla, açılan 29 adet sondaj kuyusundan alınan verilerden elde edilen toplam 283 adet Elek Analizi, Hidrometre Deneyi sonuçları, sondaj logları ve UD deneyi sonuçları kullanılmıştır. Kuyuların derinliği ortalama 30 metredir. Bu kuyulardan elde edilen 65 adet örnekten yapılan elek analizi ve hidrometre deneyleri ile çalışma alanının zemin parametreleri belirlenmiştir.

1.3. Çalışma Alanına Ait Bilgiler

Eskişehir ili, Enlem: 39,7667 ve Boylam: 30,5256 koordinatları arasında yer almaktadır (UTM Zon 36N). Deniz seviyesinden ortalama 792 m yüksek olan Eskişehir'in kuzeyinde Bolu, doğusunda Ankara, güneyinde Konya ve Afyonkarahisar, batısında Kütahya ve Bilecik illeri bulunmaktadır.

Kuzeyden Bozdağ ve Sün diken Dağları, güneyden Emirdağ, doğudan Orta Asya Vadisi, batıdan Türkmen Dağı gibi doğal sınırlarla çevrili olan il alanı, yaklaşık 13.653 km²'dir. Bu alanıyla il, Türkiye topraklarının % 1.8'ini kaplamaktadır. Şekil 1.1.'de görüldüğü gibi, çalışma alanı, Eskişehir ili kuzeybatısında merkez ilçelerinden Tepebaşı ve Odun Pazarı ilçelerinde yer almaktadır.



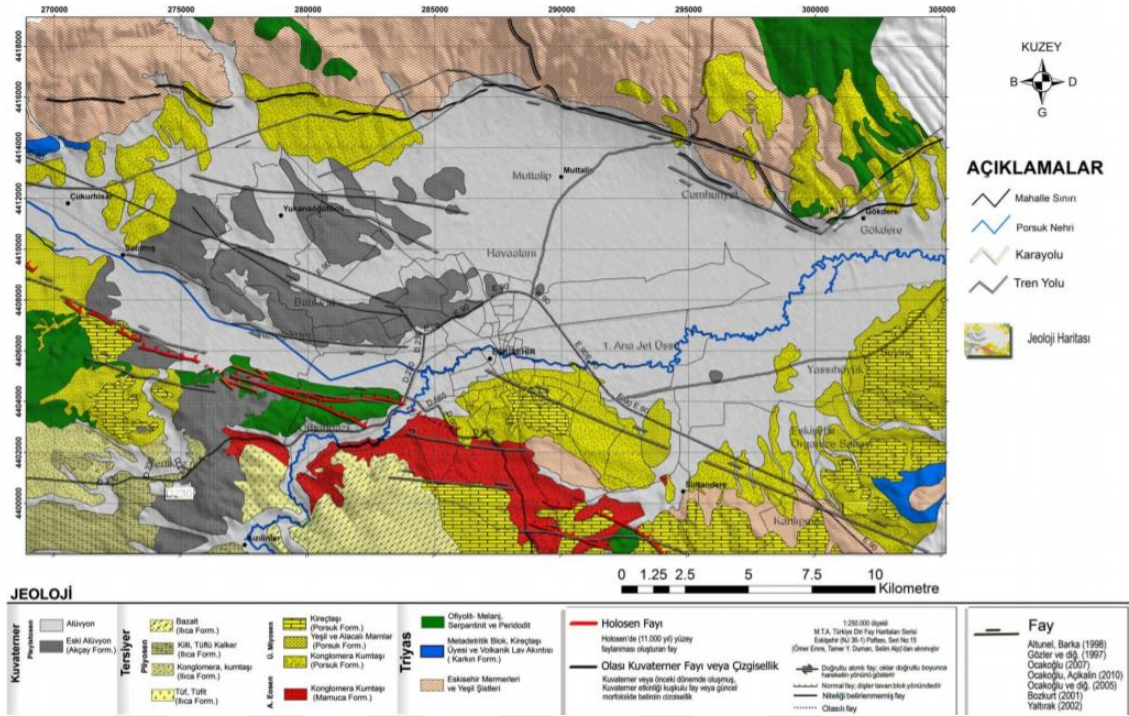
Şekil 1.1. Sondaj lokasyon haritası

1.3.1. Çalışma alanı genel jeolojik bilgiler

Eskişehir ili sınırlarında jeoloji alanında birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan araştırmalara göre il sınırlarında yer alan formasyonlar yaşlarına göre gençten yaşlıya göre; Alüvyonlar, Akçay Formasyonu (Ofiyolit), Ilıca Formasyonu, Porsuk Formasyonu, Mamuca Formasyonu ve Karkın Formasyonu olarak sıralanmaktadır (Akdeniz vd, 2011).

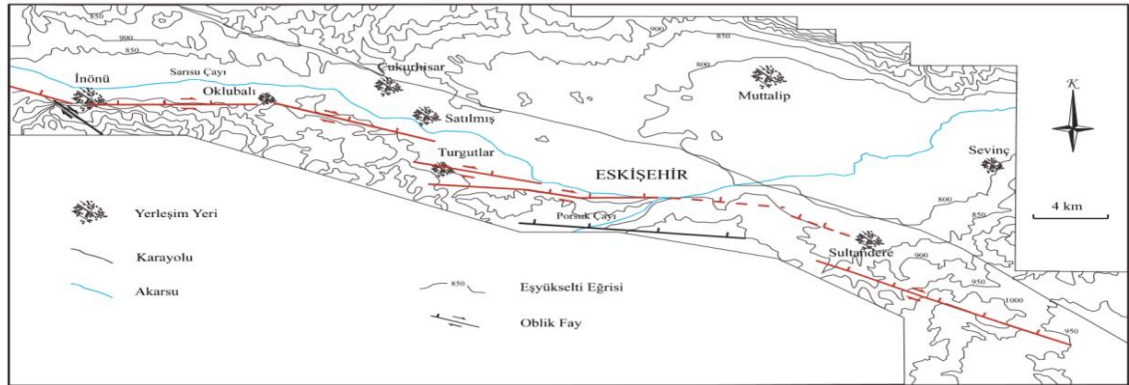
Porsuk çayı ile ikiye ayrılmış olan şehir merkezi düz arazi üzerinde yer alır. Bölgede jeolojik olarak en yaşlı birimler Triyas zamanına ait metamorfik şist-mermer ile ofiyolitik melajdan meydana gelmektedir. Bunların üzerinde Eosen yaşlı konglomera, marn, kilaşı, kireçtaşı ve Miyosen zamanına ait andezit, konglomera, kil marn, tuf ve kireçtaşı, Pliyosen zamanına ait kil, tuf ve bazalt yer alır. En üst birimde alüvyon yer almaktadır (Ölmez ve Yücel, 1985).

Eskişehir iline ait genel jeoloji haritası Şekil 1.2.'de yer almaktadır.



Şekil 1.2. Eskişehir ili genel jeoloji haritası (Orhan vd., 2007'den alınmıştır.)

Eskişehir ili yakınları Triyas jeolojik zamanında Tetis okyanusunun kuzeye doğru kapanması ile gerçekleşen tektonik faaliyetler ile İzmir-Eskişehir-Ankara fay zone içinde yer almaktadır. Hareket eden bu faaliyetler sonucunda Eskişehir fay zone meydana gelmiştir. Tektonizma haritası aşağıdaki Şekil 1.3.'de bulunmaktadır (Altunel ve Barka, 1998).



Şekil 1.3. Eskişehir İli Tektonik Haritası (Altunel ve Barka, 1998)'den alınmıştır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde çalışmada kullanılan materyaller ve yöntemler yer almaktadır.

2.1. Materyal

Bu çalışmada materyal olarak, zemin sondajlarından elde edilen toprak parametreleri, CBS analiz ve programları, istatistiksel yöntemler ve programlar, mekânsal regresyonun incelenmesi amacıyla literatürde yer alan programlar ve yöntemlerden yararlanılmıştır.

Toprak parametrelerinin belirlenmesi, mekânsal regresyonun ve mekânsal bağımlılığın incelenmesi ve tahmin modelleri oluşturulması amacıyla literatürde yer alan farklı kaynaklar ve çalışmalar incelenmiştir.

2.2. Çalışmada Kullanılan Veriler ve İstatistiksel Yöntemler

Zemin parametrelerinin istatistiksel analizlerinde kullanılan yazılımlar ve özellikleri Tablo 2.1.'de gösterilmiştir. Zemin parametrelerine ait özelliklerden verilerin istatistiksel olarak tanımlanması amacıyla SPSS Statistic 22.0. (Statistical Package for the Social Sciences) yazılımından, mekânsal otokorelasyonu incelemek, verilerin haritalandırılması ve En küçük Kareler (EKK) yöntemi için ArcGIS 10.3. yazılımı kullanılmıştır. Mekânsal regresyon analizleri için GeoDa 1.12.1. yazılımından ve çalışmada kullanılan grafikler ve tablolar için de Excel 2013 yazılımından yararlanılmıştır.

Tablo 2.1. *Kullanılan yazılım ve programlar*

KULLANILAN YAZILIM	KULLANILAN ÖZELLİK
SPSS Statistic 22.0.	Verilerin İstatistiksel Olarak Tanımlanması
ArcGIS 10.3.	Moran I İndeksi, Otokorelasyon, EKK Analizi
GeoDa 1.12.1.	Mekânsal Regresyon Analizi, Ağırlık Matrisi
Excel 2013	Tabloların ve grafiklerin oluşturulmasında kullanılmıştır.

2.3. Çalışmada Kullanılan Veriler

Bu çalışmada MEER (2006) ve 080240 numaralı Anadolu Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi kapsamında Eskişehir ilinde açılan kuyulardan elde edilen sondaj logları, Elek Analizi deney raporları, Hidrometre Deneyi raporları ve UD (Örselenmemiş

numune) deney sonuçları kullanılmıştır. 25. 11. 2011 ile 01. 07. 2012 tarihleri arasında açılan: NSK1,NSK2, NSK3, NSK4, NSK5, NSK6, NSK7, NSK8, NSK9, NSK10, NSK11, NSK12, NSK13, NSK14, NSK15, SK2, SK5, SK7, SK26, SK35, SK37, SK39, SK80, SK81, SK83, SK90, SK92, SK102, SK103, SK104 numaralı kuyulardan alınan veriler kullanılarak, analizler ve tanımlamalar yapılmıştır. 05. 12. 2011 ile 26. 01. 2012 tarihleri arasında yapılan Elek Analizi deneyleri sonuçları ve 14. 12. 2011 ile 07. 02. 2012 tarihleri arasında Hidrometre Analizi deneyleri kullanılarak zemin parametreleri belirlenmiştir. EK-1 ‘ de kullanılan veriler tablo olarak yer almaktadır.

Veriler mekânsal otokorelasyonu tanımlanabilmesi amacıyla, kuyu derinliğine göre sığ (0-10 m), orta (10-20 m) ve derin (20-30 m) olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır. Veriler derinliğe göre sınıflandırılırken yüzde çakıl, kum, silt, kil ve SPT N60 değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak veri tabanına eklenmiştir.

ARCGIS ve GeoDa programı yardımı ile analizlerin yapılabilmesi için Excel programındaki veriler Shp. (Shape) uzantılı dosyalara çevrilmiştir. Veriler sondaj noktası verileri kullanılarak oluşturulduğu için noktasal veriler elde edilmiş ve analizde kullanılmıştır. Çalışma alanı Eskişehir ili içerisinde seçildiğinden koordinat sistemi WGS84 UTM 36 N olarak belirlenmiştir ve tüm veriler bu koordinat sistemine çevrilmiştir. Çalışmada kullanılan veri adları ve veri türleri aşağıdaki Tablo 2.2.’de yer almaktadır.

Tablo 2.2. *Kullanılan veriler ve tipleri*

<i>VERİ ADI</i>	<i>VERİ TİPİ</i>
<i>SONDAJ ADI</i>	TEXT
<i>X</i>	DOUBLE
<i>Y</i>	DOUBLE
<i>FROM</i>	LONG İNTEGER
<i>TO</i>	LONG İNTEGER
<i>DERINLIK</i>	LONG İNTEGER
<i>CAKIL</i>	LONG İNTEGER
<i>KUM</i>	LONG İNTEGER
<i>SILT</i>	LONG İNTEGER
<i>KIL</i>	LONG İNTEGER
<i>SPT N60</i>	LONG İNTEGER

2.4. Çalışmada Kullanılan Laboratuvar ve Saha Deneyleri

Bu bölümde elek analizi, hidrometre deneyi ve SPT deneyi açıklanmış ve elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

2.4.1. Elek Analizi Deneyi

Elek analizi yöntemi, farklı büyüklükteki parçacıklardan oluşan malzemenin tane boyut dağılımının belirlenmesinde kullanılan bir laboratuvar deneyidir. Tane boyutu dağılımı, örnekteki tanelerin boyutları ile miktarları arasındaki ilişkiyi belirtmektedir. Deney sonucunda tane boyu dağılım eğrisi, üniformluluk katsayısı ve derecelenme katsayısı hesaplanabilir standartlara göre sınıflandırma yapılabilmektedir.

Zeminlerin tane boyutlarının saptanması; zeminlerin sınıflandırılması, derecelenme katsayılarının belirlenmesi ve zemin mekaniğinde önemli bir yere sahiptir. Yüzde olarak malzemelerin (çakıl, kum, silt, kil) miktarlarının belirlenmesi, ortamdaki malzemenin birçok özelliğinin hesaplanabilmesini sağlamaktadır. Gözeneklilik, geçirgenlik, hidrolik iletkenlik, su tutma özellikleri, direnç/dayanım bu özellikler arasında yer almaktadır.

Malzeme boyutundaki dağılımın bilinmesi halinde, örnek içindeki çakıl, kum miktarları ve silt ile kil miktarı toplamı saptanabilmektedir. Silt ile kil tane boylu malzemenin birbirinden ayrılması için hidrometre deneyine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu yüzden elek ve hidrometre deneyleri zemin parametrelerini belirlerken birlikte kullanılmak zorundadır.

Elek Analizi Deneyinin Yapılışı

- Elekler elek açıklık boyutuna göre küçükten büyüğe göre alttan başlayarak sıralanır.
- Kullanılacak numune tartılır.
- Elek üzerine analiz yapılacak toz numune dökülür.
- Elek makinası 15 dakika ile çalıştırılır.
- Eleme işlemi sonucunda elek seti sarsma makinasından alınarak, her elek üstünde kalan toz miktarı tartılıp veriler kaydedilir.
- Toplam elenmiş malzeme miktarı hesaplanır ve kayıt edilir.
- Parçacıkların dağılımını görebilmek amacıyla elde edilen veriler diferansiyel elek analiz ve birikmiş elek analizi dağılım grafiklerine aktarılır.

Elek analizinde kullanılan eleklerin açıklıkları ve tane boylarının sınıflandırılması aşağıdaki Tablo 2.3. ve 2.4.'de gösterilmiştir. Örnek içerisindeki farklı tane boyulu malzemelerin yüzdesel olarak oranlarının hesaplanması, bu tablolar referans alınarak yapılmıştır.

Tablo 2.3. ASTM elek no ve açıklıkları

ASTM Elek No	Elek Açıklığı (mm)
4	4,75
10	2,00
20	0,85
40	0,425
60	0,250
100	0,150
140	0,106
200	0,075

Tablo 2.4. ASTM tane boyu

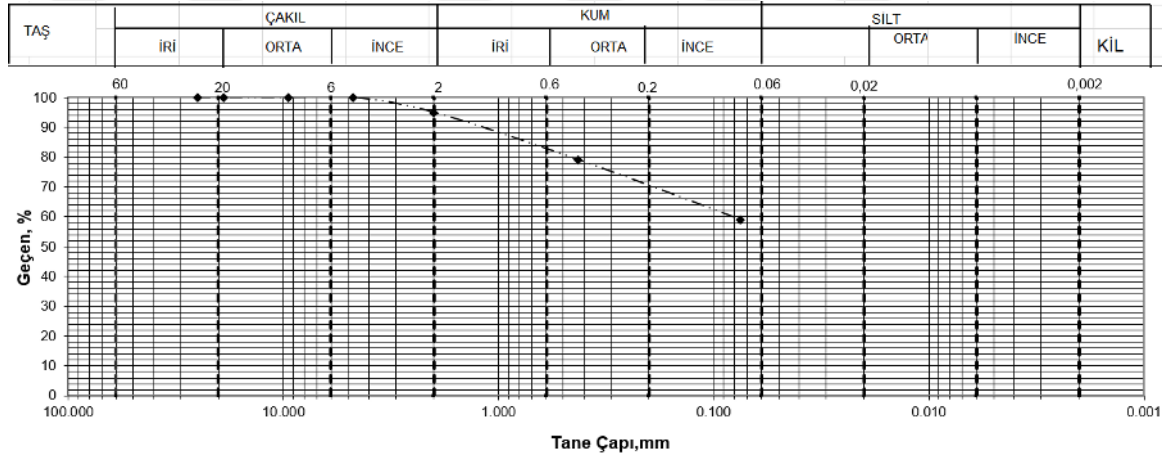
Zemin Parametresi	Tane Boyutu (mm)
ÇAKIL	75-2.1
KUM	2-0.0076
SİLT	0.0075-0.002
KİL	0.002'den küçük

Elek analizi verileri kullanılarak örneğin çakıl ve kum yüzdeleri hesaplanmıştır. Tablo 2.5.'de, SK-1 nolu sondaj noktasında, SPT-1 numune nolu elek analizi deney raporu yer almaktadır. Deney sonucunda elde edilen 4 nolu elek ve 200 nolu elekteki kalan malzeme miktarı belirlenmiştir. 4 nolu elekte kalan malzemelerin ağırlıkları toplanarak örneğin içerisindeki çakıl tane boyuna sahip malzemelerin yüzdesi, 200 nolu elekte kalan malzemelerin ağırlıklarının toplanması ile kum tane boyulu malzemelerin örnek içindeki yüzdesi hesaplanmıştır. Bu örneğin çakıl yüzdesi % 5 ve kum yüzdesi % 35,9 olarak belirlenmiştir.

Diğer 28 adet sondaj noktaları için de elek analizi sonuç tabloları kullanılarak yüze çakıl ve kum miktarları hesaplanmıştır. Elde edilen veriler çalışmadaki diğer analizlerde kullanmak üzere Excel tablolarına kaydedilmiştir.

Tablo 2.5. *NSK-1 sondajı SPT-1 numaralı seviye elek analizi sonuç tablosu*

Elek	Çap	Kalan Ağırlık	Kalan Toplam Ağırlık	Kalan	Toplam Kalan	Toplam Geçen
(no)	(mm)	(g)	(g)	(%)	(%)	(%)
3"	76.2	0.00	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.8	0	0.0	0.0	0.0	100.0
1.5"	37.5	0	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.0	0	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.0	0	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.5	0	0.0	0.0	0.0	100.0
4	4.75	0	0.0	0.0	0.0	100.0
10	2.00	5	5.0	5.0	5.0	95.0
40	0.425	15.9	20.9	15.9	20.9	79.1
200	0.075	20	40.9	20.0	40.9	59.1



2.4.2. Hidrometre Deneyi

Elek analizi ile ayıramayan 0,075 mm'den küçük tane boylu malzemelerin ayrıştırabilmesi amacıyla, hidrometre deneyi kullanılmaktadır. Zemin taneciklerinin özgül ağırlıklarının aynı olduğu kabul edilerek, taneciklerin yer çekiminden dolayı büyük olanların küçük olanlara göre daha hızlı çöktüğü bilinmektedir. Çöken tanelerin çapları hesaplanarak hidrometre deneyi gerçekleştirilir. Deney sonucunda tane boyu dağılım eğrisi, numunenin içerisindeki kil ve silt yüzdesi tespit edilebilir.

Hidrometre Deneyinin Yapılışı

- Deney yapılacak malzemenin üzerine 1 litreye ulaşınca kadar saf su eklenir.
- Daha sonra süspansiyon bir süre çalkalanıp tam süspansiyon elde edilir.

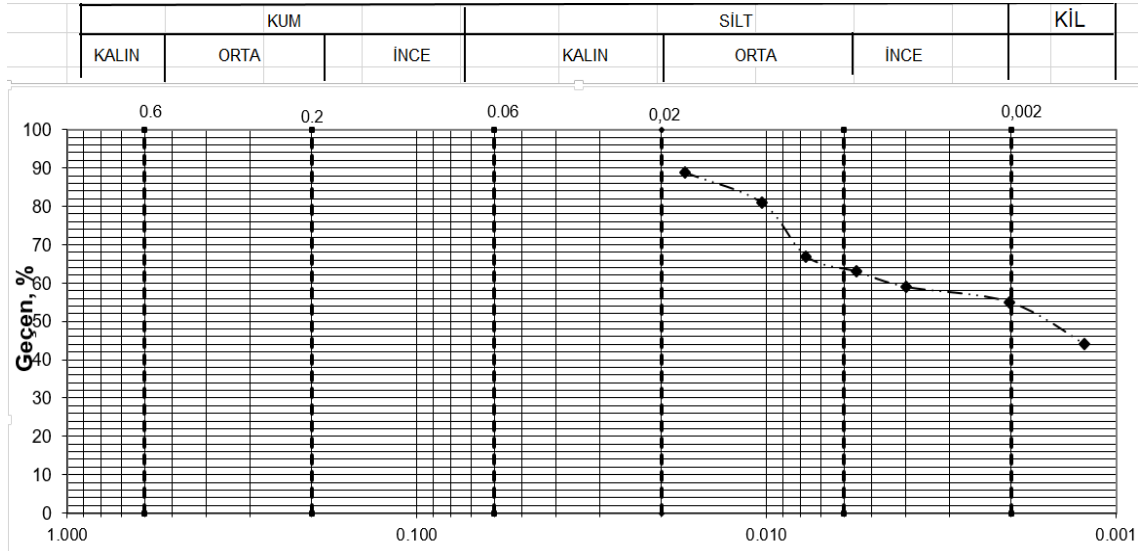
- Hidrometre kullanılarak süspansiyon içerisinde 3 okuma alınır. Okumalar 4, 8, 15, 30, 60, 120 ve 240. dakikalar ile 8, 16 ve 24. saatlerde yapılarak hidrometre okumaları alınarak kaydedilir.
- Bu okumalar yapılırken sıcaklığın da ölçülmesi gerekir. Böylece süspansiyon yoğunluk değişimleri belirlenir ve tane boylarında süspansiyonda kalan yüzde miktarları belirlenebilir.

Hidrometre analizi verileri kullanılarak örneğin kil ve silt yüzdesi belirlenmiştir. Tablo 2.6.'da yer alan SK-1 numaralı sondajın, SPT-1 numaralı numunesi gösterilmiştir. ASTM standartlarına göre 0.002 mm'den küçük taneler kil olarak sınıflandırılmaktadır. Hidrometre tablosu incelendiğinde elek analizinden kalan malzemenin % 55'inin kil, % 45'inin ise silt olduğu gözlemlenmiştir. Kalan malzeme bu yüzdelere göre oranlandığında örneğin silt oranı % 27 ve kil oranı ise, % 32 olarak belirlenmiştir.

Diğer 28 adet sondaj noktaları için de elek analizi sonuç tabloları kullanılarak yüze kil ve silt miktarları hesaplanmıştır. Elde edilen veriler çalışmadaki diğer analizlerde kullanmak üzere Excel tablolarına kaydedilmiştir.

Tablo 2.6. NSK-1 sondajı SPT-1 numaralı seviye hidrometre analiz sonuç tablosu

Tarih	Okuma Zamanı	Zaman Aralığı	Sıcaklık C	Gerçek Hidrometre Okuması R_a	Düzeltilmiş Hidrometre Okuması R_c	% İnce	Hidrometre Düzeltmesi (Menisküs için) R	L Tablodan	L/T	K Tablodan	D mm
		0									
		1/2									
		1									
		2									
	08:50	5	23	47	44.7	88.8	48	8.4	1.68	0.0132	0.017
	09:05	15	23	43	40.7	80.9	44	9.1	0.61	0.0132	0.010
	09:20	30	23	36	33.7	66.9	37	10.2	0.34	0.0132	0.008
	09:50	60	23	34	31.7	63.0	35	10.5	0.18	0.0132	0.006
	10:50	120	23	32	29.7	59.0	33	10.9	0.09	0.0132	0.004
	12:50	480	23	30	27.7	55.0	31	11.2	0.02	0.0132	0.002
	08:50	1440	21	25	22.2	44.1	26	12.0	0.01	0.0135	0.001

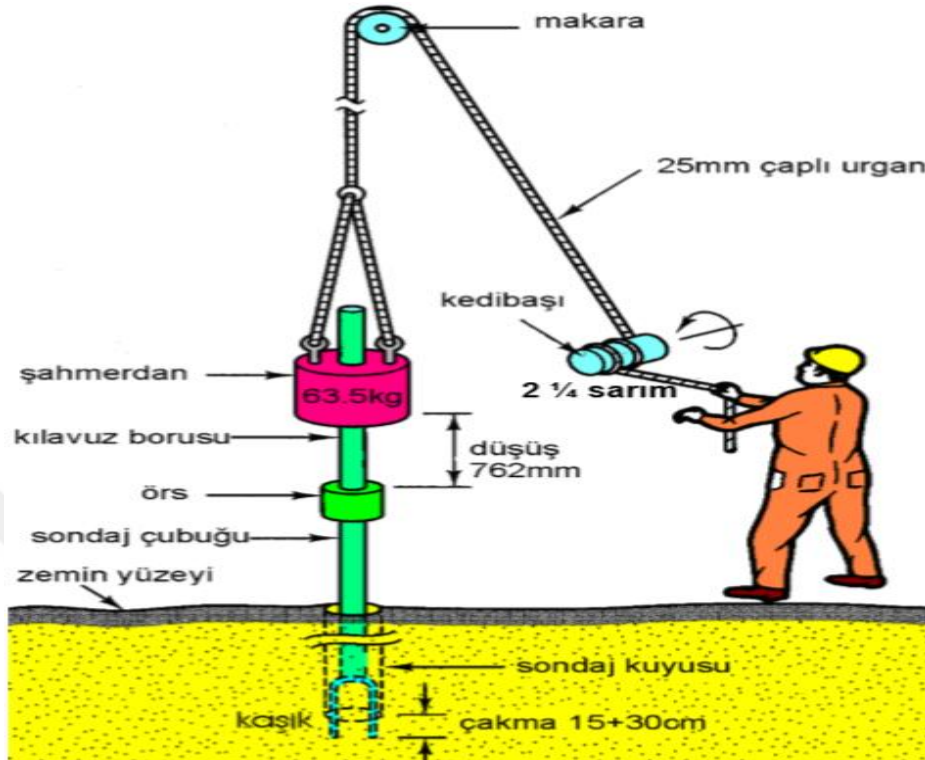


2.4.3. Standart Penetrasyon Testi (SPT)

1927 yılında ortaya çıkan ve ilk kez Raymond Concrete Piling Firması tarafından kullanılan SPT deneyi Amerika, İngiltere ve Japonya da yaygın olarak uygulanmaya başlanmıştır. ASTM tarafından standartları (ASTM D1586) 1986 yılında oluşturulmuş ve daha sonra farklı düzeltmelere uğrayarak günümüzde de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Standart Penetrasyon Testi (SPT) zeminin mukavemet ve yoğunluğunu incelemek amacıyla yerinde yapılan (İn-situ) bir dinamik kesme (makaslama) deneyidir. Kesme dayanımı, kohezyonlu zeminlerde zeminin dayanım parametrelerine ve taneli zeminlerde ise zeminin bağıl sıklığına göre değişebilmektedir.

Bunun sonucunda SPT deneyi sonuçları ile zemin parametreleri arasında bir bağıntı kurulabilmektedir. Şekil 2.1.'de deneyin görseli yer almaktadır.



Şekil 2.1. SPT deney görseli

(http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/33502/46078/05_arazi_deneyleri_spt.pdf)

SPT Deneyinin Yapılışı

- Penetrometre deneyin yapılabilmesi için kuyu tabanına indirilir.
- Deneyin yapılacağı 3 adet 15 cm uzunluğu çakma tiji üzerine işaretlenir.
- 63.5 kg ağırlığındaki şahmerdan, tij'ler aracılığıyla çakma başlığı üzerine düşürülür.
- Bu hareket her 15 cm için tekrarlanır ve sonrası için darbe sayıları kaydedilir.
- Deney esnasında vuruş sayısı 50 vuruşu aşarsa deneye son verilir ve tijin toprak içindeki ilerlediği mesafe ölçülerek 50/12 olacak şekilde rapora eklenir.
- Kuyudan alınan verilerden son iki vuruş sayısı değeri toplamı SPT $N_{(30)}$ değerini verir.
- Deney genel olarak 1.5 metre aralıklarla yapılır.

SPT'den elde edilen sonuçlar birçok farklı faktörlerden etkilendiğinden, SPT-N değerleri üzerinden çeşitli düzeltmeler yapılmalıdır. Düzeltmeye ihtiyaç duyulan bu faktörler tij uzunluğu, sondaj kuyusu çapı, numune alıcı tipi, tokmak tipi, vuruş sıklığı ve jeolojik yük etkilerinden kaynaklanmaktadır. Bu değişkenlere bağlı olarak, elde edilen vuruş sayıları çok aşırı yüksek veya çok aşırı düşük olabilmekte ve bu nedenle zeminin özellikleri ve taşıma gücüne dair yanlış bilgiler elde edilebilmektedir. Düzeltmeler sonucunda daha faydalı, kullanılabilir ve gerçekçi sonuçlar elde edilmiş olunur. SPT deneyi sonuçlarına göre şahmerdan etkinlik oranının % 60 olarak kullanılması uygun görülmektedir (Skempton, 1986).

Skempton (1986), deney prosedürüne göre düzeltilmiş SPT sayısı için (2.1);

$$N_{60} = N \left(\frac{E_r}{60} \right) * C_R * C_B * C_S \quad (2.1)$$

bağlantısını hesaplamıştır. Bu bağlantı da;

N₆₀: Arazi Prosedürlerine Göre Düzeltilmiş SPT N Değeri

N: Arazide Ölçülen SPT Sayısı

EM: Şahmerdan etkinlik oranı

CB: Kuyu Çapı Düzeltmesi

CS: Örnek Alıcı Düzeltmesi

CR: Tij uzunluğu düzeltmesini ifade etmektedir.

Bu düzeltmeler için kullanılan değişkenler aşağıdaki Tablo 2.7.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.7. Sondaj değişken düzeltmeleri (Skempton, 1986).

Düzeltilme Tipi	Değişken Boyutları	Düzeltilme Değeri
Kuyu çapı düzeltmesi, C_B	65 - 115 mm	1,00
	150 mm	1,05
	200 mm	1,15
Örnek alıcı düzeltmesi; C_S	Standart örnek alıcı	1,00
	Astarsız örnek alıcı	1,20
Tij uzunluğu düzeltmesi; C_R	0 - 4 m	0,75
	4 - 6 m	0,85
	6 - 10 m	0,95
	> 10 m	1,00

Yeraltı suyu düzeltmesi sürecinde deneyin, yeraltı suyu düzeyinin altında yer alan ince kum veya siltli kumlarda yapıldığı durumlarda, eğer $N > 15$ ise, Meyerhof (1956) tarafından önerilen N_{arazi} değerlerinde aşağıdaki eşitlik kullanılarak yeraltı suyu ile ilgili düzeltim yapılmaktaydı. Fakat bu metot 1960'dan sonra kullanılmamaktadır (Bowles, 1998).

$N_{arazi} > 15$ ve zemin türü, ince kum ve siltli kum ise yeraltı suyu düzeltmesi için (2.2),

$$N = 15 + (0,5 * (N_{arazi} * 15)) \quad (2.2)$$

bağlantısı kullanılır.

Bu çalışma kapsamında, sondaj loglarında yer alan her bir SPT deneyi yapılan seviye için SPT N_{60} değeri hesaplanmıştır. Elde edilen veriler daha sonra analizde kullanılmak üzere Excel tablolarına kaydedilmiştir.

2.5. Mekânsal Veri Özellik ve Analizi

Mekânsal modelleme, en gelişmiş mekânsal analiz seviyesi olarak tanımlanabilir. Modeller basitleştirilmiş bir biçimde gerçekliğin bazı yönlerini temsil etmemizi sağlamaktadır. Soyut olarak, modeller gerçek bir dünyada belirli bir insan, doğal etmenler ya da sistemin nasıl çalıştığını açıklamaya ve tahmin etmeye yardımcı olur. Modeller genellikle aritmetik işlem veya komut dizisi ile birbirine bağlanmış bir dizi uzamsal değişkenden oluşmaktadır. Mekânsal veriler, elementlerden veya coğrafik dünya hakkındaki gerçeklerden oluşturulmuş olarak görebildiğimizi kanıtlamaktadır. Genel olarak, bir uzamsal veri atomu, bir coğrafi konumu yoğunlukla zaman ve varlığın birbiriyle tanımlayıcı özelliklerini veya niteliklerini birbirine bağlamaktadır.

CBS sisteminin özellikleri birçok biçimde ortaya çıkmaktadır. Bazılarının doğada fiziksel ya da çevresel, bazılarının ise sosyal ya da ekonomik olarak kullanımı söz konusudur. Bazı bölgelerde sadece posta adresleri veya arazi mülkiyetini kaydetmek için kullanılan parsel tanımlayıcıları gibi bir konum olarak tanımlanmaktadır. Belli bir lokasyondaki bir şeyi ölçmek için kullanıldığı gibi diğer bir yandan tarım, konut ve sanayi arasında farklılık gösteren arazi kullanımı sınıflarını kategorize etmekte de kullanılmaktadır.

Mekânsal veri analizinde zaman isteğe bağlı bir değişken olmakla birlikte, coğrafi konum esas olmaktadır ve mekânsal veri analizini coğrafi boyuta bağlı olmadığı söylenen diğer veri analizi biçimlerinden ayrılmaktadır. Yalnızca konumlarla ilgilenildiğinde, örnek konumlar arasındaki mekânsal ilişkileri görmezden gelmek, gözlemsel birimlerin mekânsal olarak tanımlanmış olmasına rağmen, mekânsal veri analizi yapmadan konumlar arasında bağlantı bulunamayacağını bize göstermektedir.

Haining (1990) coğrafi mekânsal analizleri temsil etmenin iki temel yolu arasında bir tanımlama yapmıştır: mekânsal olayların ayrık veya sürekli bir görüntüsü; başka bir deyişle, “ayrı nesneler” ile dolu bir alan olarak mekân anlayışı ile “sürekli yüzeyler” ile kaplı mekânın görünümü arasında bir ayrım yapılmaktadır. Birincisi, alan görüntüsü olarak alanın nesnesi veya varlık görünümü olarak belirlenmiştir. Nesne görünümünde, analiz edilen mekânsal olayların türleri boyutsallıklarıyla tanımlanmaktadır. Alanı işgal eden nesnelere iki boyutlu nesne denilmektedir ve genellikle “alanlar” olarak adlandırılır. Diğer nesneler daha çok nehirler, demiryolları veya yollar dâhil tek boyutlu çizgiler gibidir ve tek boyutlu nesneler olarak temsil edilir. Genellikle bu nesneler çizgiler olarak tanımlanmaktadır. Diğer nesneler; bitkiler, insanlar, binalar, acil durum merkez üsleri gibi sıfır boyutlu noktalar ise daha çok bu tanıma benzemektedir ve bu bağlamda nokta olarak tanımlanmaktadır (Haining, 1990).

Yüzey veya alan nesnelerinin uzunluk, genişlik ve derinliğe sahip olduğunu ve bu nedenle üç boyutlu olduğu unutulmamalıdır. Nehir havzaları gibi doğal nesneleri veya alışveriş merkezlerinin nüfus potansiyeli gibi yapay olayları farklı birer nokta ile temsil etmek için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemin ne kadar uygun olduğu çalışmanın mekânsal ölçeğine bağlıdır. Kentsel yerleşimlerin ulusal ölçekte dağılımına bakılırsa, noktaların dağılımı şeklinde değerlendirmek uygun olmaktadır. Örneğin, daha küçük bir bölge ölçeğinde, yöntem daha az hassas olmaktadır. Yollar gibi yukarıda

belirtildiği gibi çizgiler olarak bu noktalar ele alına bilinmektedir. Ancak yine ölçek bağımlılığı mevcuttur. Kentsel alanların büyük ölçekli haritalarında yollar genişliğe sahiptir ve bu, örneğin araç navigasyonu ile ilgili konulara ilgi duyulduğunda önemlidir. Çizgiler ayrıca alanların sınırlarını işaretlemektedir.

Alansal bölgeler genellikle, ülkeler, bölgeler, nüfus sayım bölgeleri vb. bölümler idari veya yasal olarak tanımlanmış olan varlıkları, aynı zamanda bir haritadaki toprak veya bitki örtüsü bölgeleri doğal alanlar olarak tanımlamaktadır. Alan görünümünde vurgu, uzaysal olayların devamlılığı üzerine bir tanımlama olur ve coğrafi dünya denilen konu, her biri dünyada yer alan yüzeyin herhangi bir noktasında ölçülebilen ve yüzey boyunca değer olarak değişen sınırlı sayıda değişkenle tanımlanmaktadır (Haining, 1990). Doğadaki ortam sıcaklığı, toprak özellikleri vb. konular düşünüldüğünde ise, bu tür değişkenlerin dünyanın herhangi bir yerinde gözlemlenebileceği belirtilmiştir. Tabii ki, pratikte, bu tür değişkenler tam olarak bilinmemektedir. Örneğin, sıcaklık bir dizi bölgede örneklenir ve bir çizgi koleksiyonu (izoterm) olarak gösterilir. Toprak özellikleri ayrıca bir dizi ayrı lokasyondaki örneklenir ve sürekli değişen bir alan olarak gösterilebilir. Tüm bu durumlarda, kesikli örneklemenin altında yatan sürekliliği göstermek için bir girişimde bilim adamları/araştırmacılar tarafından bulunulur.

CBS, coğrafi özellikleri sorgulayabilir ve tanımlama adı verilen ilgili özellik bilgisi elde edilebilir. Sorgu ve analizlerle CBS ile yeni bir harita seti oluşturabilmekte ve aynı zamanda mekânsal işlemlerle yeni bilgiler geliştirilebilmektedir.

Mekânsal analiz için veri analizlerinin tanımlamaları aşağıdaki şekildedir;

- Tek katmanlı işlemler
- Çok katmanlı işlemler / Topolojik kaplama
- Mekânsal modelleme
- Geometrik modelleme
- Coğrafi özellikler arasındaki mesafenin hesaplanması
- Alan, uzunluk ve çevre hesaplama
- Geometrik tamponlar
- Nokta deseni analizi
- Ağ analizi
- Yüzey analizi

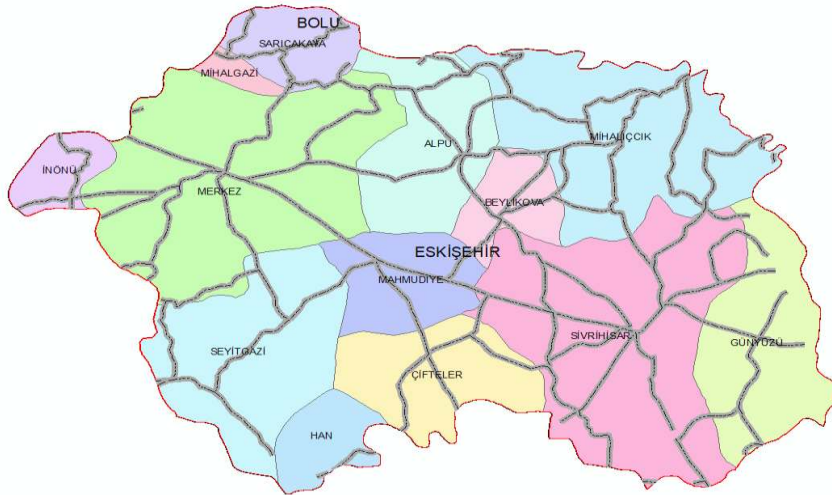
- Mekânsal Analiz
- Mekânsal Analiz için Jeostatistiksel Araçlar

Tek katmanlı işlemler, tek bir veri katmanında çalışan verilerin sorgulanmasına ve değişikliklerine karşılık gelen prosedürleri içermektedir. Örneğin Eskişehir ilçeler verisi tek katmanlı veridir. Aşağıdaki Şekil 2.2.'de gösterilmekte olan görsel, ArcGIS Programından alınmıştır.



Şekil 2.2. Eskişehir ilçeler verisi (ArcGIS)

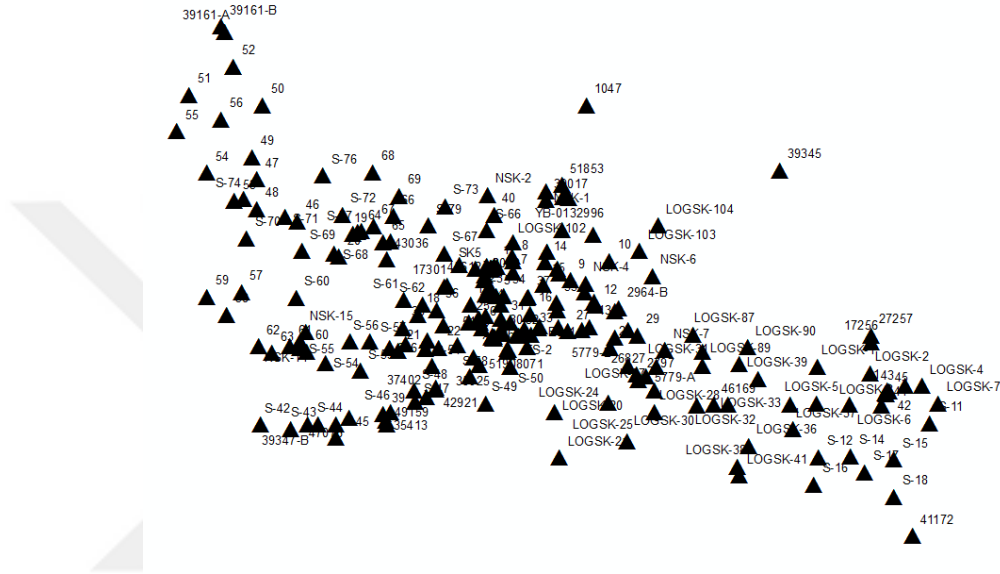
Çok katmanlı işlemler, birden fazla veri katmanındaki uzamsal verilerin analizi için kullanışlıdır. Şekil 2.3., sırasıyla ilçeler ve yol verilerini temsil eden iki girdi veri katmanını göstermektedir.



Şekil 2.3. İki veri katmanının yerleşim örneği (ArcGIS)

Topolojik kaplamalar; bunlar, farklı katmanlardan gelen özellikleri bir araya getirerek yeni bir harita oluşturmak ve ayrı haritalarda bulunmayan yeni bilgi ve özellikleri vermek için çok katmanlı işlemler olarak tanımlanmaktadır.

Mekânsal kalıpların incelenmesi ve değerlendirilmesi ve nokta özelliklerinin işlenmesi ile nokta deseni analizi ilgilenmektedir. Sondaj araştırma verileri, Şekil 2.4.'de gösterilmiş olup, nokta verisine örnektir.

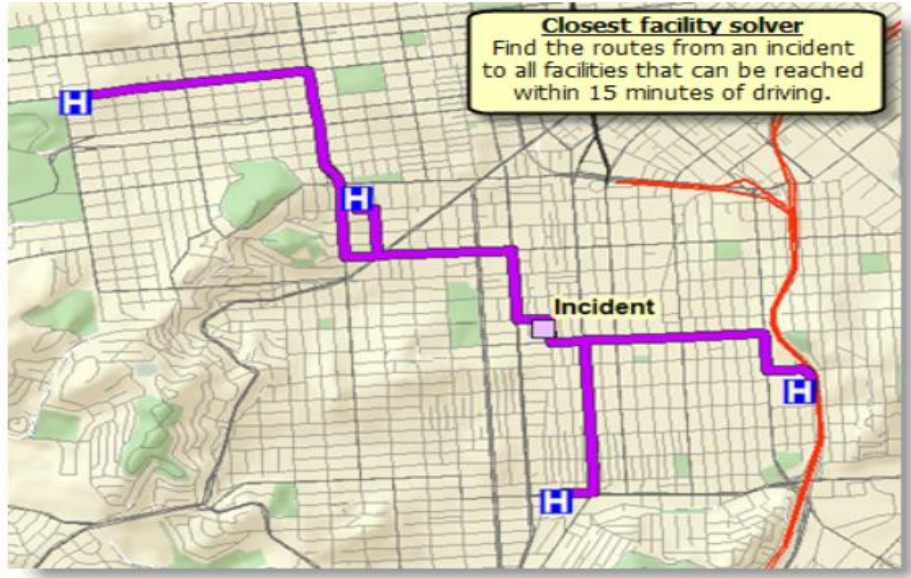


Şekil 2.4. Nokta deseni analizinde sondaj verileri (ArcGIS)

Sonuç olarak, verilerin mekânsal dağılımı bir nokta deseni analizinde incelenebilir. Dağılımın rastgele bir dizilim göstermesi durumunda tür dağılımını etkileyen önemli faktörlerin belirlenmesi zor olabilmektedir. Genel olarak, nokta deseni analizi, nokta özelliklerinin mekânsal dağılımını inceleyen ilk adım olarak incelenebilmektedir.

Bağılantılı ağlarda düzenlenen hat özellikleri için özel olarak tasarlanmış olan ağ analizi, tipik olarak ulaşım problemleri ve okul otobüsü güzergâhı, yolcu grafiği, yürüme mesafesi, otobüs durağı optimizasyonu, en uygun yol bulma, vb. konum analizi için geçerli olan bir yöntemdir.

Yönlendirme, ulaştırma endüstrisi için büyük bir endişe kaynağı olmaktadır. Örneğin, nakliye şirketleri teslim alma veya teslim etme için en uygun maliyetli bağlantı kurma yöntemini belirlemeleri gerekmektedir. Aşağıda Şekil 2.5.'de ağ analizi görseli yer almaktadır.



Şekil 2.5. Örnek bir kaza senaryosundaki ağ analizi görseli (ArcGIS)

Şebeke analizi, mekânsal verilerin düzenli aralıklarla özel olarak işlenmesini içermektedir. Çoğu durumda, CBS yazılımları yukarıda bahsedilen yöntemlerde uygulanmak için en etkili ve yetkin metot aracı olma özelliği sağlamaktadır.

2.6. Mekânsal Veri Türleri

Bilim insanları mekânsal verinin doğasını tarif ederken, değişkenlerin ölçüldüğü alanın ayrıklığı veya sürekliliği ile değişken değerlerin ayrıklığı veya sürekliliği arasında ayırım yapmanın önemli olduğunu belirtmişlerdir. Eğer alan sürekli ise, alanın devamlılığı ayrık değerli değişkenler altında korunamadığından değişken değerlerin sürekli olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Alan ayrık ise ve sürekli bir alan ayrık hale getirilmişse, değişken değerler sürekli olarak değerli veya ayrık olarak değerli olabilir (Haining, 1990). Mekânsal verilerin alan kavramına ve ölçüm seviyesine göre sınıflandırılması, bir soruyu cevaplamak için kullanılacak en uygun istatistik tekniğinin belirlenmesinde gerekli olarak atılacak ilk adım olarak belirtilebilir. Ancak sınıflandırma yeterli olmamaktadır; çünkü aynı mekânsal nesneler, oldukça farklı coğrafi alanları temsil edebilmektedir. Örneğin, noktaları alanları temsil etmek için de ayrıca aynı mekânsal nesneler kullanılabilir. Tablo 2.8.'de dört tür veri yer almaktadır.

- Nokta deseni verileri, yani bir hastalık bölgesinde, ilgilenilen olayların meydana geldiği, bazı çalışma bölgelerinde bir dizi nokta konumundan oluşan bir veri seti olarak tanımlanabilir.
- Kavramsal olarak sürekli olan ve gözlemleri önceden tanımlanmış ve sabit bir nokta kümesinde örneklenmiş olan değişkenlerle ilgili alan verileri aynı zamanda coğrafi istatistik verileri olarak da adlandırılır.
- Veri değerlerinin, uzaktan algılanan görüntülerde olduğu gibi, düzenli bir kafes oluşturabilen sabit sayıda alan birimi ile ilişkili gözlemler olduğu veya ilçeler, ilçeler gibi düzensiz alanlar veya bölgelerden oluşan bir alan olduğu alan verileri, nüfus sayımı bölgeleri ve hatta ülkeler yer almaktadır.
- Her biri bir çift nokta konumuyla veya alan çiftiyle ilişkili ölçümlerden oluşan, uzamsal etkileşim verileri (ayrıca başlangıç-varış yeri akışı veya bağlantı verileri olarak da adlandırılır).

Tablo 2.8. Mekânsal veri türleri: kavramsal şemalar ve örnekler

<i>Mekânsal Veri Türü</i>	<i>Konsept Şeması</i>		<i>Örnekler</i>	
	<i>Veri Şeması</i>	<i>Mekânsal Veriler</i>	<i>Değerler</i>	<i>Alan</i>
<i>Nokta deseni verileri</i>	Değişken (ayrık veya sürekli) rastgele bir değişkendir.	Değişkenin bağlı olduğu nokta nesneleri sabittir.	Ağaçlar: hastalıklı veya sağlıklı Tepe evi: türüne göre sınıflandırılmış	İki-boyutlu sınıflandırılmış ayrık alan
<i>Mekânsal olarak sürekli (coğrafi istatistik) veriler</i>	Değişken, konumun sürekli değerli bir işlevidir.	Değişken (iki boyutlu) uzayda her yerde tanımlanır.	Sıcaklık Atmosferik kirlilik	İki-boyutlu sınıflandırılmış ayrık alan
<i>Alan verileri</i>	Değişken (ayrık veya sürekli) rastgele bir değişkendir.	Değişkenin eklendiği alan nesneleri sabittir.	Brüt bölgesel ürün Suç oranları	İki-boyutlu sınıflandırılmış ayrık alan
<i>Mekânsal etkileşim verileri</i>	Ortalama etkileşim frekanslarını temsil eden değişken, rastgele bir değişkendir.	Akış değişkeninin bağlı olduğu yer çiftleri (noktalar veya alanlar).	Uluslararası Ticaret Nüfus göçü	İki-boyutlu sınıflandırılmış ayrık alan

Mekânsal etkileşim verilerinin çeşitleri ve bu çeşitlerin analizi, ulaşım hareketleri, göç ve bilgi ve gözlem aktarımı gibi insan faaliyetlerinin incelenmesinde uzun ve seçkin

bir tarihe sahiptir. Alan verileri, özellikle sosyal bilimlerde, mekânsal veri analizi uygulamaları için önemli bir bakış açısı sağlamaktadır.

Coğrafi bilgi sistemi, bölgeselleştirilmiş değişkenlerin mekânsal değişkenliğini özellikle incelemektedir. İki veya üç boyutlu bir uzayda bir öznitelik değeri ve konumu olan değişkenler olarak tanımlanabilir ve mekânsal değişkenliği karakterize eden araçlar iki adettir;

- Mekânsal Otokorelasyon İşlevi ve Variogram
- Mekânsal Ağırlık Matrisi

Bir matris, farklı ayırımdaki nokta çiftlerinin varyansından hesaplanmaktadır. Birkaç mesafe sınıfı ve/veya gecikmesi için, o ayrımla ve varyans ile hesaplanan tüm nokta çiftleri tanımlanmaktadır. Bu işlemi çeşitli mesafe sınıfları için tekrarlamak için bir matris oluşturulur. Bu fonksiyonlar nokta verilerinin mekânsal değişkenliğini ölçmek için özellikle kullanılabilir, aynı zamanda haritaların veya görüntülerin analizleri ve ölçümlerinde yine bu yöntem kullanılır.

Mekânsal oto korelasyon olarak adlandırılan istatistiksel analiz, rastgele bir sürecin uzayda kendisiyle ilişkisini incelemektedir. Belirli belirli coğrafi konumlarda ölçülen ayrı değerlere sahip olan birçok değişken (yani, bireysel gözlemlere boyutsuz noktalarla yaklaşılabılır) rastgele süreçler olarak kabul edilebilir ve böylece uzamsal oto korelasyon analizi kullanılarak analiz edilebilir. Bu tür olaylara örnek olarak toplam yağış miktarı, toksik element konsantrasyonu, tane büyüklüğü, üçgenlenmiş noktalardaki yükseklik vb. değerler verilebilir.

Bir grafikte gösterilen uzamsal oto korelasyon fonksiyonu, uzam veya zamandaki farklı kaymalar için bir dizi nokta veya bir harita ile kendisinin ve onun arasındaki korelasyonu gösteren uzamsal otomatik-korelogram olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca, incelenen olayların mekânsal değişkenliğini görselleştirmektedir. Genel olarak, ortalama olarak birbirine yakın olan çok sayıda nokta çifti, daha büyük ayrılmadaki nokta çiftlerinden daha düşük bir varyansa sahiptir. Oto korelasyon bu ilişkiyi ölçmekte ve incelenen olgunun mekânsal davranışına ilişkin iç görü kazanmaya olanak sağlamaktadır.

2.7. Mekânsal Ağırlıklandırma

Verilere ait komşuluk ilişkilerini ve bağımlılıkları yapılan modellemelere eklemek amacıyla mekânsal ağırlık matrisi kullanılmaktadır. Matris verilerin etkileşimleri ve yayılımlarının bir gösteri olarak tanımlanabilmektedir. Mekânsal ağırlık matrisi $N \times N$ boyutunda coğrafi konum verileri veya objelerinden oluşan ve i konumundaki gözlem ile j konumundaki gözlemlerin birbirleri ile olan ilişkilerini incelemektedir (Gumprecht, 2005)

Her özellik için bir satır ve her özellik için bir sütun vardır. Herhangi bir satır, sütun kombinasyonunun hücre değeri, bu satır ve sütun özellikleri arasındaki uzamsal ilişkiyi ölçen ağırlıktır. Gözlemler arasında ilişki olmadığı zaman sıfır değerini, ilişkili olduğu zaman ise pozitif değerini almaktadır. Yani matris oluşturulurken ilişkinin tek veya çift yönlü olmasına bakılmadan işlem yapılmaktadır. Mekânsal ağırlık matrisi standardize işlemi yapıldıktan sonra çalışmalarda kullanılmaktadır. Başka bir ifadeyle, her satırın toplanması ile elde edilen sayıya, bir satırdaki tüm değerlerin bölünmesi ile satırın oransal değeri hesaplanmaktadır.

Uzamsal ağırlık matrisi, verilerinizin uzamsal yapısının temsidir. Veri kümenizdeki özellikler arasında var olan mekânsal ilişkilerin bir ölçümüdür. Uzamsal ağırlık matrisi verilerinize bir yapı yüklediğinden, özelliklerin birbirleriyle nasıl etkileşime girdiğini en iyi yansıtan bir kavramsallaştırma seçmelidir. Örneğin, bir ormandaki belirli bir tohum yayıcı ağaç türünün kümelenmesini ölçüyorsanız, ters mesafe formu en uygunudur. Ancak, bir bölgenin taşıtlarının coğrafi dağılımını değerlendiriyorsanız, seyahat süresi veya seyahat maliyeti kullanımı daha uygundur. Herhangi bir satır veya sütun kombinasyonunun hücre değeri, bu satır ve sütun özellikleri arasındaki uzamsal ilişkiyi ölçen ağırlıktır.

Ağırlık matrisi $i=(1,2,3,...,n)$ ile $j=(1,2,3,...,n)$ Mekânsal ağırlık matrisi örneği aşağıda yer almaktadır. Burada n gözlem sayısını ifade etmektedir. (i,j) verileri kesişiminde bulunan veri W_{ij} ile ifade edilmektedir (2.3).

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \dots & w_{1n} \\ w_{21} & w_{22} & \dots & w_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{n1} & w_{n2} & \dots & w_{nn} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Mekânsal ağırlık matrislerinde komşuluk kavramının tanımlanabilmesi için çokgenlerin birbirleri arasında ortak sınır veya noktaların belirli bir mesafe içinde bulunmalıdır. Bu tanımlamaların yanında farklı sınır ilişkileri ve sınır uzunluğu veya seçilen noktaya en yakın komşuları kullanılmaktadır.

Veri özellikleri arasındaki ilişkileri ölçmek için iki farklı türde yöntem vardır. Bunlardan birincisi verilerin ikili incelenmesi için sabit mesafe, en yakın komşu K, Delaunay Üçgeni, bitişiklik veya uzay-zaman penceresi yöntemleridir. İkinci tür yöntem; verilerin ağırlıklı olarak incelenmesi için, komşu özellikler değişken bir etkiye sahiptir ve ağırlıklar bu varyasyonu yansıtacak şekilde hesaplanır.

2.7.1. Sınırdışlığa bağlı ağırlık matrisi

Komşuluk veriler arasındaki uzaklığın bir türevi olarak tanımlanabilir. Yani iki verinin komşu olabilmesi için aralarındaki mesafe anlamlılık sağlayabilecek uzaklıkta bulunması gerekir. Uzaklıklar belirlenirken enlem ve boylam değerleri ve alansal objelerin merkezleri kullanılarak belirlenir.

Kritik değer komşuluğu (2.4) nolu denklemde yer almaktadır.

$$W_{ij} = \begin{cases} 1, d_{ij} < d (d > 0) \\ 0, diğer \end{cases} \quad i=1, \dots, n, j=1, \dots, n \quad (2.4)$$

İki veri komşu olabilmesi için verilerin merkezleri arasındaki uzaklık (d_{ij}) belirli bir seviyede olmalıdır. Bunun dışında kalan veriler ilişkisiz olarak düşünülmelidir.

Oluşturulan ağırlık matrisi satranç benzeri karesel sınırlar içinde yer aldığında kale komşuluğu, kesişen köşegenlerden oluşuyor ise fil komşuluğu ve ortak köşe ve kesişen köşegenlerden oluşuyorsa vezir komşuluğu olarak tanımlanmaktadır. Uzaklığa bağlı olarak ve bu komşulukların birleşiminden genel mekânsala ağırlık matrisleri meydana gelmektedir (Anselin, 1988).

2.7.2. Uzaklığa bağlı oluşturulan ağırlık matrisi

Coğrafi olarak kullanılan alanlar, konumlar ya da şehirlerin aralarında bulunan sınırların aralarındaki mesafelerine göre oluşturulabilmektedir (Anselin, 1988). Yapılan

gözlemler arasındaki uzaklıkların arttığı durumlarda mekânsal otokorelasyonda doğru orantılı olarak azalmaktadır.

Uzaklığa bağlı ağırlık matrisleri en genel olarak ifadesi (2.5) nolu denklemde görülmektedir.

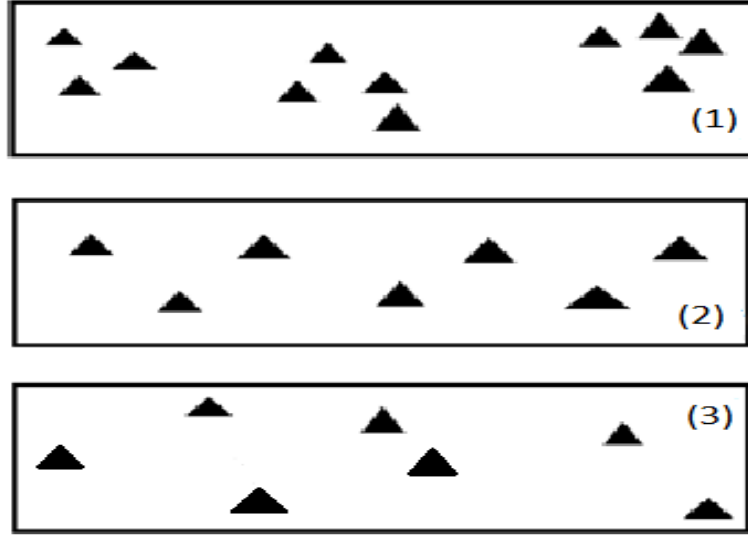
$$W_{ij} = g(d_{ij}) \quad (2.5)$$

Formülde d_{ij} uzaklığın fonksiyonu olarak temsil edilmektedir (Anselin ve Bera, 1998). Mekânsal ağırlıklar, genellikle standart hale getirilir. Sıra standardizasyonu, özelliklerin eşit olmayan sayıda komşu olduğu durumlarda orantılı ağırlıklar oluşturmak için kullanılır. Sıra standardizasyonu, bir özellik için her bir komşu ağırlığın o özellik için tüm komşu ağırlıkların toplamına bölünmesini içerir ve özelliklerin dağılımı örnekleme tasarımı veya uygulanmış bir toplama şeması nedeniyle potansiyel olarak önyargılı olduğunda önerilir.

2.8. Mekânsal Otokorelasyon (Spatial Autocorrelation)

Mekânsal otokorelasyon mekânsal istatistiklerde önemli bir kavramdır. Mekânsal verilerin uzaklığa bağlı olarak belirli özelliklerindeki artma veya azalma değişimlerini incelemek amacıyla kullanılmaktadır. Otokorelasyon, yakındaki gözlemler arasındaki benzerliğin bir ölçüsüdür. Mekânsal otokorelasyon kavramı, zamansal otokorelasyonun bir uzantısıdır. Yine zaman tek boyutludur ve sadece bir yöne ileriye doğru ilerler. Mekânsal nesnelerin iki boyutu ve karmaşık şekilleri vardır ve “yakın” olanın nasıl belirleneceği açık olmayabilir.

Mekânsal otokorelasyonu Şekil 2.6.’de görüldüğü gibi üç farklı sınıfa ayırarak incelemek mümkündür. Birinci olarak pozitif korelasyon (1), konumsal olarak yakın kümelenmiş veriler topluluğunun birbirlerine benzer özellikler göstermesi ile tanımlanmaktadır. İkinci olarak negatif korelasyon (2), konumsal olarak yakın fakat birbirlerine benzer özellikleri bulunmayan veriler olarak tanımlanmaktadır. Üçüncü ise sıfır korelasyon (3), veriler arasında konumsal özellikleri arasında ilişki bulunmadığı durumlar olarak tanımlanabilir (O’Sullivan and Unwin, 2002).



Şekil 2.6. Mekânsal otokorelasyon türleri görseli

Mekânsal otokorelasyon, bir değişkene yakın konumlarda bulunan diğer gözlemlerle arasındaki kovaryans ve korelasyonun incelenmesi ile bulunabilmektedir. Bu inceleme yapılırken değişkenlere ait gözlemler aralarındaki benzerlikler ve değişkenlerin konumsal olarak benzerlikleri kullanılmaktadır.

Mekânsal otokorelasyonu hesaplanması ve test edilmesi yapılan çalışmanın kapsam ve çalışma ölçeğine bağlı olarak değişmektedir. Günümüzde küresel ve lokal olmak üzere iki farklı ölçekte mekânsal otokorelasyon incelenmektedir. Küresel ölçekte yapılan çalışmalar kullanılan mekânsal ağırlık matrisinin tüm elemanları hesaplarken, lokal ölçekli çalışmalarda ağırlık matrisi tüm elemanlar yerine yakındaki bir yada birden fazla elemanı kullanarak hesaplama yapmaktadır. Bir değişkene ait gözlem değerleri arasındaki benzerliğe bağlı olarak kümelenmenin belirlenmesi amacıyla Yerel Mekânsal Otokorelasyon (LISA) yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem ile değişkenler arasındaki kümelenmemiş bölgelerde tespit edilebilmektedir (Fischer ve Wang, 2011).

Mekânsal otokorelasyon (MO), komşu yerlerde kaydedilen aynı değişkendir (Cliff ve Ord, 1973). Yüksek değerler nispeten yüksek değerlerle, komşu konumlarla ilişkilendirildiğinde, MO pozitif ve tam tersi olarak, yüksek değerlerin komşu yerlerde nispeten düşük değerlere karşılık geldiği durumlarda, negatif olmaktadır.

Arthur Getis, “konularının ekolojik yönleriyle ilgilenen neredeyse tüm büyük dergilerin mekânsal bir otokorelasyon temeline sahip makaleler bastıklarını” sonucuna

varmadır (Getis 2008). Tam tersine, MO konusu davranışsal ekolojide büyük ölçüde görmezden gelinmiştir, ancak bu alandaki birçok çalışma mekânsal bir bileşenle ilgilenmektedir.

Mekânsal otokorelasyon, benzerlik ve mesafe arasındaki ilişkiye işaret eder, yakınların uzaktaki şeylerden daha fazla olması ve Tobler'in İlk Coğrafya Yasası için temel oluşturur. Bu verilerde sıklıkla gözlenir ve mekânsal olarak yapılandırılmış çevresel habitat tercihlerinin yanı sıra rekabet veya dağılma gibi biyotik baskılardan da kaynaklanabilir. Son zamanlarda, uzamsal otokorelasyonun ekolojik çalışmalardaki istatistiksel etkisi not edilmiştir ve uzamsal otokorelasyonu regresyon modellerine dahil etme yöntemleri daha yaygın hale gelmiştir.

Mekânsal durağanlık, uzayda sabit olmayan bir ilişki veya süreci açıklar. Eğer bir ilişkinin mekânsal olarak durağan olmaması durumunda, araştırmak için kullanılan küresel istatistiksel ölçütler, çalışma alanının sadece bir kısmı için geçerli olan ya da hiçbirisi için geçerli olmayan model sonuçları üretecektir. Coğrafi ağırlıklı regresyon kullanılarak çeşitli türler için türlerin zenginlik-çevre ilişkilerinin durağan olmaması incelenmiştir.

Mekânsal otokorelasyonda lokal ölçekler ve testlerde, komşu gözlemlere dayalı olarak her gözlem için parametreleri hesaplayarak geleneksel regresyon modellerinde ilerler, böylece modelin parametrelerinin uzayda değişmesine izin verir. Bu, değişkenler arasındaki ilişkideki uzaysal durağanlığı test etmek ve araştırmak için ve ayrıca bu ilişkinin ölçeğe göre nasıl etkilendiğini araştırmak için bir temel sağlar.

2.9. Mekânsal Bağımlılığın Tespit Edilmesi İçin Kullanılan Testler

Mekânsal bağımlılığın tespit edilmesi amacıyla, başlıca iki türlü belirleme testi bulunmaktadır. Bunlar, Moran I Testi ve Lagrange Çarpanı Testidir.

2.9.1. Moran I İndeksi (Morans I Index)

Patrick Alfred Pierce Moran tarafından 1950 yıllarında mekânsal otokorelasyonun tespit edilebilmesi amacıyla geliştirilmiş ve halen günümüzde mekânsal analizlerde yapılan gözlemlere ait aşırı farkları bulmakta kullanılmaktadır (Fischer ve Wang, 2011).

Bu araç hem özellik konumlarına hem de özellik değerlerine aynı anda dayalı olarak konumsal otokorelasyonu ölçmektedir. Bir özellik ve ilişkili bir nitelik verildiğinde, ifade edilen modelin kümelenmiş, dağılmış veya rastgele olup olmadığını değerlendirir.

Moran I istatistiği -1 ile +1 arasında değerler hesaplamaktadır. Yani +1'e yakın değerler pozitif korelasyonu yani kümelenmeyi, -1'e yakın değerler negatif korelasyonu yani dağılımı göstermektedir. Mekânsal otokorelasyon bir değişkene ait çok yüksek veya çok düşük değerlerin belirli bir alanda kümelenme olasılığı olduğu durumlarda pozitif korelasyon, belirli alanda özellikler arasında benzerlik göstermemesi durumunda negatif korelasyon olduğu düşünülebilir.

En yüksek değerlere sahip alandaki veriler, yüksek komşuluk özellikleri gösteriyor ise pozitif korelasyondan bahsedilebilir. En düşük değerlere sahip alandaki veriler, düşük komşuluk özellikleri gösteriyorsa negatif korelasyondan bahsedilebilir (Tuncer, 2013).

Bu yöntemin uygulama alanlarına örnek olarak; veri bağımsızlığı varsayımlarını ihlal etmekten kaçınmak için regresyon analizinden önce mekânsal filtreleme yapılarak uygulama gerçekleştirilir. Çeşitli mekânsal analiz yöntemleri için uygun bir mesafesini belirlemeye yardımcı olmaktadır. Belirli bir istatistiksel yöntem kullanmanın fizibilitesini belirlenir. Örneğin, doğrusal regresyon analizi ve diğer birçok istatistiksel teknik bağımsız gözlemler gerektirir. Regresyon artıklarının test etmek için kullanılabilir.

Moran I istatistiği tanımlanırken küresel ve lokal olmak üzere 2 farklı yöntem tanımlanmaktadır (Rogerson, 2001). Global Moran I (2.6) belirlenmiş alandaki belirli özelliklerin dağılım desenlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır;

$$I = \frac{N \sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{(\sum_i \sum_j w_{ij} \sum_i (x_i - \bar{x})^2)} \quad (2.6)$$

Kullanılan bu formüldeki simgeler, N piksel sayılarının toplamı, W_{ij} ağırlık matrisini, x_i ve x_j değerleri i ve j konumundaki değerleri, $\bar{x}$ ortalama değeri belirtmektedir.

Lokal Moran I (2.7), pikseller arasında bir kümelenmenin varlığını tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır.

$$I = \frac{(x_i - \bar{x})}{S^2} \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad (2.7)$$

Kullanılan bu formüldeki S standart sapmayı göstermektedir.

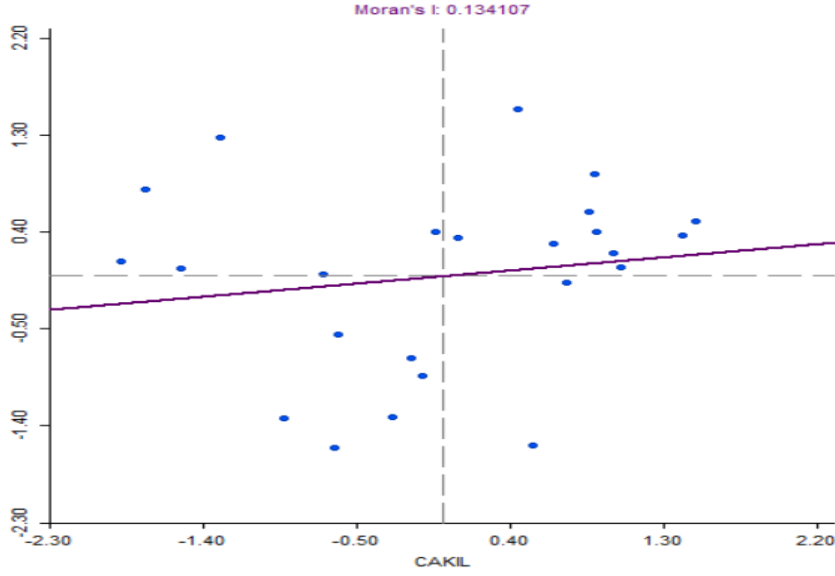
Moran I Endeks değerini ve bu indeksin önemini değerlendiren hem Z skorunu hem de p değerini hesaplar. Z puanı istatistiksel olarak I değerinin anlamlılığını gösterir. Gerçek değer ile beklenen değer arasındaki farkın standart sapmaya bölünmesi ile hesaplanır(2.8).

$$Z = \frac{I_o - I_e}{S_1} \quad (2.8)$$

Beklenen değer sıfırdan farklı bir değer alırsa yani sıfır hipotezi reddedilirse, gözlemler arasında mekânsal otokorelasyon olduğu düşünülebilir. Z istatistik değeri 1.96 değerinden büyük veya -1.96 değerinden küçük olursa sıfır hipotezi reddedilmelidir. Yani mekânsal otokorelasyon vardır diye düşünülebilir (Mitchell, 2005).

Moran I istatistiği belirlendikten sonra Scatterplot (saçılma) grafiği oluşturulabilmektedir. Bu grafikte indeks regresyon çizgisinin eğimi kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu grafikler gözlemlenen değerlerin yakındaki diğer değerlerle benzerliğini belirlemekte yani gözlemler arasındaki mekânsal olarak ayrışmasını incelemek için kullanılmaktadır (Anselin ve Berra, 1998).

Grafik bölgesel olarak 4 kısma ayrılmıştır. Sağ üst kısım yüksek-yüksek, sol alt kısım düşük-düşük, sol üst kısım düşük-yüksek ve sağ alt kısım yüksek-düşük olarak belirlenmiştir. Sağ üst ve sol alt kısımdaki gözlemler pozitif otokorelasyon, sol üst ve sağ alt kısımdaki gözlemler negatif otokorelasyonu göstermektedir (Goodchild 1986) Şekil 2.7.'de GeoDa programında oluşturulmuş saçılma grafiği örneği yer almaktadır.



Şekil 2.7. Scatterplot grafiği örneği (GeoDa)

2.9.2. Lagrange Çarpanı Testi (Lagrange Multiplier)

Lagrange testinde (LM) mekânsal bağımlılığı maksimum olabilirlik yöntemi ile hesaplamayı amaçlayan bir yöntemdir. Bu yöntemde çıkarımlar Wald, asimtotik t, olabilirlik oranı (LR) ve Lagrange çarpanı (LM) testine bağlı olarak yapılmaktadır (Anselin, 1988). EKK analizi artıkları kullanıldığından dolayı Moran I testine benzemektedir.

Genellikle LM test istatistiği büyük olan yöntem kullanılır. LM testi LAG anlamlı çıkarsa SAR (Mekânsal Gecikme), LM testi ERORR anlamlı ise SEM (Mekânsal Hata) modeli kullanılır, ancak yapılan testlerden ikisinde anlamlı oluşu durumlarda Robust Testleri uygulanır. Her iki Lagrange testide EKK modelinin geçerliliğini test etmektedir (Anselin ve Rey, 1991).

Lagrange çarpanı testinde, mekânsal bağımlılığı ve mekânsal bağımlılığın hangi türde olduğunu belirlemektedir. Lagrange çarpanı testi için kullanılan mekânsal hata modeli ve mekânsal gecikmeli model ile ifade edilmektedir. İki yöntem için kullanılan formüller aşağıda (2.9 ve 2.10) yer almaktadır (Burridge ,1980).

$$LM_{error} = [Ne'W e / e' e]^2 [tr(W'W + W^2)]^{-1} \quad (2.9)$$

$$LM_{lag} = [Ne'W e / e' e]^2 [N(Wxb)'M(Wxb) / e' e + tr(W'W + W^2)]^{-1} \quad (2.10)$$

2.10. Mekânsal Regresyonun Tespiti İçin Kullanılan Modeller

Mekânsal bağımlılık, mekânsal bir model olduğunda ortaya çıkan bir veri özelliği olan mekânsal otokorelasyon ile ölçülür. Bu mekânsal dağılım, standart küresel ve yerel mekânsal istatistiklerle ölçülebilir.

Durbin ve Watson'ın 1950'lerde seri otokorelasyon için bir test istatistiği ve Imhof'un 1960'larda, merkezi olarak dağılmış değişkenlerin tam dağılımını hesaplamaya yönelik yaklaşımı konusundaki teorik çalışmaları mekânsal bağımlılıktan sorumlu olan regresyon modellerinin temelini attı (Tiefelsdorf, 2000). 1980'lerde Cliff ve Ord, bölgesel bilimdeki uygulamalarla mekânsal otokorelasyon önlemleri üzerinde çalışarak ekonometri alanını büyük ölçüde etkiledi (Cliff ve Ord, 1981). Haining, Griffith ve Anselin'in diğerleri arasında mekânsal ekonometrik modellerin geliştirilmesi konusundaki çalışmaları o zamandan beri mekânsal regresyon modellerinin çeşitli uygulamalı disiplinlerin araç setinin bir parçası haline gelmesine neden olmuştur.

Anselin (2002), mekânsal ekonometri tanımlarını açıklamalarında, Paelinck ve Klaassen'ın mekânsal karşılıklı bağımlılığın, mekânsal ilişkilerin asimetrisinin ve “diğer alanlarda” bulunan faktörlerin uygunluğunun önemini vurguladığını belirtmektedir. Mekânsal ekonometrik model odaklı yaklaşımın daha sonra verilerle karşılaştığı teorik bir spesifikasyondan başlaması. Ayrıca, bu kategori altındaki yöntemlerin çoğunun uzaysal modellerde kestirim ve özellik tanılamaları ile ilgilendiğini belirtmektedir (Anselin 1988; Griffith 1993). Mekânsal ekonometrik modellerle ilgili birçok kitap ve monografi Anselin (1988), Griffith (1990), Getis ve ark. (2004), Anselin (2009) ve LeSage ve Pace (2010).

Klimatoloji, tarım bilimleri, çevrebilimi, halk sağlığı ve şehir ekonomisi gibi çeşitli alanlarda araştırmacılar, çok değişkenli, mekânsal ve zamansal olarak korelasyon gösteren verileri analiz etmektedir. Bu, veri setlerinin modellenmesi ve veri analizi için uygun yöntemlere olan ihtiyaç vardır. Mekânsal veriler nesne veya alan verileri olabilir (Longley vd., 2005). Alan verileri analizin jeostatistik analizde yaygın olarak kullanılan sürekli bir yüzeyi temsil ettiği varsayıldığında kullanışlıdır. Vektör tabanlı GIS denilen noktalar, çizgiler veya çokgenler olarak temsil edilen nesne verileri, ekonometri analizde daha tipik olarak kullanılır (Anselin, 2002).

Ekonometri analizde, aşağıdaki (2.11) gibi bir regresyon modeli yazılabilir:

$$Y = \beta X + \varepsilon \quad (2.11)$$

Buradaki Y , n veri noktalarına sahip bir veride bağımlı değişkenin $n1$ matrisidir, X , p bağımsız değişkenleridir ve bir kesişme $p + 1$ parametreleridir. Tahmin edilebilir ve ε , normal olarak bir OLS regresyonunda dağıtıldığı varsayılan bir $n1$ rasgele hata matrisidir.

Veriler arasında mekânsal bağımlılık varsa, hata terimiyle ilgili varsayımları ihlal eder. Mekânsal otokorelasyonu ölçmek için standart küresel ve yerel mekânsal istatistikler geliştirilmiştir. Mekânsal otokorelasyonu açıklayan regresyon modelleri şöyle yazılabilir (2.12):

$$Y = \beta X + \lambda L \quad (2.12)$$

L matrisi, $n \times n$ uzaysal bir filtredir ve λ ürün terimi, terimleri bağımsız olmayan bir $n1$ hata matrisidir. Matris L mekânsal otokorelasyonun varlığını gösterir.

Verilerdeki mekânsal bağımlılık, i konumundaki bir gözlemin diğer yerlerdeki j ve i 'deki diğer gözlemlere bağlı olduğunu göstermektedir. Alan birimlerinin (objelerin) uzamsal düzenlenmesinin bir C matrisi ile gösterilmesine izin verin, C 'nin sıra normalleştirilmiş versiyonu W ve mekânsal otokorelasyon parametresi olsun. Mekânsal bitişiklik matrisi W , topolojik bilgiden üretilebilen simetrik bir matristir. Bitişiklik kriterlere göre, mekânsal ağırlık matrisinde, eğer bir konum i konum j 'ye bitişikse ve sıfıra sıfır ise bir eleman c_{ij} 'dir. Benzer şekilde, i ve j konumları arasındaki mesafe belirtilen bir mesafe içerisinde ve sıfır ise, eleman c_{ij} bir olarak tanımlanabilir. Bitişiklik matrisi bitişik konumlar arasındaki uzamsal bağlantıların gücünü ayırt etmediğinden, daha kesin uzamsal bağlantılar için karmaşık uzamsal ağırlık matrisleri önerilmiştir.

Cliff ve Ord (1981), bir uzaklık ölçüsü ve uzaysal birimler arasındaki sınırın göreceli uzunluğunun bir kombinasyonunu önermektedir.

Lineer regresyon modeli, Anselin tarafından 1988 yılında mekânsal bağımlılığı ve mekânsal hatayı aynı formülde kullanmıştır (2.13).

$$y_i = \rho \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n w_{ij}^{(1)} y_j + \beta^T x_i + \varepsilon_i \quad (2.13)$$

Formülde x_i açıklayıcı değişkene ait gözlem, y_i bağımlı değişkene ait gözlem, B regresyon katsayısı, ε hata terimini ifade eder (Arbia, 2006).

Belirli bir alanda gözlemlenen değerler ile yakın alanlardaki diğer gözlemlere ait değerler ile ilişkili olması mekânsal bağımlılık olarak tanımlanmaktadır. Konumlarının yakın olmasından ötürü birbirlerinden etkilenen verilerde mekânsal veri olarak isimlendirilmektedir. Mekânsal bağımlılık ise, kullanılan mekânsal verilerin birbirleri ile bağlantılı olduğu durumlarda söz konusudur. Klasik regresyon modelleri yanında Mekânsal Lag ve Mekânsal Error bağımlılıkları belirlenen alandaki mekânsal bağımlılığın incelenmesi için kullanılmaktadır. Mekânsal Lag yani mekânsal gecikme mekânsal otokorelasyon incelenen bağımlı değişkenler arasında ise kullanılır. Mekânsal Error yani mekânsal hata modeli mekânsal otokorelasyon incelenen hata terimleri arasında ise kullanılmaktadır (Fischer ve Wang, 2011).

2.10.1. En Küçük Kareler Yöntemi (EKK)

EKK yöntemi klasik regresyon çözümleme metotlarından en fazla kullanım alanına sahip istatistiksel bir yöntemdir. Gauss isimli kişi tarafından 1795 yılında keşfedilmiştir. Yöntem En Küçük Kareler Ordinary Least Square (OLS) olarak adlandırılmaktadır. Bağımlı değişkenler arasında ilişkiyi en doğru şekilde yani gerçek değerlere en yakın model oluşturmak amacıyla hata terimlerinin kareleri toplamını bu yöntemde kullanılmaktadır. EKK yöntemi mühendislik, biyoloji, ekonomi ve jeoloji gibi birçok alanda bağımlı değişkenlerin aralarındaki ilişkileri belirlemek için kullanılmaktadır.

Sıradan EKK modelinde, bağımsız değişkenlerin katsayılarının değerlerinin çalışmanın uzamsal alanı boyunca sabit olduğu varsayılmaktadır. Başka bir deyişle, ilişkide herhangi bir uzamsal değişiklik varsa, o zaman hata terimiyle sınırlandırılmalıdır. Ayrıca, EKK tahminleri, kare tahmin hatalarının toplamını minimize ederek bulunur.

Verilere mekânsal bağımlılık varsa, hata terimiyle ilgili bu varsayımlar ihlal edilir. Bu nedenle, standart özellikleri ve daha temel olarak, gözlemlerin bağımsız olduğunu varsayan bir model yoktur.

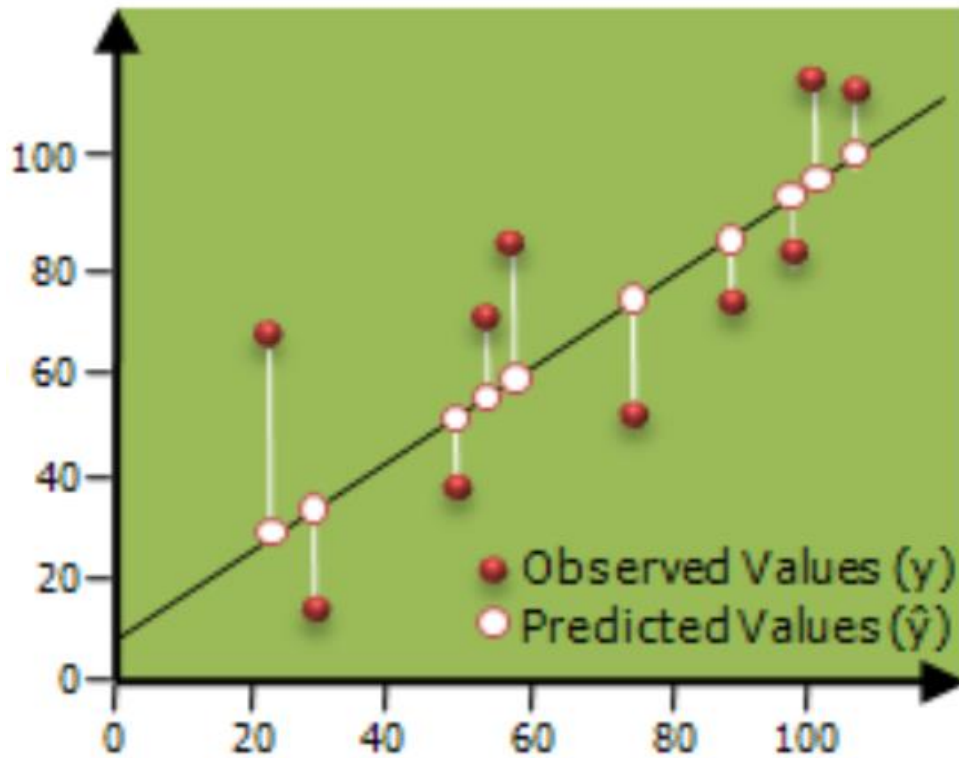
Beale (2010), uzamsal ve zamansız EKK regresyon analizi arasındaki regresyon katsayıları arasındaki farkın esasen tahmin edilemez olduğunu not etmiştir. Uzamsal otokorelasyonun göz ardı edilmesinin sonucudur. Regresyon modelleri mekânsal otokorelasyon olarak adlandırılır.

Bu yöntemde aşağıda gösterilen (2.14) formülü küçülterek kullanarak katsayı tahminleme yapmaktadır (Pamukçu vd., 2010).

$$QEKK(b) = \sum_{n=1}^n ei^2 \quad (2.14)$$

Formülde ei^2 regresyon artıklarını ifade eder.

Verilere en uygun doğrusal fonksiyon grafiği yani EKK regresyon doğrusu aşağıdaki görselde yer almaktadır. Bu yöntem hata terimlerinin karelerinin toplamını minimize edecek tahminleme katsayıları tespit etmektedir. Şekil 2.8.'de yer alan görüntü ArcGIS programından alınmıştır.



Şekil 2.8. Örneklerin hata terimleri gösterimi (ArcGIS)

2.10.2. Mekânsal Lag Modeli (SAR Modeli)

Bu model klasik regresyon modellerinin bir türevi olarak kullanılmaktadır. Model Anselin tarafından Spatial Autoregressive Model (SAR) olarak adlandırılmaktadır (Başar, 2009). Bu modelde kullanılan bağımlı değişkenler arasındaki komşuluk kavramını kullanarak mekânsal bağımlılığın varlığının tespit edilmesi amaçlanır.

SAR modeli aşağıdaki (2.15) gibi ifade edilmektedir.

$$y_i = \rho \sum_{j=1}^n W_{ij} y_j + \sum_{q=1}^Q X_{iq} \beta_q + \varepsilon_i \quad i=1, \dots, n \quad (2.15)$$

Formülünde W_{ij} N x N mekânsal ağırlık matrisini (i,j) konumundaki elemanı temsil etmektedir. ε ilişkili hata teriminin temsil etmektedir.

Genel olarak Mekânsal Lag modeli aşağıdaki gibi temsil edilmektedir (Anselin ve Bera, 1998) (2.16).

$$y = \rho W y + \varepsilon \quad (2.16)$$

Formülünde ρ mekânsal otoregressive ilişkisini, W gözlemler arasındaki ilişkiyi temsil eden ağırlık matrisi, ε hata terimi faktörünü ifade eder. Model y değerine göre tekrar aşağıdaki gibi gösterilebilir (2.17).

$$y = \rho W y + \varepsilon \quad (2.17)$$

Y değerine ait beklenen değerler aşağıdaki gibi gösterilebilir (2.18).

$$E[y] = (I - \rho W)^{-1} X \beta \quad (2.18)$$

Otoregressive ilişkiyi ifade eden ρ değerinin anlamlılığı mekânsal gecikmenin olduğunu ifade eder. Yani ρ değeri anlamlı olduğunda klasik regresyon modelleri yerine mekânsal gecikme modelinin kullanılması daha doğru olacaktır (Çetin, 2012).

Mekânsal Durbin modelinin (LeSage ve Pace 2010), istatistiksel testlerin daha basit modellerin yeterli olduğunu göstermediği sürece doğrudan ve dolaylı etkilerini de yorumlayacağını tahmin etmesi gerektiğini öne sürüyor. Mekânsal olarak gecikmeli bir

bağımlı değişkene ve mekânsal olarak gecikmeli bağımsız değişkenlere sahip bir model Anselin (1988) tarafından tanıtıldı ve Elhorst buna Mekânsal Durbin modeli diyor. Temel mekânsal SAR modelinin sıkça önerilen bir uzantısı, ek bir bağlantı matrisi için, modele tek bir ek ağırlık matrisi için yol açmaktadır.

2.10.3. Mekânsal Hata modeli (SEM Modeli)

Mekânsal hata modeli (Spatial Error Model) SEM mekânsal gecikme modelinde olduğu gibi klasik regresyon modellerinin bir türeği olarak meydana gelmektedir. Bu model hata terimlerinin aralarındaki mekânsal otokorelasyonu yani bağımlılığını incelemek amacıyla kullanılır. Büyük ölçekli çalışmalarda klasik regresyon modelleri ile nokta tahminimleri benzer değerler göstermektedir, ancak küçük alanlarda yapılan çalışmalarda Sem modeli kullanıldığında hata terimlerini tahminlerini daha doğru ve güvenilir yapmaktadır (Fischer ve Wang, 2011).

Genel olarak Mekânsal hata modeli aşağıdaki gibi gösterilmektedir (2.19).

$$\varepsilon_i = \lambda \sum_{j=1}^n W_{ij} \varepsilon_j + u_i \quad i=1, \dots, n \quad (2.19)$$

Formülünde u_i kendine has hata terimini, λ mekânsal otoregresif parametre, W_{ij} ağırlık matrisini göstermektedir. Mekânsal otoregresif parametre gözlenen hata terimleri ile komşu gözlemler arasındaki mekânsal bağımlılığın derecesine ölçek ve genellikle birden küçük değerler gösterir.

Mekânsal hata modeli matris olarak aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (2.20).

$$\varepsilon = \lambda W \varepsilon + u \quad (2.20)$$

Genel lineer regresyon modeli aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (2.21).

$$y = X\beta + \varepsilon \quad (2.21)$$

Formülünde y bağımlı değişken vektörünü X bağımsız değişkenler matrisini, β katsayı vektörünü, u hata terimi vektörünü ifade eder.

Matriste hata terimi vektörü aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (2.22).

$$y = X\beta + (I - \lambda W)^{-1}u \quad (2.22)$$

Hata terimleri varyans kovaryans matrisinde aşağıdaki gibi kullanılmaktadır (2.23).

$$E[\varepsilon\varepsilon'] = \sigma^2[(I - \lambda W)'(I - \lambda W)]^{-1} \quad (2.23)$$



3. BULGULAR

Bu bölümde çalışma sonucunda elde edilen bulgular yer almaktadır.

3.1. Analizde Kullanılan Verilerin İstatistiksel Özelliklerinin Tanımlanması

Çalışma alanına ait zemin özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri; verilerin ortalaması, standart sapma, en düşük değerler, en yüksek değerler, çarpıklık, basıklık değerleri Tablo 3.1., 3.2., ve 3.3’de gösterilmiştir. Verilerin normal dağılıma uygunlukları SPSS programı yardımıyla incelenmiştir (IBM SPSS STATISTIC). SPSS akademik çalışmalarda kullanılan istatistiksel analiz programıdır. Bu programdan yararlanarak veriler arasındaki ilişki istatistiksel anlamda elde edilmektedir. İncelenen zemin özelliklerinden Shapiro-Wilk testi kullanılarak incelenmiştir.

0-10 m seviyesindeki derinlik, çakıl, kum, kil verileri, 10-20 m kum, kil verileri ve 20-30 m seviyesindeki derinlik verileri normal dağılım göstermemektedir. Fakat araziden elde edilmiş veriler az sayıda olduğundan, analizler yapılırken verilerin normal dağıldığı varsayılmıştır. Verilerden normal dağılımı sağlamak amacıyla veri çıkarma işlemi yapılmamıştır.

Mekânsal değişkenliğin, farklı birime sahip değişkenlerin birbirleri ile karşılaştırılabilmesi amacıyla, Varyasyon Katsayısı (VK) (3.1) tanımlayıcı özellik olarak verilerin incelenmesinde kullanılmıştır (Cambardella vd., 1994).

$$D = \frac{\sigma}{\mu} \times 100 \quad (3.1)$$

[D (Varyasyon katsayısı) = Standart Sapma (σ) / Aritmetik Ortalama (μ) *100]

Bağlantısı kullanılarak hesaplanmıştır. Veriler SPSS programı kullanılarak istatistiksel olarak incelenmiş ve aşağıdaki (Tablo 3.1.), (Tablo 3.2.) ve (Tablo 3.3.)’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. 0-10 m. SPSS veri inceleme

TOPRAK ÖZELLİK	ORTALAMA	STANDART SAPMA	EN DÜŞÜK DEĞER	EN YÜKSEK DEĞER	ÇARPIKLIK	BASIKLIK	VARYASYON KATSAYISI
SPT N60	14	6.9	4	32	0.799	1.203	49
SİLT (%)	31,7	11.7	13.5	62.5	0.941	1.126	36
KUM (%)	34.2	15.5	8.8	86.4	1.388	0.464	45
DERİNLİK (m)	5.7	1.1	4	9	1.191	1,116	19
ÇAKIL(%)	19.9	17.2	0	74.3	1.399	2.702	86
KİL(%)	14	12.2	0.1	39.5	0.468	-0.940	87

Tablo 3.2. 10-20 m SPSS veri inceleme

TOPRAK ÖZELLİK	ORTALAMA	STANDART SAPMA	EN DÜŞÜK DEĞER	EN YÜKSEK DEĞER	ÇARPIKLIK	BASIKLIK	VARYASYON KATSAYISI
N60 DEĞERİ	24.2	4.5	16.6	32	0.194	-0.905	18.5
SİLT (%)	20.8	10.9	1.7	49.2	0.731	0.854	52
KUM (%)	32.8	14.9	17.5	86.2	1.558	3.996	45
DERİNLİK(m)	14	2.5	7	16	-1.546	1.754	17
ÇAKIL(%)	37.6	20.1	0	66.7	-0.456	-0.661	53
KİL (%)	10.9	10.8	0.1	41.4	1.7	2.282	99

Tablo 3.3. 20-30 m. SPSS veri inceleme

TOPRAK ÖZELLİK	ORTALAMA	STANDART SAPMA	EN DÜŞÜK DEĞER	EN YÜKSEK DEĞER	ÇARPIKLIK	BASIKLIK	VARYASYON KATSAYISI
N60 DEĞERİ	26.4	4.3	19.4	32	-0.283	-1.277	18
SİLT (%)	29.6	10.5	3.4	44.3	-1.066	1.451	35
KUM (%)	34.3	11.6	17.8	60.7	0.703	0.495	33
DERİNLİK (m)	24.7	0.3	23.7	24.95	-2.124	5.472	1.2
ÇAKIL (%)	16.6	11.3	3.5	36.4	0.580	-1.159	68
KİL (%)	19.4	10.3	0.7	35.5	-0.182	-1.050	53

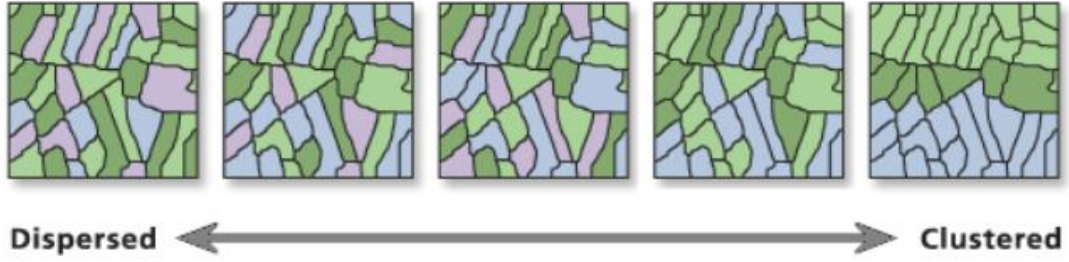
Varyasyon Katsayısı % 15'den küçük olanlar az oranda değişken, % 16-35 arasındaki veriler orta oranda değişken ve % 36'dan daha büyük olan veriler yüksek derecede değişken olarak tanımlanmıştır.

Yüksek mekânsal değişkenlik gösteren verilerde mekânsal bağımlılığın düşük olması beklenmektedir. Zemin özelliklerinin VK değerlerine göre mekânsal bağımlılığı belirlenmiştir Bunun sonucunda araştırma alanındaki çakıl yüzdesi ve kil yüzdesi zemin parametreleri incelendiğinde mekânsal bağımlılıklarının orta-düşük olduğu görülmüştür. Mekânsal bağımlılık en yüksek derinlik verileri ve SPT N60 verilerinde görülmektedir.

3.2. Mekânsal Otokorelasyonun İncelenmesi

Mekânsal otokorelasyon (Spatial Autocorrelation), mekânsal verilerin değişken değeri ile ifade edildiği bir ortamda, gözlemler arası ilişkinin varlığını incelemektedir. Moran's I analizi, mekânsal bağımlılığı yani mekânsal otokorelasyonu tespit edilmesi

amacıyla kullanılmaktadır (Fischer ve Wang, 2011). Mekânsal otokorelasyon görseli Şekil 3.1.'de gösterilmiştir. Görsel ArcGIS programından alınmıştır.

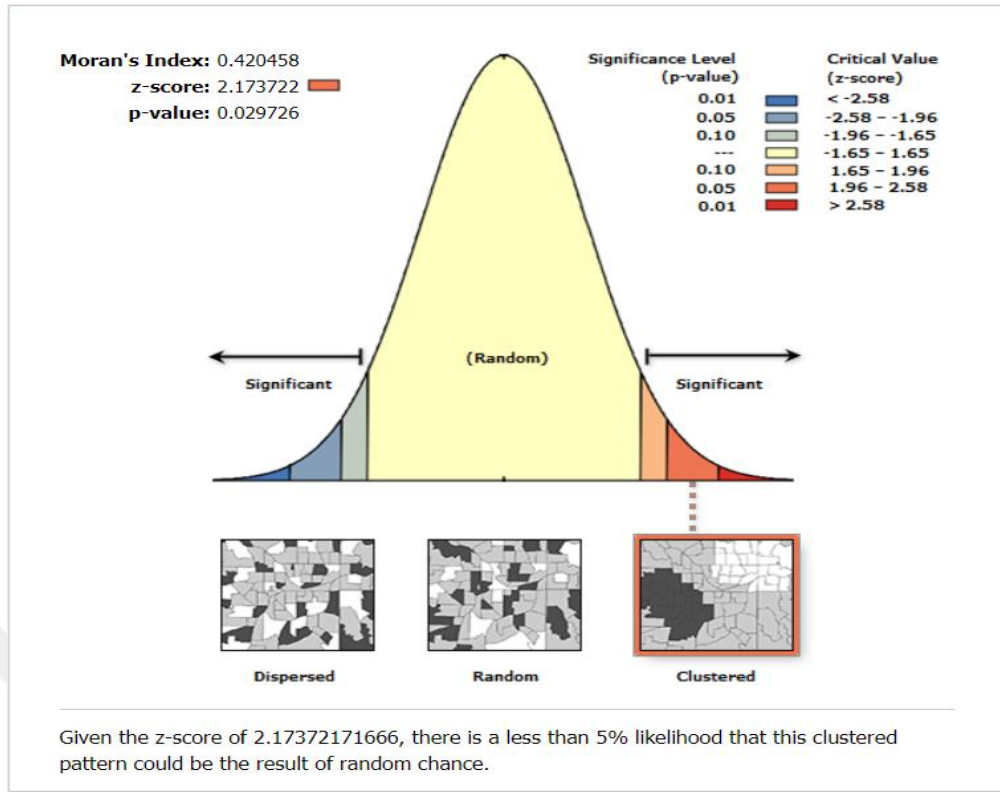


Şekil 3.1. Mekânsal Otokorelasyon Görseli (ArcGIS)

Bu çalışmada mekânsal otokorelasyon, ArcGIS 10.3 programındaki Spatial Auto correlation (Mekânsal Otokorelasyon) aracı yardımı ile hesaplanmıştır. Mekânsal ilişkilerin kavramsallaştırılması için uzaklığın tersiyle ağırlıklandırma yöntemi ve Euclidean mesafe yöntemleri kullanılarak analiz yapılmıştır. Analizin yapılabilmesi için aynı koordinatta sahip birden fazla nokta olmaması amacıyla sığ, orta ve derin olarak 3 farklı derinlik seviyesine ayrılmış ve incelenmiştir.

Moran's I indeksi değerleri -1 ile +1 arasında yer almaktadır. Bu değerler sıfır değerinden küçük ise negatif otokorelasyon verilerde dağınıklığa, 0'dan büyük ise pozitif korelasyonun yani veri kümelenmesine işaret eder. 0'a eşit ise değişkenler arasında mekana bağlı bir ilişki olmadığını gösterir (Iqbal vd., 2005).

Analiz sonucuna, dağılımın çevresindeki üniteleri ile birlikte ele alındığında mekâna bağlılık düzeyi tespit edilebilmektedir (Rogerson, 2001). ArcGIS Moran I sonuç örneği Şekil 3.2 de yer almaktadır.



Şekil 3.2. 20-30 m seviyesindeki SPT N60 için Moran's I analizi sonucu (ArcGIS)

Moran's I indeksi değerlerinin -0,259124 ile 0,420458 değerleri arasında değişmektedir. En yüksek mekânsal bağımlılığın 10-20 metre arasındaki derinlik verileri ve 20-30 metredeki Spt N60 verilerinde gözlemlenmiştir. Veriler genel olarak incelendiğinde 20-30 metre derinliğindeki verilerde mekânsal bağımlılığın orta-düşük seviyededir. Veriler için örnek Moran's I indeksi inceleme örneği Tablo 3.4.'de yer almaktadır.

Tablo 3.4. Otokorelasyon (Moran's I) inceleme tablosu

TANIMLAYICI ÖZELLİKLER	MORAN'S I INDEKS DEĞERİ
DERİNLİK (0-10m)	-0,006656
DERİNLİK (10-20m)	0,33879
DERİNLİK (20-30m)	0,03714
ÇAKIL(%) (0-10m)	-0,044386
ÇAKIL(%) (10-20m)	0,123617
ÇAKIL(%) (20-30m)	0,025609
KUM(%) (0-10m)	0,050423
KUM(%) (10-20m)	-0,259124
KUM(%) (20-30m)	-0,058146
SİLT(%) (0-10m)	0,059614
SİLT(%) (10-20m)	0,028035
SİLT(%) (20-30m)	-0,163169

KİL(%) (0-10m)	0,244728
KİL(%) (10-20m)	0,103277
KİL(%) (20-30m)	-0,168283
N60 DEĞERİ (0-10m)	-0,115655
N60 DEĞERİ (10-20m)	0,079958
N60 DEĞERİ (20-30m)	0,420458

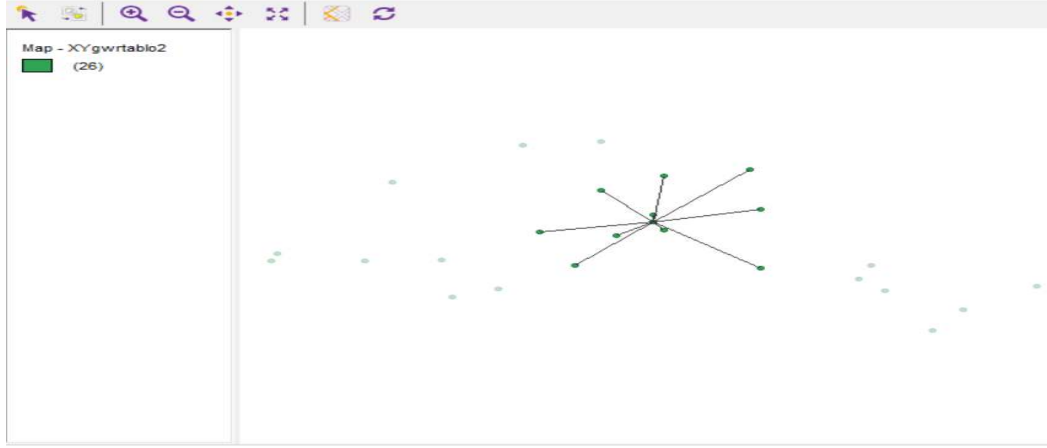
3.3. Mekânsal Ağırlık Matrisinin Oluşturulması

Bir değişkene ait değerler yakın konumdaki değerlere daha fazla benzerken, daha uzak konumdaki değerlere daha az benzer özellik göstermektedir (Tobler, 1970). Eğer yakındaki değerler birbirlerine benzer ise; pozitif mekânsal otokorelasyon, birbirlerine yakın değerler arasında benzerlik yok ise; mekânsal otokorelasyon yoktur diye tanımlanabilir.

Mekânsal otokorelasyonu tanımlanmasında yakın komşuluk kavramı önemlidir. Bu yüzden verileri ve çevresindeki diğer veriler ile ilişkisini incelemek amacı ile mekânsal ağırlık matrisi meydana getirilmiştir. Regresyon analizlerinde bu matrislerden yararlanılarak modeller oluşturulmuştur. Ağırlık matrisleri 3 farklı derinliğe bağlı olarak GeoDa programı yardımı ile oluşturulmuştur ve görseller bu programdan alınmıştır. Oluşturulan ağırlık matrisine ait bilgiler aşağıda gösterilmiştir (Tablo 3.5.,3.6., ve 3.7.).

Tablo 3.5. 0-10 m. mekânsal ağırlık matrisi özellikler (GeoDa)

Property	Value
type	threshold
symmetry	symmetric
file	010SONDAJSSshp.gwt
id variable	SONDAJ_ADI
distance metric	Euclidean
distance vars	X, Y
distance unit	Meter
threshold value	3420.73
# observations	26
min neighbors	1
max neighbors	10
mean neighbors	5.54
median neighbors	5.00
% non-zero	21.30%



Şekil 3.3. 0-10 m. mekânsal ağırlık matrisi bağlanabilirlik (connectivity) görseli (GeoDa)

Bir noktadaki veriyi, analiz edebilmek için kullanılacak diğer noktaları belirleyen bağlanabilirlik (connectivity) görseli Şekil 3.3.'de yer almaktadır.

Tablo 3.6. 10-20 m. Mekânsal ağırlık matrisi özellikler (GeoDa)

Property	Value
type	threshold
symmetry	symmetric
file	1020AGRYENI.gwt
id variable	ID
distance metric	Euclidean
distance vars	X, Y
distance unit	Meter
threshold value	3420.73
# observations	24
min neighbors	1
max neighbors	12
mean neighbors	5.83
median neighbors	5.00
% non-zero	24.31%

Tablo 3.7. 20-30 m. Mekânsal ağırlık matrisi özellikler (GeoDa)

Property	Value
type	threshold
symmetry	symmetric
file	2030SONDAJ.gwt
id variable	ID
distance metric	Euclidean
distance vars	X, Y
distance unit	Meter
threshold value	3420.73
# observations	15
min neighbors	1
max neighbors	5
mean neighbors	3.07
median neighbors	3.00
% non-zero	20.44%

3.4. Regresyon Analizi

Regresyon analizi, belirlenen değişkenlerin arasındaki ilişkiyi model kullanarak birbirlerine göre büyüklüklerini ölçmekte yararlanılan bir tahminleme yöntemidir. Bu çalışmada ele alınan 6 parametrenin her birisi, sırasıyla bağımlı değişken ve kalan diğerleri ise bağımsız değişken olacak şekilde, 3 farklı regresyon analizi kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan modeller, sırasıyla EKKM (En Küçük Kareler Metodu), Mekânsal Lag (Spatial Lag), Mekânsal Error (Spatial Error) olarak belirlenmiştir. Sığ, orta ve derin olmak üzere 3 farklı derinlik seviyesi için her bir model kullanılarak en iyi model belirlemeye çalışılmıştır.

En doğru tahminlemenin hangisi olduğunu seçerken R^2 değeri en büyük olan ve Lagrange Çarpanı testine uygun olan modeller seçilmiştir. Çalışmada en iyi modelin belirlenmesi amacıyla R^2 değerleri kullanılarak regresyon analizleri karşılaştırılmıştır (Tablo 3.8.). Karşılaştırma sonucunda da görüldüğü gibi, Mekânsal Lag ve çoğunlukla Mekânsal Error analizi sonucu R^2 değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçların literatürde yer alan çalışmalar ile uyumlu olduğu görülmüştür. 0-10 metre derinlik verileri ve 20-30 metredeki SPTN60 verileri için R^2 değerleri oldukça düşüktür, yani regresyon modeli değişkenleri açıklamakta zayıf kaldığından bu seviyeye ait regresyon modeli oluşturulmamıştır. Anlamlılık için kullanılan Probability (PROB) değerlerine bakıldığında, 10-20 metre derinlik ve 0-10 metre SPTN60 verileri regresyon modellemeleri için uygun anlamlılık göstermediğinden dolayı bu seviyeler için modelleme yapılmamıştır.

Tablo 3.8. R^2 değerlerinin incelenmesi

KULLANILAN DEĞİŞKEN	R ² DEĞERİ		
	<i>OLS</i>	<i>SPATIAL LAG</i>	<i>SPATIAL ERROR</i>
ÇAKIL			
0-10(m)	0.999129	0.999132	0.999168
10-20(m)	0.999618	0.999716	0.999725
20-30(m)	0.919592	0.999600	0.999648
KUM			
0-10(m)	0.998896	0.998953	0.998963
10-20(m)	0.998843	0.999068	0.999039
20-30(m)	0.919601	0.999601	0.999656
SİLT			
0-10(m)	0.998331	0.998378	0.998398

10-20(m)	0.999269	0.999300	0.999316
20-30(m)	0.92533	0.890569	0.999604
KİL			
0-10(m)	0.998177	0.998178	0.998242
10-20(m)	0.999116	0.999103	0.999167
20-30(m)	0.999493	0.999549	0.999557
DERİNLİK			
0-10(m)	0.264779	0.279983	0.461598
10-20(m)	0.514990	0.61089	0.615414
20-30(m)	0.361459	0.472279	0.679160
SPT N60			
0-10(m)	0.593085	0.59766	0.722915
10-20(m)	0.639895	0.742634	0.703056
20-30(m)	0.282205	0.425061	0.402799

3.4.1. En Küçük Kareler Yöntemi analiz sonucu

En Küçük Kareler (EKK) yöntemi, regresyon çözümlemesinde en yaygın olarak kullanılan, bazı varsayımlar altında çok aranan istatistiki özelliklere sahip bir yöntemdir. Analiz sonucunun doğruluğu için, değişkenlere dair elde edilen değişken katsayıları istenilen işarete sahip olması (+,-) ,VIF (Varyans Of İnfilatation) değerinin 7.5’den küçük sayılar göstermesi, kalan verilerin normal dağıldığını belirlemek için Jarque-Bera testinin istatistiksel olarak anlamsız olması gerekmektedir. Kullanılan verilerin bu değerlere uyumlu olduğu görülmüştür. Çalışmada ArcGIS programında tüm seviyeler için En Küçük Kareler regresyonu uygulanmış ve analiz sonucunda oluşan katsayılar Tablo 3.9.’da gösterilmiştir.

Tablo 3.9. OLS regresyonu katsayıları

BAĞLI DEĞİŞKEN	İLİŞKİSİ İNCELENEN DİĞER DEĞİŞKENLER					
<u>ÇAKIL</u>	<u>SABİT T</u>	<u>DERİNLİK</u>	<u>KUM</u>	<u>SİLT</u>	<u>KİL</u>	<u>SPT N60</u>
OLS 0-10(m)	99.2647	0.0641137	-1.00097	-1.02406	-1.00062	0.0102552
OLS 10-20(m)	101.214	-0.0896587	-0.983388	-1.00316	-0.99729	-0.0965957
OLS 20-30(m)	104.648	-0.200063	-0.988326	-1.00627	-0.984182	-0.0152118
<u>KUM</u>	<u>SABİT T</u>	<u>DERİNLİK</u>	<u>ÇAKIL</u>	<u>SİLT</u>	<u>KİL</u>	<u>SPT N60</u>
OLS 0-10(m)	99.1304	0.0583953	-0.995392	-1.02168	-0.99793	0.00521563
OLS 10-20(m)	102.894	-0.0956544	-1.01541	-1.01999	-1.003159	-0.0278172
OLS 20-30(m)	105.342	-0.184127	-1.00973	-1.01655	-0.995423	-0.0154
<u>SİLT</u>	<u>SABİT T</u>	<u>DERİNLİK</u>	<u>ÇAKIL</u>	<u>KUM</u>	<u>KİL</u>	<u>SPT N60</u>
OLS 0-10(m)	96.8381	0.0636095	-0.973197	-0.97638	-0.974353	0.00629956
OLS 10-20(m)	100.75	-0.0994729	-0.993024	-0.977769	-0.981268	-0.027863
OLS 20-30(m)	103.885	-0.196531	-0.9927	-0.981586	-0.976725	-0.0154771

<u>KİL</u>	<u>SABİT T</u>	<u>DERİNLİK</u>	<u>ÇAKIL</u>	<u>KUM</u>	<u>SİLT</u>	<u>SPT N60</u>
OLS 0-10(m)	99.0985	0.052216	-0.995918	-0.998805	-1.02045	0.0071424
OLS 10-20(m)	102.107	-0.0911043	-1.00909	-0.99280	-1.01264	-0.025703
OLS 20-30(m)	105.787	-0.187054	-1.01365	-1.0035	-1.01972	-0.015583
<u>DERİNLİK</u>	<u>SABİT T</u>	<u>ÇAKIL</u>	<u>KUM</u>	<u>SİLT</u>	<u>KİL</u>	<u>SPT N60</u>
OLS 0-10(m)	-25.244	0.328653	0.301018	0.343109	0.268929	-0.0190153
OLS 10-20(m)	157.158	-1.4503	-1.38682	-1.511	-1.341	-0.001652
OLS 20-30(m)	50.2172	-0.236434	-0.236434	-0.26135	-0.238259	-0.0258145
<u>N60</u>	<u>SABİT T</u>	<u>DERİNLİK</u>	<u>ÇAKIL</u>	<u>KUM</u>	<u>SİLT</u>	<u>KİL</u>
OLS 0-10(m)	-38.6436	-0.291269	0.805231	0.411824	0.520487	0.563469
OLS 10-20(m)	386.451	-0.0151105	-3.48424	-3.72569	-3.86936	-3.45883
OLS 20-30(m)	546.146	-5.08037	-3.92744	-3.89177	-4.05056	-3.90638

3.4.2. Mekânsal Lag modeli analiz sonucu

Bu analiz, bağımlı değişkenler arasındaki komşuluğun etkilerinin incelenmede kullanılmaktadır. Daha önce oluşturulan mekânsal ağırlık matrisi veriler arası ilişkileri belirlemek amacıyla bu modele eklenmiştir. Analiz sonucunda uygun şartları sağlayan modeller oluşturulmuştur. GeoDa programında yapılan Mekânsal Lag analizi sonucunda oluşturulan regresyon modeline ait katsayılar ve anlamlılıkları Tablo 3.10'da gösterilmiştir. Daha doğru tahminleme yapılması amacıyla analiz sonucu oluşturulan Probability (PROB) değerleri tablolara eklenmiş ve model oluşturulurken, Probability (PROB) değerleri küçük olan değişkenler kullanılmıştır.

Tablo 3.10. Mekânsal lag katsayılar ve anlamlılıkları

BAĞLI DEĞİŞKEN	İLİŞKİSİ İNCELENEN DİĞER DEĞİŞKEN					
<u>ÇAKIL</u>	<u>SABİT T</u>	<u>DERİNLİK</u>	<u>KUM</u>	<u>SİLT</u>	<u>KİL</u>	<u>SPT N60</u>
LAG 0-10(m)	99.2068	0.0681669	-0.99969	-1.02198	-1.0008	0.0121546
LAG PROB	0.00000	0.43099	0.00000	0.00000	0.00000	0.59635
LAG 10-20(m)	101.948	-0.0792304	-0.992563	-1.00873	-0.990259	-0.034938
ELAG PROB	0.00000	0.12048	0.00000	0.00000	0.00000	0.02341
LAG 20-30(m)	104.51	-0.196043	-0.98826	-1.00621	-0.985282	-0.0167448
LAG PROB	0.35784	0.82856	0.00000	0.00000	0.00000	0.16801
<u>KUM</u>	<u>SABİT T</u>	<u>DERİNLİK</u>	<u>ÇAKIL</u>	<u>SİLT</u>	<u>KİL</u>	<u>SPT N60</u>
LAG 0-10(m)	98.4402	0.0474087	-0.995474	-1.01707	-1.00063	0.007859
LAG PROB	0.00000	0.57151	0.00000	0.00000	0.00000	0.71591
LAG 10-20(m)	102.208	-0.095837	-1.00618	-1.02624	-0.993974	-0.0570962
ELAG PROB	0.00000	0.03140	0.00000	0.00000	0.00000	0.00225
LAG 20-30(m)	105.297	-0.18168	-1.01002	-1.01663	-0.995466	-0.0150919
LAG PROB	0.95467	0.42215	0.00000	0.00000	0.00000	0.25788
<u>SİLT</u>	<u>SABİT T</u>	<u>DERİNLİK</u>	<u>ÇAKIL</u>	<u>KUM</u>	<u>KİL</u>	<u>SPT N60</u>
LAG 0-10(m)	97.5412	0.06157	-0.973554	-0.979614	-0.977633	0.00466986

LAG PROB	0.00000	0.45504	0.00000	0.00000	0.00000	0.82668
LAG 10-20(m)	-4.58365	-0.535579	0.231162	0.148428	0.666982	-0.240618
ELAG PROB	0.69884	0.56701	0.16858	0.43770	0.02231	0.27088
LAG 20-30(m)	104.361	-0.205725	-0.991394	-0.982025	-0.977759	-0.0185563
LAG PROB	0.00000	0.36787	0.00000	0.00000	0.00000	0.09305
<u>KİL</u>	<u>SABİT T</u>	<u>DERİNLİK</u>	<u>ÇAKIL</u>	<u>KUM</u>	<u>SİLT</u>	<u>SPT N60</u>
LAG 0-10(m)	99.1953	0.0491187	-0.996137	-0.999196	-1.02116	0.00679474
LAG PROB	0.00000	0.58042	0.00000	0.00000	0.00000	0.75932
LAG 10-20(m)	102.944	-0.10069	-1.01232	-1.00028	-1.02046	-0.0317886
ELAG PROB	0.00000	0.03680	0.00000	0.00000	0.00000	0.05405
LAG 20-30(m)	105.476	-0.176991	-1.01755	-1.00768	-1.02986	-0.0140764
LAG PROB	0.95033	0.40540	0.00064	0.00000	0.01546	0.24485
<u>DERİNLİK</u>	<u>SABİT T</u>	<u>ÇAKIL</u>	<u>KUM</u>	<u>SİLT</u>	<u>KİL</u>	<u>SPT N60</u>
LAG 0-10(m)	-28.6114	0.379456	0.349735	0.407745	0.305289	-0.0233085
LAG PROB	0.22802	0.16132	0.18598	0.15323	0.22851	0.52597
LAG 10-20(m)	-0.0201475	0.0309532	0.0798248	-0.0174763	0.120997	0.0499933
ELAG PROB	0.99374	0.28288	0.00735	0.60843	0.01233	0.20274
LAG 20-30(m)	53.712	-0.177983	-0.143663	-0.172764	-0.152136	-0.0339134
LAG PROB	0.00000	0.95435	0.52632	0.45171	0.50056	0.01133
<u>SPT N60</u>	<u>SABİT T</u>	<u>DERİNLİK</u>	<u>ÇAKIL</u>	<u>KUM</u>	<u>SİLT</u>	<u>KİL</u>
LAG 0-10(m)	-41.7548	-0.288088	0.851465	0.458012	0.5813	0.599971
LAG PROB	0.80866	0.70575	0.62183	0.79187	0.74306	0.72944
LAG 10-20(m)	386.551	0.784435	-3.51266	-3.7203	-3.85937	-3.53695
ELAG PROB	0.05522	0.19303	0.08026	0.05769	0.05341	0.07525
LAG 20-30(m)	363.73	-3.46383	-2.55968	-2.61063	-2.68764	-2.62667
LAG PROB	0.33371	0.25176	0.47764	0.46418	0.45830	0.45933

3.4.3. Mekânsal Hata modeli analiz sonucu

Mekânsal hata modelleri, hata terimlerinin bağımlılığı kullanılarak yapılan bir tahminleme modelidir. Farklı derinlik seviyeleri için oluşturulan mekânsal ağırlık matrisi modeller oluşturulurken veriler arası ilişkileri belirlemek amacıyla eklenmiştir. GeoDa programında yapılan Mekânsal Error analizi sonucunda oluşturulan regresyon modeline ait katsayılar ve anlamlılıkları Tablo 3.11.'de gösterilmiştir. Model oluştururken Probability (PROB) değerleri küçük olan değişkenler, tahminlemede anlamlı olduğundan sadece küçük değerler kullanılmıştır.

Tablo 3.11. Mekânsal hata katsayıları ve anlamlılıkları

BAĞLI DEĞİŞKEN	İLİŞKİSİ İNCELENEN DİĞER DEĞİŞKEN					
<u>ÇAKIL</u>	<u>SABİT T</u>	<u>DERİNLİK</u>	<u>KUM</u>	<u>SİLT</u>	<u>KİL</u>	<u>SPT N60</u>
ERORR 0-10(m)	98.7615	0.0931769	-0.996701	-1.02254	-0.997382	0.0160253
ERORR PROB	0.00000	0.28751	0.00000	0.00000	0.00000	0.47900
ERORR1020(m)	101.34	-0.054022	-0.973649	-1.00964	-0.986832	-0.0191980
ERORR PROB	0.00000	0.65004	0.00487	0.02650	0.00000	0.252001
ERORR2030(m)	105.61	-0.225343	-0.988864	-1.01247	-0.980661	-0.022554
ERORR PROB	0.00000	0.35948	0.00000	0.00000	0.00000	0.10009
<u>KUM</u>	<u>SABİT T</u>	<u>DERİNLİK</u>	<u>ÇAKIL</u>	<u>SİLT</u>	<u>KİL</u>	<u>SPT N60</u>
ERORR 0-10(m)	99.067	0.0826302	-0.99870	-1.02413	-0.998689	0.0095546
ERORR PROB	0.00000	0.34515	0.00000	0.00000	0.00000	0.67322
ERORR1020(m)	103.62	-0.133985	-1.01473	-1.02522	-0.999352	-0.033959
ERORR PROB	0.00000	0.00221	0.00000	0.00000	0.00000	0.03511
ERORR2030(m)	106.02	-0.200309	-1.00947	-1.0224	-0.99139	-0.0221253
ERORR PROB	0.00000	0.42326	0.00000	0.00000	0.00000	0.11215
<u>SİLT</u>	<u>SABİT T</u>	<u>DERİNLİK</u>	<u>ÇAKIL</u>	<u>KUM</u>	<u>KİL</u>	<u>SPT N60</u>
ERORR 0-10(m)	96.5232	0.0906863	-0.97446	-0.974065	-0.97292	0.0112413
ERORR PROB	0.00000	0.28775	0.00000	0.00000	0.00000	0.61171
ERORR1020(m)	99.616	-0.0452367	0.993677	0.156731	-0.98219	-0.0240794
ERORR PROB	0.00000	0.00068	0.00000	0.00000	0.00000	0.02990
ERORR2030(m)	104.188	-0.219918	-0.986672	-0.976005	-0.967264	-0.0226393
ERORR PROB	0.00000	0.36787	0.00000	0.00000	0.00000	0.09305
<u>KİL</u>	<u>SABİT T</u>	<u>DERİNLİK</u>	<u>ÇAKIL</u>	<u>KUM</u>	<u>SİLT</u>	<u>SPT N60</u>
ERORR 0-10(m)	98.9696	0.0759573	-0.998741	-0.998074	-1.0223	0.0117906
ERORR PROB	0.00000	0.38739	0.00000	0.00000	0.00000	0.04729
ERORR1020(m)	101.9	-0.090347	-1.00397	-0.992408	-1.01271	-0.032299
ERORR PROB	0.00000	0.060244	0.00000	0.00000	0.00000	0.20028
ERORR2030(m)	107.019	-0.208588	-1.01755	-1.00768	-1.02986	-0.022494
ERORR PROB	0.00000	0.40540	0.00000	0.00000	0.00000	0.10904
<u>DERİNLİK</u>	<u>SABİT T</u>	<u>ÇAKIL</u>	<u>KUM</u>	<u>SİLT</u>	<u>KİL</u>	<u>SPT N60</u>
ERORR 0-10(m)	-51.732	0.603197	0.566933	0.626851	0.523216	-0.0444735
ERORR PROB	0.15944	0.10473	0.12444	0.09729	0.16073	0.37169
ERORR1020(m)	8.99922	0.0113385	0.076326	-0.017396	0.0995761	0.0464129
ERORR PROB	0.00004	0.74167	0.00758	0.66676	0.09256	0.26138
ERORR2030(m)	25.0288	-0.177391	-0.146032	-0.17680	-0.153347	-0.0373439
ERORR PROB	0.07102	0.44293	0.52632	0.45171	0.50056	0.00009
<u>SPT N60</u>	<u>SABİT T</u>	<u>DERİNLİK</u>	<u>ÇAKIL</u>	<u>KUM</u>	<u>SİLT</u>	<u>KİL</u>
ERORR 0-10(m)	-162.845	-0.735232	2.11527	1.65817	1.83102	1.81233
ERORR PROB	0.24098	0.32175	0.13164	0.23725	0.20473	0.19651
ERORR1020(m)	278.47	-0.227984	-2.49906	-2.593	-2.82835	-2.51091
ERORR PROB	0.02349	0.63978	0.03366	0.02636	0.02205	0.03303
ERORR2030(m)	105.011	-1.46984	-0.283327	-0.477757	-0.408661	-0.476405
ERORR PROB	0.78176	0.60666	0.93751	0.89333	0.90980	0.89379

3.5.3. Regresyon analizi sonuç modelleri

Tüm regresyon modelleri oluşturulduktan ve modelin uygunluğunu gösteren testler incelendikten sonra elde edilen regresyon modelleri aşağıda verilmiştir.

0-10 (m) ÇAKIL için yapılan Mekânsal Error Regresyon Modeli;

- $\text{ÇAKIL} = 98.76 + (\text{Kum } x -0.996) + (\text{Silt } x -1.02) + (\text{Kil } x -0.997)$

10-20 (m) ÇAKIL için yapılan Mekânsal Error Regresyon Modeli;

- $\text{ÇAKIL} = 101.3 + (\text{Kum } x -0.98) + (\text{Silt } x -1.00) + (-\text{Kil } x -0.986) + (\text{Derinlik } x -0.12)$

20-30 (m) ÇAKIL için yapılan Mekânsal Error Regresyon Modeli;

- $\text{ÇAKIL} = 105.61 + (\text{Kum } x -0.988) + (\text{Silt } x -1.012) + (-\text{Kil } x -0.98)$

0-10 (m) KUM için yapılan Mekânsal Error Regresyon Modeli;

- $\text{KUM} = 99.067 + (\text{Çakıl } x -0.998) + (\text{Silt } x -1.024) + (\text{Kil } x -0.998)$

10-20 (m) KUM için yapılan Mekânsal Lag Regresyon Modeli;

- $\text{KUM} = 102.2 + (\text{Derinlik } x -0.09) + (\text{Çakıl } x -1.006) + (\text{Silt } x -1.026) + (\text{Kil } x -0.993) + (\text{SptN60 } x 0.05)$

20-30 (m) KUM için yapılan Mekânsal Lag Regresyon Modeli;

- $\text{KUM} = 106.02 + (\text{Çakıl } x -1.009) + (\text{Silt } x -1.022) + (\text{Kil } x -0.991)$

0-10 (m) SİLT için yapılan Mekânsal Error Regresyon Modeli;

- $\text{SİLT} = 96.52 + (\text{Çakıl } x -0.974) + (\text{Kum } x -0.97) + (\text{Kil } x -0.972)$

10-20 (m) SİLT için yapılan Mekânsal Error Regresyon Modeli;

- $\text{SİLT} = 99.6 + (\text{Derinlik } x -0.04) + (\text{Çakıl } x -0.993) + (\text{Kum } x -0.983) + (\text{Kil } x -0.985) + (\text{SptN60 } x 0.02)$

20-30 (m) SİLT için yapılan Mekânsal Error Regresyon Modeli;

- $\text{SİLT} = 104.1 + (\text{Çakıl } x -0.98) + (\text{Kum } x -0.975) + (\text{Kil } x -0.972) + (\text{SptN60 } x 0.02)$

0-10 (m) KİL için yapılan Mekânsal Error Regresyon Modeli:

- $KİL = 98.96 + (\text{Çakıl} \times -0.998) + (\text{Kum} \times -0.998) + (\text{Silt} \times -1.02) + (\text{SptN60} \times 0.01)$

10-20 (m) KİL için yapılan Mekânsal Error Regresyon Modeli:

- $KİL = 101.9 + (\text{Derinlik} \times -0.09) + (\text{Çakıl} \times -1.00) + (\text{Kum} \times -0.992) + (\text{Silt} \times -1.01)$

20-30 (m) KİL için yapılan Mekânsal Error Regresyon Modeli:

- $KİL = 107.01 + (\text{Çakıl} \times -1.01) + (\text{Kum} \times -1.007) + (\text{Silt} \times -1.02)$

20-30 (m) DERİNLİK için yapılan Mekânsal Error Regresyon Modeli:

- $DERİNLİK = 25.02 + (-0.03 \text{ SptN60})$

10-20 (m) SPT N60 için yapılan Mekânsal Lag Regresyon Modeli:

- $SPTN60 = 386.55 + (\text{Kil} \times -3.53) + (\text{Çakıl} \times -3.51) + (\text{Kum} \times -3.72) + (\text{Silt} \times -3.85)$

Yapılan regresyon modellemeleri incelendiğinde; çakıl, kum, silt, kil yüzdelerinin birbirleri ile iyi ilişkili olduğu görülmektedir. Derinlik ve SPT N60 verileri ile orta-düşük derecede ilişki olduğu düşünülmektedir.

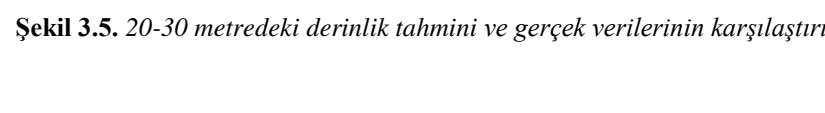
Çalışmada kullanılan regresyon modelleri aracılığı ile yapılan analizler, farklı derinlik seviyelerinde gerçekleştirildiğinden dolayı, bir değişkeni modellemek için her seviyede farklı değişken kullanıldığı görülmüştür. 0-10 ile 20-30 metredeki SptN60 verileri ve 0-10 ile 10-20 metre derinlik verileri analiz sonucunda R^2 değerinin düşük çıkması ve katsayıların anlamsız olması nedenleriyle modelleme yapılamamıştır.

Modelleme yapılamayan seviyelerin, analizde kullanılan birbiri ile ilişkili değişken sayısı azlığı ve farklı seviyelerdeki bazı verilerin mekânsal bağımlılıklarının düşük olduğundan dolayı modellenemediği düşünülmektedir

Modelleme sonucu derinlik ve SPTN60 verilerine ait regresyon tahminleri formülleri yerine gerçek verilerin konulması ile yapılan tahminleme verileri hesaplanmıştır. Oluşturulan 10-20 metre SPT N60 modeli için R^2 değeri 0.742634 ve 20-30 metre derinlik modeli için 0.679160 olarak belirlenmiştir. Regresyon tahminlerine



20-30(m) DERİNLİK VERİLERİ



4. SONUÇLAR

Haritalar ve modeller oluştururken seçilen çalışma alanının her noktasından örnekleme yapabilmek, zamansal ve ekonomik olarak mümkün olmamaktadır. Ayrıca doğa koşulları ve dinamiklerinin sürekli olarak değişmesi gibi nedenlerden dolayı aynı koşullarda birden fazla tekrar edilememektedir. Bu duruma çözüm olarak daha hızlı ve ekonomik olan regresyon modelleri kullanılmaktadır.

Dünya üzerindeki farklı topraklarda yapılan çalışmalarda, maliyetin düşürülmesi ve arazi çalışmalarının kolaylaştırılmasında mekânsal regresyon yöntemleri araştırmacılara birçok avantaj sağlamaktadır. Regresyon analizi iki ya da daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi varlığını, varsa derecesini saptamaya olanak veren istatistiki bir analiz yöntemi olarak tanımlanabilir. Fakat verilerin konumsal olarak değişimini incelenmek için regresyon analizinin yeterli değildir. Bu yüzden mekânsal olarak değişen ilişkileri modellemek amacıyla mekânsal regresyon modeli tercih edilmektedir.

Bu çalışmada Eskişehir ilinde yer alan çalışma alanına ait toprağın fiziksel özelliklerinde mekânsal bağımlılıkları, mekânsal değişimleri ve değişkenler arasında mekânsal regresyonun araştırılmış ve regresyon tahminleme modelleri oluşturulmuştur. Toprağa ait belirlenen parametrelerin ilişkileri ve ilişki dereceleri belirlenmiştir. 29 adet sondaj kuyusundan alınan verilerden elde edilen toplam 283 adet Elek Analizi, Hidrometre Deneyi sonuçları, sondaj logları ve UD deneyi sonuçları kullanılmıştır. Bu kuyulardan elde edilen örneklerden yapılan elek analizi ve hidrometre deneyleri ile çalışma alanının zemin parametreleri, (%Çakıl, %Kum, %Silt, %Kil, Derinlik ve SPT N60) belirlenmiştir.

Mekânsal bağımlılıkları belirlemek amacıyla Moran I indeksi ve Varyasyon Katsayısı yöntemleri kullanılmıştır. Zemin özelliklerinin VK değerlerine göre incelendiğinde 10-20 metre arasındaki SPT N60 değeri orta seviyede mekânsal bağımlılığa sahip olduğu görülmüştür 20-30 metre arasındaki derinlik yüzdesi verilerinin VK değerinin düşük olması, mekânsal değişkenliklerinin az olduğunu yani mekânsal bağımlılıklarının yüksek olduğunu göstermektedir. Moran's I indeksi değerlerinin -0,259124 ile 0,420458 değerleri arasında değiştiği görülmektedir. İncelenen zemin özelliklerinde yapılan analizler sonucunda Moran I indeks değerleri derinlik ve SPT N60 verilerinde orta yüksek olduğu belirlenmiştir.

Yapılan çalışmada kullanılan değişkenler arasındaki bağımlılık ve ilişkileri belirlemek amacıyla klasik regresyon modeli (EKK) ile Mekânsal Lag (Spatial Lag) ve Mekânsal Error (Spatial Error) modelleri karşılaştırılmış. Regresyon analizinde toprağa ait parametreler, mekânsal regresyon modelleri ile klasik regresyon modellerine göre daha iyi tahminleme yapabilmektedir. Literatürdeki çalışmalara uygun olarak Mekânsal Error modellerinin verileri açıklamada daha iyi olduğu görülmüştür.

Çalışma sonucunda elde edilen modeller yardımı ile çalışma alanındaki sondaj verisi alınmayan bir noktadaki belirlenen zemin parametreleri hakkında tahminler yapılabilir. Ve seçilen değişkenlerden biri hakkında diğer değişkenler kullanılarak daha doğru, hızlı ve ekonomik tahminleme yapılabilir. Örneğin;

Derinliğe bağlı çakıl, kum, silt, kil yüzdeleri ve SPTN60 verileri değişimleri hakkında tahminleme,

Çakıl, kum, silt, kil yüzdeleri ve derinliğe bağlı olarak SPTN60 verilerini tahmin edilebilir.

0-10 metre derinlik ve 20-30 metredeki SPT N60 R^2 değerinin düşük çıkması ve 10-20 metre derinlik ve 0-10 metre SPTN60 verilerinin olasılık katsayıların anlamsız olarak belirlenmesi nedenleriyle modelleme yapılamamıştır. Çalışmadaki kullanılan verilerin sayısı ve birbirine bağlı değişken sayısı arttırıldığında daha doğru sonuçlar ile modelleme yapılabileceği ve regresyon analizindeki eksik seviyelerdeki zemin parametrelerinin daha iyi modellenebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Akdeniz, E., Güney, Y., Pekkan, E., Avdan, U., Tün, M., Ecevitoglu, B. (2011). Temel Zeminine Ait Jeo-Mühendislik Özelliklerin Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Değerlendirilmesi: Eskişehir İli Güllük, Yenibağlar ve Bahçelievler Mahalleleri Örneği, 6. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'11), Elazığ, Türkiye.
- Altınel, M (2012). Mogan Gölü (Ankara) Su Seviyesinin CBS ve Regresyon Analiziyle Modellenmesi İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Altunel, E., Barka, A., (1998). Eskişehir Fay Zonu'nun İnönü Sultandere Arasındaki Neotektonik Aktivitesi, TJB, 41 (2), 43-44.
- Anselin, L. (2002). Under the Hood Issues in the Specification and Interpretation of Spatial Regression Models, Agric Econ, 27 (3), 247-267.
- Anselin, L. (2009). Spatial Regression. In: Fotheringham AS, Rogerson PA (eds) The SAGE Handbook of Spatial Analysis. SAGE, Los Angeles, 255-275.
- Anselin, L. and Bera A. (1998). Spatial Dependence in Linear Regression Models with An Introduction to Spatial Econometrics. In A. Ullah and D.E. Giles (eds), Handbook of Applied Economic Statistics. New York: Marcel Dekker. 237 - 89.
- Anselin, L. (1988), Spatial Econometrics: Methods and Models, Kluwer Academic Publishers.
- Anselin, L. and Rey, S. (1991). "Properties of Tests for Spatial Dependence in Linear Regression Models", Geographical Analysis, 23 (2), 112-131.
- Aral, N. ve Aytaç, M. (2018). "Türkiye'de İşsizliğin Mekânsal Analizi", Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi, 13 (49), 1-20.
- Arbia, Giuseppe (2006), Spatial Econometrics (New York: Springer Berlin Heidelberg).
- Basar, Ö.D., (2009). Uzamsal Regresyon Analizi, İstatistik, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul.
- Beale, C.M. (2010). Regression Analysis of Spatial Data, Ecol Lett 13 (2), 246-264.

- Bowles, J.E. (1988). *Foundation Analysis and Design*, McGraw-Hill Publication, 1004
- Bozkurt, H. (2015). *Mekânsal Regresyon Metotları Kullanımı İle Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Analizi*, Konya, Selçuk Üniversitesi.
- Budak, M. (2012). *Tuzlu Alkali Toprakların Oluşumu, Sınıflandırılması ve Klasik Toprak Etüd Ve Jeostatistik Yöntemlerle Haritalanması*, Tokat, Gaziosmanpaşa Üniversitesi.
- Burridge, P. (1980) “On the Cliff-Ord test for Spatial Autocorrelation”, *Journal of Royal Statistical Society B* 42,107-108.
- Cambardella C. A., Moorman T.B., Novak J.M., Parkin T.B., Karlen D.L., Turco R. F. Konopka A. E.,(1994). *Field Scale Variability Soil Properties in Central Iowa Soils*, *Soil Science Society America Journal*, 58, 1501-1511.
- Çetin, D. (2012). *Exports and Clusters: A Spatial Econometric Analysis on Ankara and Istanbul Oİzs (Ph.D.)*, Middle East Technical University, Ankara
- Clarke, K.C., (2002). *Getting Started With GIS*, Prentice Hall, USA.
- Cliff A, and Ord JK. (1973). *Spatial Autocorrelation*. London: Pion.
- Cliff A. and Ord JK (1981). *Spatial Processes, Models and Applications*. Pion, London
- Elhorst JP (2010) *Applied Spatial Econometrics: Raising The Bar*. *Spat Econ Anal* 5 (1), 9–28
- Fischer, M.M. and Wang, J. (2011). *Spatial Data Analysis: Models, Methods and Techniques*, Springer.
- Getis A. (2008). *A History of the Concept of Spatial Autocorrelation: A Geographer’s Perspective*. *Geogr Anal*. 40, 297–309.
- Goodchild, M. F., (1986). *Spatial Autocorrelation*. *Catmog* 47, Geo Books
- Griffith, DA and Csillag, F. (1993). *Exploring Relationships between Semi-Variogram and Spatial Autoregressive Models*. *Papers Region Sci* 72 (3), 283–295.

- Gumprecht, D. (2005). Spatial Methods in Econometrics: An Application to R&D Spillovers 26, December 2005
- Haining, RP. (1990). Spatial Data Analysis in the Social and Environmental Science. Cambridge University Press.
- Iqbal J., Thomasson JA, Jenkins JN, Owens PR, Whisler FD.(2005). Spatial Variability Analysis of Soil Physical Properties of Alluvial Soils. Soil Science Society of America Journal 69, 1338–1350. Cliff AD, Ord JK. 1973. Spatial Autocorrelation. Pion: London.
- Lee, E.S. (2000). Neuro-Fuzzy Estimation in Spatial Statistics, Journal of Mathematical Analysis and Applications, 249, 221-231.
- LeSage J, Pace RK (2010) Introduction to spatial econometrics. CRC, Boca Raton
- Longley PA, Goodchild MF, Maguire DJ, Rhind DW (2005) Geographic information systems and science. Wiley, Hoboken
- Meyerhof, G.G. (1956). Penetration Test and Bearing Capacity of Cohesionless Soils, Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, Vol.82, No. SM1, 1-19.
- Mitchell, A., (2005). The ESRI Guide to GIS Analysis, Volume 2: Spatial Measurements. California: ESRI press.
- Orhan, A., Seyrek, E., Tosun, H. (2007). A Probabilistic Approach for Earthquake Hazard Assessment of The Province of Eskisehir. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 7, 607-614.
- O'Sullivan, D. and Unwin D., (2002), Geographic Information Analysis, John Wiley & Sons, 432
- Ölmez, E. ve Yücel, B. (1985). Eskişehir Yöresinin Jeotermal Enerji Olanakları. Eskişehir: Enerji Hammade Edüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, MTA Genel Müdürlüğü.
- Pamukçu E, Çolak C, Çalık S, Kuzu Z. (2010). Sistolik Kan Basıncının Tahmininde Yanlı Regresyon Yöntemlerinin Kullanılması. İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 17 (4), 347-353.

- Rogerson, A. P. (2001). Statistical Methods for Geography, London; Sage Publications, United Kingdom.
- Skempton, A.W. (1986). Standard Penetration Test Procedures and the Effects in Sand of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Ageing and Overconsolidation. *Géotechnique*, 36, 425-447.
- Tiefelsdorf M (2000) Modelling Spatial Processes-The Identification and Analysis of Spatial Relationships in Regression Residuals By Means Of Moran's I. Lecture Notes In Earth Sciences, Vol 87. Springer, Berlin.
- Tobler, W.R., (1970). A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region, *Economic Geography*, 46, 234-240.
- Tuncer, G. (2013), "Kamu Harcamaları ve Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik İlişkisinin Mekânsal Analizi: Türkiye Uygulaması", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.
- Webster, R.. and Oliver, M.A., (2004). *Geostatistics for Environmental Scientists*.
- http1:**http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/33502/46078/05_arazi_deneyleri_spt.pdf,Erişim Tarihi:13.07.2019.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İSMAİL SERDAR BAYRAÇ
Yabancı Dil : İngilizce
Doğum Yeri ve Yılı : ESKİŞEHİR/1994
E-Posta : bayracserdar@gmail.com

Eğitim ve Meslek Geçmişi:

- 2017-2018, Yetkili İdare Ekip Lideri, Voda Teknoloji-Rksoft, İç İşleri Bakanlığı - Mekânsal Adres Kayıt Sistemi (MAKS) Projesi.
- 2012-2016, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği